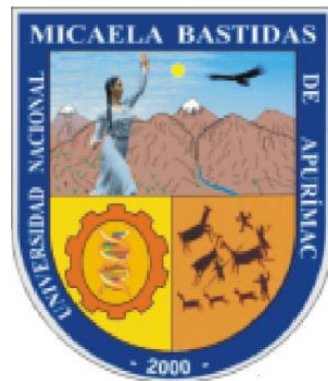


UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE  
APURÍMAC

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y  
ZOOTECNIA



**DEGRADABILIDAD RUMINAL *IN SITU* DE MATERIA SECA Y  
PROTEINA CRUDA DEL FORRAJE DE PISONAY (*Erythrina sp*)  
EN VACUNOS HOLSTEIN, KERAPATA-TAMBURCO.**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA

Bach. HUBERT CHOQUE DURAND

Abancay, Enero del 2015

PERÚ

**DEGRADABILIDAD RUMINAL *IN SITU* DE MATERIA SECA Y  
PROTEINA CRUDA DEL FORRAJE DE PISONAY (*Erythrina sp*)  
EN VACUNOS HOLSTEIN, KERAPATA-TAMBURCO.**

## **DEDICATORIA**

*A mi querida madre Narcisa Durand Camacho, a mi querido padre Santos Choque Flores, a mis hermanas, a mis hermanos, con aprecio, cariño, respeto y eterna gratitud; quienes en todo momento me brindaron su apoyo y comprensión, para lograr mi anhelo de ser profesional.*

## AGRADECIMIENTOS

- *A Dios por guiar mi camino para seguir adelante, sobreponiéndome a los obstáculos que se me presentaron.*
- *A toda mi familia por su incesante apoyo y comprensión en todo momento.*
- *A mi alma mater “Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac”, por acogerme en sus aulas y darme la oportunidad de formarme profesionalmente.*
- *Al MSc. MVZ. Ludwing A. Cardenas Villanueva por su acertada dirección y apoyo incondicional como asesor del presente trabajo de investigación.*
- *A cada uno de los docentes de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, que me impartieron los conocimientos necesarios para mi formación profesional.*
- *A mis amigos (as) y compañeros, quienes directa e indirectamente me apoyaron en el transcurso de mi formación profesional y contribuyeron en la culminación de la presente investigación.*
- *A mis dos amores Isabela y Jessenia por su constante apoyo, que contribuyó en la culminación de la presente investigación.*

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS  
DE APURÍMAC**

Dr. Manuel Israel HERNÁNDEZ GARCÍA  
PRESIDENTE COMISIÓN REORGANIZADORA

Dr. Germán Hernán RIVERA OLIVERA  
VICEPRESIDENTE ACADÉMICO

Mg. Jaime Raúl PRADA SÁNCHEZ  
VICEPRESIDENTE ADMINISTRATIVO

Dr. Nilton Cesar Gómez Urviola  
DECANO DE LA FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

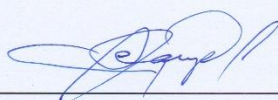
ASESOR



---

MVZ. CARDENAS VILLANUEVA Ludwing Angel

JURADO EVALUADOR



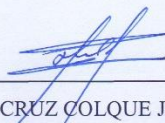
---

MVZ. PINEDA SERRUTO Martin Equicio  
Presidente



---

MVZ. RAMOS DE LA RIVA Victor Alberto  
Primer miembro



---

MVZ. CRUZ COLQUE Julio Ivan  
Segundo miembro

## INDICE

	Pág.
RESUMEN	
I. INTRODUCCION	13
II. MARCO TEORICO	16
2.1 Antecedentes de la investigación	16
2.2 Bases teóricas	20
2.2.1 Características del género Erythrina	20
2.2.2 Generalidades del vacuno	22
2.2.2.1 Fisiología digestiva del vacuno	23
2.2.2.2 La alimentación de los vacunos	24
2.2.2.3 Necesidades nutritivas del vacuno	25
2.2.3 Determinación proximal de los alimentos	26
2.2.3.1 Humedad y materia seca (MS)	27
2.2.3.2 Proteína bruta (PC)	28
2.2.4 Digestibilidad	28
2.2.4.1 Degradabilidad <i>in situ</i>	29
2.2.4.2 Cinética de la degradación ruminal	31
III. MATERIALES Y METODOS	36
3.1 Tipo y nivel de investigación	36



3.2 Lugar de investigación	36
3.3 Animales	37
3.4 Técnicas de investigación	37
3.5 Procesamiento y análisis de datos	38
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	40
4.1 Composición nutricional del pisonay	40
4.2 Degradabilidad ruminal de la materia seca y proteína cruda del pisonay	41
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	46
VI. BIBLIOGRAFIA	47
ANEXOS	

## INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Composición química del pisonay ( <i>Erythrina sp</i> ) en el valle interandino de Abancay	16
Tabla 2. Desaparición de la MS (%) de plantas locales incubadas en el rumen a varios tiempos en bovinos de carne	17
Tabla 3. Parámetros de la cinética de degradación ruminal de la MS y la PC de la <i>Erythrina edulis</i> .	18
Tabla 4. Ubicación taxonomía del genero <i>Erythrina</i>	20
Tabla 5. Composición química de la MS y PC de hojas y pecíolos de pisonay	39
Tabla 6. Cinética ruminal y degradabilidad efectiva de la MS en hojas y pecíolos de pisonay en dos edades de rebrote	40
Tabla 7. Cinética ruminal y degradabilidad efectiva de la PC en las hojas y pecíolos de pisonay en dos edades de rebrote	42

## RESUMEN

Para considerar la inclusión de forrajes en dietas de rumiantes, es necesario conocer el valor nutricional y la calidad de los forrajes, en el valle interandino de Abancay tenemos la especie forrajera arbórea conocida como pisonay (*Erythrina sp*), que los criadores de ganado vacuno lechero, ganado caprino y de animales menores (cuyes) utilizan como principal forraje verde para suplemento en la época seca, para mejorar el consumo y utilización de alimentos voluminosos, en base al conocimiento tradicional; por lo tanto, se evaluó la composición química y los parámetros de la cinética ruminal *in situ* de la Materia Seca (MS) y Proteína Cruda (PC) del forraje de pisonay a los 120 y 365 días de rebrote. Se tomaron muestras de pisonay a los 120 y 365 días de rebrote. Para estimar la degradabilidad *in situ* de la MS y PC se consideró 0, 3, 6, 12, 24, y 48 horas de incubación, se incubaron 5 g de muestra molida por bolsa en el rumen de una vaca Holstein en seca alimentada a base de heno de alfalfa. Para determinar los parámetros de la cinética ruminal, se utilizó el programa RUMENAL con la función Solver del EXCEL y la interpretación de los resultados se realizó a través del diseño factorial (2x4): edad de rebrote y parámetros de la cinética ruminal. Los días de rebrote influyen en la composición nutricional de MS y PC, a los 365 días existe una mayor cantidad de MS y a los 120 días mayor proporción de PC,  $28.1 \pm 2.7\%$  y  $26.1 \pm 1.5\%$ , respectivamente. Se demostró que la MS a los 120 días de rebrote, fue mayor en la fracción insoluble potencialmente degradable y degradabilidad efectiva,  $31.8 \pm 0.46\%$  y  $53.0 \pm 0.29\%$ , respectivamente; la

fracción soluble fue mayor a los 365 días,  $37.6 \pm 1.0\%$ ; y para ambas edades la tasa de degradación fue similar,  $8.6 \pm 0.005\%/h$  y  $8.1 \pm 0.007\%/h$ , respectivamente. Se demostró que la PC a los 120 días de rebrote, fue mayor en la fracción soluble, tasa de degradación y degradabilidad efectiva,  $56.9 \pm 0.25\%$ ,  $6.3 \pm 0.004\%/h$  y  $72.7 \pm 1.29\%$ , respectivamente; y para ambas edades la fracción insoluble potencialmente degradable fue similar,  $30.9 \pm 1.08\%$  y  $29.5 \pm 2.72\%$ , respectivamente.

Palabras clave: Composición química, cinética ruminal, hojas y peciolo.

## I. INTRODUCCION.

A raíz del déficit alimentario y la crisis económica mundial, los países latinoamericanos han tenido que incursionar en otras estrategias de alimentación para incrementar la producción animal (García, 2006). Actualmente se utiliza en menor medida la *Erythrina sp.*, considerada como una leguminosa arbustiva más usada como forraje (Shelton, 2000).

El problema principal de la ganadería en la sierra del Perú es la baja disponibilidad y calidad del forraje para la alimentación y nutrición de los rumiantes, por lo que se debe buscar nuevas especies forrajeras en cuanto a su disponibilidad y calidad nutricional para los animales. La limitada disponibilidad y calidad de forraje es el factor que más limita la producción de los rumiantes. Este problema se acentúa principalmente durante la época seca, donde resulta insuficiente cubrir los requerimientos alimenticios de los animales (Argel y Lascano, 1998).

Las especies forrajeras arbustivas y arbóreas tienen gran potencial para mejorar los sistemas de producción animal, su rendimiento de forraje es mayor que las leguminosas herbáceas; toleran mejor el mal manejo y tienen la capacidad de rebrotar y ofrecer forraje de buena calidad en localidades con sequías prolongadas. Tienen las siguientes ventajas: disponibilidad en las granjas, accesibilidad, proporcionan variedad a la dieta, influencia

laxativa en el tracto digestivo, reducen costos de alimentación, y son fuente de nitrógeno, energía, minerales y vitaminas (Urbano y Dávila, 2005).

La interpretación de la cinética de degradación de los alimentos para rumiantes ha tomado especial importancia en los sistemas de suplementación y un ejemplo específico es el caso de la proteína. Para hacer un uso adecuado de los sistemas de suplementación proteica, es necesario tener información acerca de la degradación ruminal de la proteína presente tanto en el forraje como en el suplemento. Los sistemas propuestos para calcular los requerimientos de proteína para rumiantes han reconocido la importancia de la degradación de la proteína en el rumen, como el principal factor que determina la cantidad de proteína que se absorbe en el intestino delgado (AFRC, 1992; NRC, 2001).

Para considerar la inclusión de forrajes en dietas de rumiantes, es necesario conocer el valor nutricional y la calidad de los forrajes, el valor nutricional puede expresarse en términos de su composición química (concentración de nutrientes); y la calidad estará determinada por las digestibilidad, la naturaleza de los productos y la cinética de digestión que se espera sea expresada en consumo efectivo por los animales (Nocek y Grant, 1987).

Siguiendo estas consideraciones este trabajo se dirigió para dar cuenta de algunas características nutricionales y de calidad de forrajes que según su disponibilidad podrían ser incluidos en dietas de vacas lecheras. La evaluación nutritiva del follaje de árboles y arbustos forrajeros en zonas de montaña y valles interandinos son escasos, dentro de las

especies forrajeras arbóreas se tiene la *Erythrina sp* (pisonay), como los que se llevan a cabo en regiones tropicales. Las leguminosas arbustivas y arbóreas destinadas para forraje son de calidad proteica, por lo que los criadores de ganado vacuno lechero, ganado caprino y de animales menores (cuyes) utilizan como principal forraje verde para suplemento en la época seca, para mejorar el consumo y utilización de alimentos voluminosos, en base al conocimiento tradicional; por lo tanto, se evaluó la composición química y los parámetros de la cinética ruminal *in situ* de la Materia Seca (MS) y Proteína Cruda (PC) del forraje de pisonay a los 120 y 365 días de rebrote.

## II. MARCO TEORICO

### 2.1 Antecedentes de la investigación

La composición nutricional de la *Erythrina glauca* (pízamo), fue evaluada en las hojas de plantas de un año de establecidas y podadas cada 3 meses. La Materia Seca (MS) y Proteína Cruda (PC) fue  $26.8\pm 0.9\%$  y  $18.0\pm 0.6\%$ , respectivamente (Roa y Muñoz, 2012).

El forraje evaluado fue colectado de un banco mixto de forrajes con varios años de establecimiento, la muestra correspondiente se obtuvo a diferentes alturas de la planta y la porción evaluada fue el foliolo con el pecíolo. Los resultados de la *Erythrina edulis* (chachafruto) para la MS fue 18.4% y PC de 26,52%. La composición química de los forrajes tropicales está fuertemente afectada por las condiciones ambientales y por la calidad de los suelos (fundamentalmente deficientes en nitrógeno). También afectan la calidad nutritiva, los altos contenidos de pared celular y los bajos de carbohidratos solubles (Naranjo y Cuartas, 2011).



Tabla 1. Composición química del pisonay (*Erythrina sp*) en el valle interandino de Abancay.

Variable	Días de rebrote	
	120	Floración (+365)
Materia seca	24.8	31.7
Proteína	23.2	23.6
Grasa	0.4	2.5
Ceniza	8.6	11.6
Fibra		27.1
FDN	57.7	
FDA	35.9	
Celulosa	24.5	
Hemicelulosa	21.8	
Lignina	11.4	

Cárdenas (2011); Cárdenas *et al.*, (2013); Ramos (2009)

Los análisis proximales permitió observar que el forraje con mayor valor de PC es la *Erythrina rubrinervia* (*chocho*) con un 23.13%, seguido del *Salix humboldtiana* (*sauce*) con un 19.35% y por último la *Maytenus laxiflorus* (*canelo*) con un 8.4%; al compararlos con el henolaje de kikuyo que es 9.37%, se observa que el chocho y el sauce lo superan en más del doble de su valor, y el canelo tiene un porcentaje menor (Fino *et al.*, 2013).

Se utilizaron dos novillos de carne cruzados con un PV de 400±15 Kg con fistula ruminal para evaluar el valor nutritivo de plantas locales como la *E. variegata* (hoja de coral) con la técnica de las bolsas de nylon para determinar la degrababilidad ruminal de la MS (tabla 2). Los novillos recibieron una dieta *ad libitum* de paja de arroz tratada con urea y concentrado (12% de PC) a una proporción de 70:30 (Suchitra y Wanapat, 2008).

Tabla 2. Desaparición de la MS (%) de plantas locales incubadas en el rumen a varios tiempos en bovinos de carne.

Item	PFL	SBNL	MBL	CH	BCF	SNTL	CRL	BY	BNL	GVL	MSP
A	45.4 <sup>a</sup>	48.7 <sup>b</sup>	39.2 <sup>cd</sup>	36.9 <sup>ed</sup>	33.0 <sup>f</sup>	37.6 <sup>ed</sup>	40.3 <sup>c</sup>	30.8 <sup>g</sup>	35.9 <sup>e</sup>	24.1 <sup>h</sup>	38.2 <sup>cde</sup>
B	52.5 <sup>a</sup>	45.9 <sup>b</sup>	45.5 <sup>bc</sup>	42.6 <sup>d</sup>	53.6 <sup>a</sup>	43.6 <sup>cd</sup>	30.8 <sup>f</sup>	36.2 <sup>e</sup>	28.7 <sup>g</sup>	42.8 <sup>d</sup>	20.4 <sup>h</sup>
C	0.052 <sup>a</sup>	0.051 <sup>a</sup>	0.061 <sup>a</sup>	0.086 <sup>b</sup>	0.058 <sup>a</sup>	0.058 <sup>a</sup>	0.059 <sup>a</sup>	0.061 <sup>a</sup>	0.050 <sup>a</sup>	0.056 <sup>a</sup>	0.043 <sup>a</sup>
EDDM,%	72.3 <sup>a</sup>	71.8 <sup>a</sup>	64.2 <sup>b</sup>	63.6 <sup>b</sup>	61.7 <sup>c</sup>	60.8 <sup>c</sup>	56.7 <sup>e</sup>	50.5 <sup>f</sup>	50.2 <sup>f</sup>	47.6 <sup>g</sup>	46.7 <sup>h</sup>

a, fracción soluble; b, fracción degradable; c, tasa de degradación; EDDM, degradabilidad efectiva de la MS. Valores con distintas letras son diferentes (P<0.01).

PFL, hojas de helecho; SBNL, hojas de sesbania; MBL, hojas de mora; CH, yuca seca; BCF, fruto del pepino amargo; SNTL, hojas de lila india; CRL, hojas de coral; BY, hojas de bai yanang; BNL, hojas de banana; GVL, hojas de guayava; MSP, cascara del mangostán

Se reconoce que es posible mejorar el consumo de nutrientes en los animales, al incrementar la digestibilidad de las fracciones potencialmente digestibles o la velocidad de paso de las fracciones no digeribles en rumen (Barahona y Sánchez, 2005), pero estas estrategias deben desarrollarse conociendo muy bien la cinética de los forrajes en su

tránsito por el tracto digestivo de los animales. Las pruebas de degradabilidad se realizaron en el centro de producción agropecuaria Paysandú de propiedad de la Universidad Nacional de Colombia (sede Medellín), se emplearon dos vacas secas de la raza Holstein de aproximadamente 650 kg, que se encontraban canuladas al rumen. Las vacas se encontraban pastoreando *Pennisetum clandestinum* (kikuyo) durante todo el tiempo de la prueba. Los resultados obtenidos en este trabajo son importantes (tabla 3) ya que generan un punto de partida para tomar decisiones o adelantar estudios de evaluación posteriores, en corroborar la calidad nutricional favorable que tiene este recurso, con los parámetros de desempeño animal (Naranjo y Cuartas, 2011).

Tabla 3. Parámetros de la cinética de degradación ruminal de la MS y la PC de la

*Erythrina edulis.*

Componente	Parámetros		
	a, %	b, %	c, %/h
MS	21.13	35.2	4.0
PC	40.91	38.13	3.0

a = Fracción soluble; b = Fracción degradable; c = Tasa de degradación (%/hora).

## 2.2 Bases teóricas

### 2.2.1 Características del género *Erythrina*

El pisonay pertenece al género *Erythrina* (del griego erythros: rojo por el color de sus flores) y a la sub familia Papilionoideae. Es un árbol propio de los valles interandinos del norte de sudamérica, en el Perú se le conoce como basul, pajuto, antiporo, pashuro, pashigua, poroto, anteporoto y pisonay, crece en alturas de 1500 a 3000 msnm, es un árbol que prefiere zonas húmedas, con lluvias anuales superiores a 1400 mm. Tiene una altura promedio de 8 m (hasta 14 m) y un diámetro de tronco de 24 cm hasta 47 cm. Posee espinas en las ramas primarias, secundarias y terminales, y en arboles jóvenes presentan espinas en el tronco. Las hojas están compuestas de tres partes o laminas; tienen espinas en los peciolos y nerviaciones, son de color verde claro y se caen del árbol en buena parte cuando se inicia la floración. A los 18 meses de siembra se cosechan las ramas mayores y así se inicia el proceso de podas para producción de forraje; esta poda se debe realizar cada 4 meses (3 podas al año) (Acero, 2002).

El uso de árboles y arbustos, especialmente leguminosas, puede hacer más productivos los pastizales y potreros, porque tienen la capacidad de fijar nitrógeno que establecen asociación con bacterias de los géneros *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Synorhizobium*, *Azorhizobium* y *Mesorhizobium*, como la *E. fusca*, *E. glauca*, *E. indica* y *E. variegata* (Ferrari y Wall, 2004).

Tabla 4. Ubicación taxonomía del genero *Erythrina*

Reino	Plantae – Plantas
Subreino	Tracheobionta – Vascular
Superdivision	Spermatophyta – Semilla
Division	Magnoliophyta – Flores
Clase	Dicotyledonae – Dicotiledones
Subclase	Rosidae – Espinas
Orden	Fabales – Vainas
Familia	Leguminosae – Leguminosa
Tribu	Phaseoleae– Frijoles
Genero	<i>Erythrina</i> L. – <i>erythrina</i>

Abadingo et al., (2003).

El primer corte de las especies arbóreas forrajeras después de plantadas, puede variar de seis a 18 meses. El corte debe hacerse cuando las plantas tengan dos o más metros de altura (a 1.0 a 1.20 m del piso, para facilitar la cosecha), para disminuir la competencia de luz en las primeras etapas del rebrote y sobre todo conservar las reservas de la planta y garantizar la sostenibilidad del cultivo. Los siguientes cortes se deben hacer a la misma altura. El tiempo entre cortes varía de tres a cinco meses para la *Erythrina fusca* (cachimbo) cada cuatro a cinco meses (Cipagauta y Orjuela, 2003). Intervalos de corte generalmente usados están entre 2 a 4 meses. La *Erythrina berteroana*, sometida a cortes cada tres meses, mostro una declinación en la producción de materia seca comestible, más

de 40% entre junio/1992 (3.942 kg/ha) a diciembre/1993 (1.931 kg/ha), cuando el intervalo entre cortes fue 4 meses, las plantas se recuperan y la producción de materia seca comestible permanece por encima de 4.000 kg/ha (CATIE, 1995).

Estudios realizados durante cuatro años en el trópico húmedo muestran que un banco de *Erythrina berteroana* produce cerca de 6 ton/ha/año de proteína cruda, lo cual alcanzaría para aportar, durante un año, el 30% de los requerimientos de proteína de 46 vacas de 400 kg de peso, y con una producción de 8 kg leche/vaca/día (Izaguirre y Martínez, 2008).

### **2.2.2 Generalidades del vacuno**

Como todo rumiante, los bovinos son animales forrajeros por naturaleza, esto quiere decir que las pasturas o forrajes son los alimentos con los que cubren todas sus necesidades claves: mantenimiento, crecimiento, preñez, y desarrollo corporal. Las nuevas formas de alimentación se basan en el uso masivo de alimentos concentrados que se integran en las dietas en los diferentes propósitos. Sometidos a esta presión el bovino requiere día a día, de una gran cantidad de nutrientes básicos para cumplir con las demandas de productividad. Es indispensable considerar que para obtener el máximo rendimiento de un alimento se debe de asegurar el estado óptimo del rumen: el buen funcionamiento de su flora bacteriana y ajusta la relación energía-proteína para optimizar la o absorción de nutrientes. La crianza del bovino se practica en todo el mundo, su carne

es tradicionalmente consumida por su calidad y exquisitez y comparada con otras especies resulta ser óptima (Rotger, 2005).

El bovino es una especie herbívora poligástrico, tiene cuatro compartimientos donde inicia la fermentación bacteriana y también una digestión; su mayor o menor actividad depende de la composición de la ración. Lo que permite un buen comportamiento productivo con raciones de niveles bajos o medios de proteína. La flora bacteriana existente en el rumen permite un buen aprovechamiento de la fibra. La producción de ácidos grasos volátiles, síntesis de proteína microbial y vitaminas del complejo B la realizan microorganismos, en su mayoría bacterias gram positivas, que pueden contribuir a cubrir sus requerimientos nutricionales (McDonald, 1979).

#### **2.2.2.1 Fisiología digestiva del vacuno**

Los rumiantes se caracterizan por su capacidad para alimentarse de pasto o forraje. Esta característica se basa en la posibilidad de poder degradar los hidratos de carbono estructurales del forraje, como celulosa, hemicelulosa y pectina, muy poco digestibles para las especies de estómago simple o no-rumiantes. Basada en esta diferencia fundamental, la fisiología digestiva del rumiante adquiere características particulares. La degradación del alimento se realiza mayoritariamente por digestión fermentativa y no por acción de enzimas digestivas, y los procesos fermentativos los realizan diferentes tipos de microorganismos a los que el rumiante aloja en sus divertículos estomacales (DE). Por esta razón tenemos que tener presente que al alimentar a los rumiantes primero estamos alimentando a los microorganismos rúmiales, y que para su buen desarrollo tiene que haber un medio ruminal favorable para ello. De esta forma hay una simbiosis entre las

bacterias y el animal. Se divide en cuatro cavidades: el retículo (red o redecilla), el rumen (panza), el omaso (librillo) y el abomaso (cuajar). Solo este último es glandular y funcionalmente análogo al estómago del no-rumiantes, mientras que los anteriores están cubiertos por un epitelio queratinizado y carecen de glándulas. La digestión fermentativa depende del normal desarrollo de los microorganismos que la realizan. Por esta razón, el rumiante crea y mantiene a nivel retículo-ruminal las condiciones ideales para su crecimiento y multiplicación, convirtiéndose en un “gigantesco medio de cultivo líquido”. Las condiciones retículo-ruminales para el desarrollo de los microorganismos incluyen: aporte de nutrientes, anaerobiosis, pH, presión osmótica, temperatura, fácil acceso de los microorganismos al alimento y eliminación de los productos de desecho de este sistema (Relling, 2002).

#### **2.2.2.2 La alimentación de los vacunos**

El alimento es todo aquello que puede comer el animal sin que le cause daño: pasto, concentrado y agua. Una alimentación adecuada ayuda al crecimiento y desarrollo de todos los seres vivos. Las proteínas permiten la formación de los distintos órganos del animal músculos, pulmones, sangre, piel, etc. así como el desarrollo de un nuevo ser dentro del vientre. Los modelos nutricionales de rumiantes en base a proteínas, ha evolucionado desde los elementales, basados en proteína cruda a sistemas más complejos basados en proteínas degradables y no degradables en el rumen. La estructura básica de todos los modelos es similar con el nitrógeno presente en la dieta (Contreras, 2010).



### 2.2.2.3 Necesidades nutritivas del vacuno

El Consumo de Materia Seca (CMS) es importante porque es la manera de consumo de nutrientes (energía, proteína, minerales) y en esta categoría de animales es donde se producen mayores cambios cuantitativos en CMS, reduciéndose entre un 20 a 40% en escasos días, contrapuesto a un incremento de la demanda de nutrientes. Los factores que inducen a una disminución del CMS no son bien conocidos. La composición de la dieta y contenido de nutrientes puede afectarlo. El incremento de concentración de energía y proteína en la dieta puede aumentar el CMS y por lo tanto la ingesta total de energía y proteína. Es probable que se deba superar la demanda microbiana para mejorar la tasa de digestión y por lo tanto el CMS. En vaquillonas, suministrando un 35% de concentrado en la dieta tuvieron menor CMS y similar consumo de energía y proteína (Maiztegui, 2001).

La proteína degradable ruminal es tomada por los microorganismos y transformada en proteína cruda microbiana (PCM), la fracción de proteína NO degradable del alimento, tiene una parte digestible en intestino, entonces la PCM que se digiere en intestino + la fracción digestible de la NO degradable, conforman el pool de PM.

Las necesidades de proteína de los animales se expresan en unidades de proteína metabolizable (PM) y se define como la proteína verdadera que es digerida post-ruminal y el componente de aminoácidos (AA) absorbidos por el intestino. Realmente los AA son los nutrientes requeridos, estos son usados para la síntesis de proteína y son vitales para los procesos productivos. Es probable que exista un patrón de AA ideal para cada proceso fisiológico. Los requerimientos de PM se determinan de forma factorial como la suma de

las necesidades de cada categoría, siendo para la presente: mantenimiento, gestación y crecimiento en vaquillonas. Las necesidades de PM de mantenimiento incluyen excreciones urinarias, proteína metabólica fecal, proteína endógena, crecimiento del peso y descamación de la piel (Maiztegui, 2001).

### **2.2.3 Determinación proximal de los alimentos**

Analizar los alimentos base (forrajes) es importante para caracterizar nutricionalmente los mismos y para seleccionar mejor los suplementos a utilizar, de tal manera que se optimice la producción, es también importante para garantizar la calidad de productos formulados comercialmente (concentrados energéticos o proteicos). Otra función muy importante del análisis de alimentos es detectar la posible presencia de sustancias indeseables que se encuentren presente en los alimentos, las cuales pueden ser dañinas para la salud animal o humana (Colombatto, 2003).

El mejor indicador de la calidad de un alimento dado es la performance animal. El análisis de alimentos se lleva a cabo usando técnicas menos invasivas, que intentan predecir alguno de los tres parámetros que constituyen la performance animal: el consumo, la digestibilidad y la eficiencia de utilización (Cherney, 2000). Los análisis químicos pueden darnos información sobre los componentes químicos del forraje que influyen en la digestión del mismo. El método convencional que se usa para determinar el contenido de sustancias nutritivas de un alimento es llamado Análisis proximal o Análisis Weende. Este método es proximal, porque no determina el contenido de sustancias

químicamente definibles, sino que asocia combinaciones orgánicas que responden a determinadas reacciones analíticas (Cañas, 1995).

### **2.2.3.1 Humedad y materia seca (MS)**

La cantidad de agua presente en un forraje es altamente dependiente de factores externos y puede experimentar importantes variaciones a un mismo estado vegetativo del forraje: disminuye ante situaciones de alta intensidad lumínica y altas temperaturas y aumenta en situaciones opuestas. Los tenores más bajos de agua en el forraje son observados en verano y los más elevados en otoño e invierno. El agua intracelular contenida en los forrajes incrementa el valor de llenado que un forraje es capaz de producir en el animal que afecta negativamente el consumo (Gagliostro y Gaggiotti, 2004). El contenido de agua de un alimento depende del grado de madurez de la planta al momento de la cosecha, y del método y tiempo usado en el secado. La humedad indica el contenido de agua de un alimento y se mide como la pérdida de peso que sufre después de someterlo a algunas técnicas de secado, el residuo después de extraer el agua es la MS (Cañas, 1995).

La correcta determinación del contenido de MS de un alimento dado es fundamental, ya que un error en este paso se transfiere al resto de los componentes químicos, los cuales debieran ser expresados sobre base materia seca para permitir comparaciones con otros alimentos. En el caso de forrajes frescos o heno, las opciones para una correcta determinación del contenido de materia seca son variadas, e incluyen el secado en horno a 65° C por 48 h, a 100° C por 24 h, o a 135° C por 3 h (Cherney, 2000).

### **2.2.3.2 Proteína bruta (PC)**

La determinación de proteína se basa en el método Kjeldahl, el cual mide el contenido total de nitrógeno de un alimento. Con este método, se asume que todo el Nitrógeno (N) está en forma de proteína, sin considerar que existe una proporción de Nitrógeno y proteína bruta asociada a otros compuestos como las amidas, urea, lignina y otros. Para calcular el contenido de proteína (PC), se multiplica el contenido de N obtenido por el factor 6.25, este factor se basa en el supuesto que las proteínas contienen un 16% de N (100/16). Aunque esto es cierto para algunos tipos de proteínas hay variaciones en ellos dependiendo al contenido de aminoácidos (Cañas, 1995; Colombatto, 2003; San Miguel, 2006). Esta medida se llama proteína cruda. La proteína cruda se refiere a que no todo el nitrógeno del alimento está en forma de proteína verdadera y/o compuestos nitrogenados no proteicos (NNP). Normalmente la cifra para proteína cruda da un sobrestimado del porcentaje verdadero de proteína en un alimento. La proteína cruda en forrajes va desde 5% (residuos de cosechas) hasta más de 20% (leguminosas de buena calidad) (Wattiaux, 2000).

### **2.2.4 Digestibilidad**

La digestión de los rumiantes es un proceso complejo que involucra múltiples interacciones entre la dieta, los microorganismos ruminales y el hospedero. Anatómicamente el tracto digestivo de los rumiantes puede ser dividido principalmente en tres compartimientos, cada uno con características propias y particulares: retículo-

rumen, intestino delgado e intestino grueso. En el rumen y en el intestino grueso la digestión ocurre por acción microbiana y en el intestino delgado diferentes complejos enzimáticos degradan los componentes del alimento. El contenido ruminal pueden ser distinguidos dos sub compartimentos con diferentes características de degradación y pasaje: una fase líquida y una fase sólida en la que se evidencia la presencia de partículas con rápidas tasas de pasaje y degradación (alimentos concentrados) y partículas que presentan prolongados tiempos de retención y lenta degradación (forrajes) (Rosero y Posada, 2007).

La digestibilidad se refiere a que no todo el alimento que consumen los animales es realmente asimilado; un determinado porcentaje se elimina por el mecanismo de la excreción y, por tanto, no resulta realmente útil. Por ello, en nutrición animal, se maneja el concepto de digestibilidad, que se define como la capacidad de un determinado principio inmediato de ser realmente asimilado por un animal. Una forma muy elemental de cuantificarla es el denominado coeficiente de digestibilidad, que se define como el porcentaje de un determinado principio inmediato que, después de ser consumido por un animal, no es eliminado en forma de heces (San Miguel, 2006).

#### **2.2.4.1 Degradabilidad *in situ***

La degradabilidad *in situ* (método de la bolsa de nylon), también llamado *in sacco*, describe la cinética de degradación de los alimentos en el rumen (Colombatto, 2003). Esta técnica puede también predecir relativamente bien el consumo voluntario y la

digestibilidad de un alimento (Orskov, 2000), y ha contribuido extensivamente a mejorar el entendimiento del aporte de nitrógeno (N) al rumiante y sus microorganismos. Según esta técnica consiste en incubar el substrato a estudiar en bolsas que se introducirán en el rumen de animales canulados. Las bolsas con el suplemento se incuban durante un número creciente de horas y así se obtiene una descripción de la degradación. Tiene la ventaja ante los métodos *in vitro* que tiene en cuenta los procesos digestivos del rumen en funcionamiento pero más económico que los métodos *in vivo*. Muchos factores, además de la actividad microbiana, afectan a la desaparición del ingrediente incubado en las bolsas (Rotger, 2005),

La técnica *in situ* ofrece la posibilidad de estudiar la degradabilidad ruminal de los alimentos a través de la utilización de sacos de nylon suspendidos en el rumen. Esta técnica ha sido escogida debido a su gran aproximación a los resultados *in vivo*. Este método también puede ser usado para describir las características de degradación de los componentes estructurales del forraje (Rosero y Posada, 2007).

El rumen es un ecosistema complejo, en el cual los alimentos ingeridos por los animales desaparecen del tracto gastrointestinal, ya sea a través de su digestión y absorción o por medio del pasaje a otro compartimento consecuentemente, la degradación que sufre un alimento en un compartimento dado, o en el tracto digestivo es el resultado de dos fuerzas competitivas que actúan simultáneamente, la tasa de pasaje y la tasa de degradación (Ellis, 1978; Pezo, 1990).

La alimentación de rumiantes basada en forrajes depende de la degradación microbiana del rumen (Shirley, 1986). La desaparición de los componentes alimenticios en el rumen es un proceso complejo que depende de numerosos factores que incluyen las propiedades químicas y físicas del alimento, las tasas de fermentación de los componentes y tasa de pasaje al omaso (Bergen y Yokoyama, 1977).

La calidad de los forrajes y alimentos fibrosos generalmente varían debido a la edad de la planta, ocurriendo cambios en la composición química que envuelve reducciones de la proteína bruta y de los carbohidratos fácilmente fermentables, acompañados de un incremento en las proporciones de carbohidratos estructurales y lignina lo que influye en la calidad de la digestibilidad. En comparación con animales monogástricos los rumiantes disponen una gran capacidad gástrica que sostiene una variedad y densa población de microorganismos (bacterias, hongos y protozoos) que en dietas basadas en forraje los organismos que fermentan la pared celular son los celulíticos, sin embargo estos decrecen cuando es adicionada una fuente de carbohidratos lo que afecta la degradabilidad (Zea y Diaz, 1990).

#### **2.2.4.2 Cinética de la degradación ruminal**

La técnica de degradación *in situ* ha sido ampliamente adoptada para evaluar la tasa y la extensión de la degradación de los alimentos en el rumen. Los nuevos modelos para formulación y evaluación de raciones requieren de la determinación precisa de

aspectos dinámicos de la degradación de alimentos en el rumen y han adoptado a la técnica in situ como instrumento para facilitar este tipo de mediciones. Diferentes modelos matemáticos han sido propuestos para estudiar la cinética de degradación. En la construcción de estos modelos han sido tenidas en cuenta las características particulares del sustrato en estudio, aspectos anatómicos y fisiológicos del animal y procesos relacionados con la hidratación y colonización del sustrato por parte de los microorganismos ruminales (Rosero y Posada 2007).

La primera curva de degradación ruminal y la más utilizada para determinar la cinética de degradación ruminal de la materia seca (MS), de nitrógeno (N), proteína y de algunos constituyentes de la pared celular puede ser descrita a través del modelo no lineal planteado por Ørskov y McDonald (1979), se expresan en por ciento y se denota:

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

donde:

p: es el por ciento de degradación al tiempo t,

a: es la fracción soluble o degradable al tiempo cero (intercepto de la curva con el eje y). Representa el sustrato soluble y completamente degradable que sale rápidamente del saco de nylon.

b: es la fracción insoluble pero potencialmente degradable si el tiempo no es limitante (diferencia entre a y la asíntota de la curva). Representa la fracción insoluble pero potencialmente degradable del sustrato el cual es degradado por los microorganismos de



acuerdo con un proceso cinético de primer orden. Esta fracción se considera cero para la parte fibrosa, puesto que la fibra no se solubiliza por lavado.

$a+b$ : es el potencial de degradabilidad del material. Representa la degradabilidad potencial de la muestra en el  $t$  máximo de incubación.

$c$ : es la velocidad o tasa de degradación y se expresa en por ciento por hora.

$e$  = base de los logaritmos neperianos,

$c$  = tasa de degradación, en %/h,

$t$  = tiempo de incubación ruminal, en horas

La ecuación supone la existencia de tres fracciones en el alimento. Una fracción no degradable que representa la fracción del alimento que permanece en el saco después de un prolongado tiempo de incubación, otra fracción insoluble pero potencialmente degradable por los microorganismos ruminales y una tercera fracción rápidamente degradable que además del material soluble incluye pequeñas partículas que pueden salir de los sacos de nylon.

McDonald (1981) modificó ligeramente esta ecuación para poder ser utilizada en la evaluación de aquellos alimentos que su degradación ruminal no fuese inmediata y tuviesen una fase lag o de colonización. Su ecuación incluye el término lag, que se expresa en horas. La ecuación es la siguiente:

$$p = a + b (1 - e^{-c(t - \text{lag})})$$

donde:

p: degradación después de t horas,

a: fracción soluble, en %,

b: fracción degradable, en %,

e: base de los logaritmos neperianos,

c: tasa de degradación, en %/h,

t: tiempo de incubación ruminal, en horas

L: tiempo de rezago (lag time), en horas asumiendo que:  $L > 0$  cuando la constante  $a \leq 0$

y  $L = 0$  cuando la constante  $a > 0$ .

La magnitud de degradación de la proteína dependerá del tiempo que permanezca en el rumen, por lo que Ørskov y McDonald (1979) definen la degradabilidad efectiva (DE) de la proteína, como:

$$DE = a + [bc/(c+r)] [1 - e^{-(c+r)t}]$$

En el cual r es la velocidad de pasaje del rumen al omaso. Como el tiempo de incubación se incrementa, la fracción de proteína que permanece en el rumen cae a cero, conjuntamente con la velocidad de degradación y la DE puede entonces definirse como:

$$DE = a + [(b \times c)/(c + r)]$$

En esta ecuación a es la proteína inmediatamente degradada y  $bc/(c + r)$  la fracción lentamente degradable. El valor de r puede ser determinado por tratamiento con dicromato a la proteína. También se puede calcular la degradabilidad efectiva (DE) del nitrógeno utilizando los parámetros de degradabilidad en combinación con la tasa de flujo ruminal de pequeñas partículas (k); la ecuación es la siguiente:

$$DE = a + [(b \times c)/(c + k)]$$

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Tipo y nivel de investigación**

Se utilizó una metodología básica - exploratorio debido a que se recolectaron las muestras en un solo momento con dos edades de rebrote diferente para el análisis de las muestras, por lo que la investigación se basó en dos momentos, primero se prosiguió al peso y secado de las muestras adquiridas del pisonay y segundo al análisis químico de las muestras respectivas en el laboratorio.

#### **3.2 Lugar de investigación**

La ejecución de la investigación se realizó durante el mes de octubre del 2013. En el Centro Experimental de Huasacache de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Católica de Santa María ubicado en el distrito de Hunter, provincia de Arequipa, departamento de Arequipa, en las coordenadas 16° 27' 69" latitud sur, 71° 34' 11" longitud oeste y una altitud de 2200 msnm.

#### **3.3 Animales**

Se utilizó una hembra de la raza Holstein en seca y con una edad aproximada de 5 años, con un peso vivo de 600 kg la cual tenía una cánula ruminal permanente.

### 3.4 Técnicas de investigación

Para determinar la composición química se utilizó hojas y peciolo de la *Erythrina* *sp* (pisonay), se recolectaron en la cuenca de Kerapata, de seis árboles en forma aleatoria de una misma parcela, constituida por las partes de la región apical, media y basal a 120 y 365 días de rebrote. La biomasa de forraje fue de 500 g por muestra, rotulada y expandida en bandejas para el secado. Se realizó el análisis de la materia seca (MS) y proteína cruda (PC) en el Laboratorio de Nutrición y Alimentación Animal de la Universidad Católica Santa María de Arequipa, mediante el análisis químico proximal Wende (AOAC, 1990).

Para estimar la degradabilidad ruminal *in situ* de la materia seca y proteína cruda, se utilizaron muestras secas de las hojas y peciolo de 120 y 365 días de rebrote, las cuales fueron molidas con una zaranda de tamaño de 2 mm y guardadas en diferentes pomos.

Para la incubación de las muestras, se utilizaron bolsas de nylon (12 x 6 cm; 52 um tamaño de poro) rotuladas para que no exista confusión de muestras; se prosiguió a pesar en una balanza analítica 5 g por muestra de 120 días de rebrote (18 muestras), de igual manera para 365 días (18 muestras). Se estableció un periodo experimental de 10 días, distribuido de la siguiente manera: los primeros 7 días fueron de adaptación con forraje de heno de alfalfa para lograr una aceptabilidad total del forraje ofrecido. En los otros tres días se colocaron las bolsas a incubar en el rumen para determinar su degradabilidad.

Para estimar la degradabilidad ruminal *in situ* de la MS y PC se consideró un total de tres muestras por 0, 3, 6, 12, 24, 48 horas de incubación. Cada una de ellas se introdujo en la parte ventral del rumen, en orden inverso a las horas de incubación. Para determinar la degradabilidad a las 0 horas se incubaron las muestras por inmersión en agua a 40°C por 10 min.

En el tiempo previsto de 48 horas, las bolsas se removieron del rumen en conjunto e inmediatamente fueron lavadas en abundante agua fría aproximadamente por 45 segundos. Inmediatamente las bolsas se secaron a 105 °C por 48 horas, se determinó el peso residual de cada una de las muestras y se determinó nuevamente la MS y PC.

### **3.5 Procesamiento y análisis de datos**

Para determinar los parámetros de la cinética ruminal, los datos obtenidos fueron analizados a través del programa RUMENAL con la función Solver del EXCEL (Correa, 2004).

La interpretación de los resultados de los parámetros de la cinética ruminal, se realizó a través del diseño factorial (2x4): edad de rebrote y parámetros de la cinética ruminal, cuyo modelo es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + F_i + T_{ij} + FT_{ij} + e_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$ : medida de la cantidad (% de MS) de la muestra  $k$  dentro de los parámetros de la cinética ruminal  $j$  dentro de los días de rebrote  $i$

$\mu$ : promedio general o efecto común a todas las muestras

$F_i$ : efecto de la edad de rebrote a los 120 y 365 días de crecimiento y desarrollo

$T_{ij}$ : efecto de las muestras o repeticiones

$FT_{ij}$ : interacción del efecto de la edad de rebrote y los parámetros de la cinética ruminal

$e_{ijk}$ : error asociado con la muestra  $k$  dentro de la edad de rebrote  $i$

Además en los resultados de la composición química y parámetros de la cinética ruminal del follaje de pisonay se determinó el promedio y la desviación estándar de las muestras en relación al promedio y se realizó una comparación de medias ( $p < 0.05$ ) con la prueba de rangos múltiples de Duncan.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1 Composición química del pisonay

La composición química obtenida en la *Erythrina sp* conocida comúnmente como pisonay a los 120 y 365 días de rebrote (tabla 5), los niveles obtenidos demuestran una diferencia numérica significativa, se observa que la MS (24.2 y 28.1%) a los 365 días de rebrote fue superior en 3.8%, y ocurre todo lo contrario con la PC (26.1 y 20.1%) que a los 365 días de rebrote disminuye en 6.0% con respecto a los 120 días.

Los valores obtenidos de MS en nuestro estudio al ser comparados con otras especies del mismo género fue inferior al reportado por Roa y Muñoz (2012) que fue evaluado con 90 días de rebrote (MS:  $26.8 \pm 0.9\%$ ), es similar al obtenido a los 120 días por Cárdenas *et al.*, (2013) y menor al comparar con los datos de Ramos (2009) que a los 365 días fue 31.7%, y superior a los resultados de Naranjo y Cuartas (2011) que no indica la edad de rebrote.

Tabla 5. Composición química de la MS y PC de hojas y peciolos de pisonay.

Edad de rebrote (días)	Componente (%)	
	MS	PC
120	$24.2 \pm 1.8$	$26.1 \pm 1.5$
365	$28.1 \pm 2.7$	$20.1 \pm 0.8$

La PC obtenida en nuestro estudio fue superior a los resultados indicados por Roa y Muñoz (2012); al comparar con los 120 días de rebrote resulta ser similar al reportado por Naranjo y Cuartas (2011) (PC: 26.52%) e inferior a lo indicado por Cárdenas (2011); a los 365 días de rebrote resulta ser inferior a los datos obtenidos por Ramos (2009), Cárdenas (2011) y Fino *et al.*, (2013) (PC: 23%). Esto indica que a mayor edad de rebrote se incrementa la cantidad de MS, las hojas y peciolos del forraje tendrán un menor contenido de humedad y mayor disponibilidad de MS y menor cantidad de PC. Este resultado sugiere que el forraje evaluado en cuanto a su composición química, podría ser considerado como recurso potencialmente utilizable en la suplementación de rumiantes.



#### 4.2 Degradabilidad ruminal de la materia seca y proteína cruda del pisonay

Los parámetros de la cinética ruminal de la MS en hojas y peciolo del pisonay se observan en la tabla 6, los niveles obtenidos demuestran una diferencia significativa ( $P < 0.05$ ). La fracción soluble (a) a los 365 días de rebrote (37.6%) fue superior en 3.3% con respecto a los 120 días de rebrote (34.3%), los niveles obtenidos demuestran una diferencia significativa ( $P < 0.0171$ ). La fracción soluble de la MS, en ambos días de rebrote resultan ser inferior al compararlos con lo reportado por Suchitra y Wanapat (2008) y es superior al obtenido por Naranjo y Cuartas (2011) (40.3 y 21.13%, respectivamente), esta divergencia tiene relación con el incremento en la cantidad de MS por efecto de los días de rebrote.

Tabla 6. Cinética ruminal y degradabilidad efectiva de la MS en hojas y pecíolos de pisonay en dos edades de rebrote

Edad de rebrote (días)	Cinética ruminal			Degradabilidad efectiva (%)
	a, %	b, %	c, %/h	
120	34.3±1.1 <sup>Y</sup>	31.8±0.46 <sup>X</sup>	8.6±0.005	53.0±0.29 <sup>X</sup>
365	37.6±1.0 <sup>X</sup>	21.3±1.34 <sup>Y</sup>	8.1±0.007	49.9±0.20 <sup>Y</sup>
p≤0.05	0.0171	0.0002	0.4304	0.0001

X, Y; en una misma columna, señala diferencias significativas, ( $P \leq 0.05$ )  
a = Fracción soluble; b = Fracción degradable; c = Tasa de degradación (%/hora)

La fracción degradable ( $P < 0.0002$ ) a los 120 días de rebrote (31.8%) es superior en 10.5% con respecto a los 365 días de rebrote (21.3%). La fracción de degradable a los 120 días es similar con lo reportado por Suchitra y Wanapat (2008) y con ambos días de rebrote resultan ser inferiores a lo indicado por Naranjo y Cuartas (2011) (30.8 y 35.2%, respectivamente), significa que a menor edad de las hojas y peciolo (follaje) hay una mayor utilización de la MS por parte de los microorganismos ruminales (mayor degradabilidad).

La tasa de degradación de la MS, a los 120 y 365 días de edad de rebrote (8.6 y 8.1%, respectivamente) son similares estadísticamente, existe una superioridad de 0.5% a los 120 días con respecto a los 365 días de rebrote, al comparar con lo reportado por Suchitra y Wanapat (2008) y Naranjo y Cuartas (2011) (5.9 y 4.0%, respectivamente) nuestros resultados son significativamente superiores, significa que hay una gran variabilidad entre especies y podemos indicar que a mayor porcentaje de tasa de pasaje mayor consumo voluntario o ingestión de forrajes.

La degradabilidad efectiva, según los días de rebrote presentan diferencias estadísticas ( $P < 0.0001$ ), a los 120 días fue superior (53%) en 3.1% con respecto a los 365 días (49.9%), al comparar con lo reportado por Suchitra y Wanapat (2008) (56.7%) con los días de rebrote resultan ser inferiores en 4%, esto demuestra que los microorganismos ruminales aprovechan de manera positiva los nutrientes del pisonay, la digestibilidad está relacionada con el grado de aprovechamiento y depende de la edad de corte (disminuye al aumentar los días de rebrote).

Las características de la cinética ruminal y degradabilidad efectiva de la PC en las hojas y pecíolos de pisonay se observan en la tabla 7, donde se demuestra que existe una diferencia estadística entre ambos días de rebrote ( $P<0.05$ ). La fracción soluble a los 120 días (56.9%) es significativamente superior en 10.3% ( $P<0.0001$ ) con respecto a los 365 días (42.6%) y resultan ser mayor a lo obtenido por Naranjo (2011) que reporta 40.91% en *E. edulis* (chachafruto), podemos indicar que a menor edad de rebrote mayor valor eficiente de actividad microbial en el rumen.

Tabla 7. Cinética ruminal y degradabilidad efectiva de la PC en las hojas y pecíolos de pisonay en dos edades de rebrote

Edad de rebrote (días)	Cinética ruminal			Degradabilidad efectiva (%)
	a, %	b, %	c, %/h	
120	56.9±0.25 <sup>X</sup>	30.9±1.08	6.3±0.004 <sup>X</sup>	72.7±1.29 <sup>X</sup>
365	42.6±0.29 <sup>Y</sup>	29.5±2.72	4.7±0.006 <sup>Y</sup>	55.5±0.52 <sup>Y</sup>
$p\leq 0.05$	0.0001	0.4736	0.0194	0.0001

X, Y, en una misma columna, existe diferencia significativa ( $p\leq 0.05$ ).  
a = Fracción soluble; b = Fracción degradable; c = Tasa de degradación (%/hora)

La fracción degradable de la PC son similares estadísticamente con respecto a los días de rebrote y significativamente inferior a lo obtenido por Naranjo (2011) que fue 38.13%. La tasa de degradación a los 120 días (6.3%) y existe una diferencia de 1.6% ( $P<0.0194$ ) con respecto a los 365 días (4.7%) y resultan ser mayor a lo obtenido por Naranjo (2011) que reporta 3.0%; estos valores nos indican, a los 365 días, que existe una

mayor retención de la proteína de los alimentos y por ende una mayor producción de N no proteico y una menor proteína para la degradación intestinal.

La mayor degradabilidad efectiva ocurre a los 120 días de rebrote (72.7%) ( $P < 0.0001$ ) que es significativamente superior en 17.2% con respecto a los 365 días (55.5%), esto nos demuestra que hay una menor degradabilidad de la proteína a nivel ruminal, se corrobora con Rocha y Vera (1981) y Minson (1990), que indican a mayor edad de rebrote los carbohidratos estructurales (celulosa, hemicelulosa y lignina) en las plantas forrajeras tienden a incrementar con la madurez, que dificulta ampliamente la degradación de la PC del forraje en el rumen. Las arbustivas forrajeras contienen taninos, cuando el nivel de taninos condensados es alto, se disminuye la digestibilidad de la proteína, además baja el consumo de forraje por parte de los animales (Barahona et al., 1998).

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 CONCLUSIONES

- Los días de rebrote influyen en la composición nutricional de MS y PC, a los 365 días existe una mayor cantidad de MS y a los 120 días mayor proporción de PC,  $28.1 \pm 2.7\%$  y  $26.1 \pm 1.5\%$ , respectivamente
- Se demostró que la MS a los 120 días de rebrote, fue mayor en la fracción insoluble potencialmente degradable y degradabilidad efectiva,  $31.8 \pm 0.46\%$  y  $53.0 \pm 0.29\%$ , respectivamente; la fracción soluble fue mayor a los 365 días,  $37.6 \pm 1.0\%$ ; y para ambas edades la tasa de degradación fue similar,  $8.6 \pm 0.005\%/h$  y  $8.1 \pm 0.007\%/h$ , respectivamente.
- Se demostró que la PC a los 120 días de rebrote, fue mayor en la fracción soluble, tasa de degradación y degradabilidad efectiva,  $56.9 \pm 0.25\%$ ,  $6.3 \pm 0.004\%/h$  y  $72.7 \pm 1.29\%$ , respectivamente; y para ambas edades la fracción insoluble potencialmente degradable fue similar,  $30.9 \pm 1.08\%$  y  $29.5 \pm 2.72\%$ , respectivamente.

### 5.2 RECOMENDACIONES.

Evaluar el efecto de la edad de rebrote del pisonay en las características productivas en rumiantes y corroborar la calidad nutricional favorable que tienen estos recursos.

## VI. BIBLIOGRAFIA

1. Abadingo, M., Calleja, J.M., Lumang, M.R., Miña, M. y Nono, K. 2003. Vegetation survey and road map update of the up arboretum. *Ekolohiya*, 1: 68-91.
2. Acero, L.E. 2002. Guía para el cultivo y aprovechamiento del chachafruto o balú (*Erythrina edulis*). Publicado por Convenio Andrés Bello. Colombia.
3. AFRC. 1992. Nutritive requirements of ruminant animals. *Protein Nutrition Abstracts and Reviews Serie B*; 62:787-835.
4. AOAC. 1990. Official methods for analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC.
5. Argel, P.J. y Lascano, C.E. 1998. *Cratylia argentea* (Desvaux) O. Kuntze: Una nueva leguminosa arbustiva para suelos ácidos en zonas subhúmedas tropicales. *Pasturas Tropicales*, 20(1):37-43.
6. Barahona, R.; Lascano, C.E.; Cocran, R. y Morrill, J. 1998. Efecto del manejo poscosecha del forraje y la adición de polietilen glicol en la concentración y la astringencia de taninos condensados en leguminosas tropicales. *Pasturas tropicales*, 18(1):41-46.
7. Barahona, R. y Sánchez, S. 2005. Limitaciones físicas y químicas de la digestibilidad de pastos tropicales y estrategias para aumentarla. *Revista Corpoica*, 6(1):69-82.
8. Bergen, W.G. y Yokoyama, M.T. 1977. Productive limits to rumen fermentation. *Journal of animal Science*, 45: 573.
9. Cañas, R., 1995. Alimentación y Nutrición Animal, Pontificia Universidad Católica de Chile.

10. Cárdenas, L.A. 2011. Digestibilidad *in situ* del pisonay (*Erythrina sp*) en cabras (*Capra hircus*). Tesis de Maestría, Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.
11. Cárdenas, L.A.; Bautista, J.L.; Zegarra, J.L. y Ramos, R. 2013. Degradabilidad ruminal de la fibra del follaje pisonay (*Erythrina sp*). Revista Complutense de Ciencias Veterinarias, 7(1):42-49.
12. CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). 1995. Evaluación de un banco de *Erythrina* bajo ramoneo y banano verde como suplementos para animales en pastoreo en la zona Atlántica de Costa Rica.
13. Cherney, J.R. 2000. Characterization of forages by chemical analysis. En: Givens, D.I.; Owen, E.; Axford, R.F.E. y Omed, H.M. (eds.) Forage evaluation in ruminant nutrition. Cab International. Wallingford, UK.
14. Cipagauta, M. y Orjuela, J.A. 2003. Utilización de técnicas agrosilvopastoriles para contribuir a optimizar el uso de la tierra en el área intervenida de la amazonia. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). Produmedios. Bogota, Colombia.
15. Contreras, 2010. Rumen Morfología, Trastornos y modulación de la actividad fermentativa.
16. Colombatto, D. 2003. Análisis de alimentos: Aplicaciones prácticas. 3ª Jornada Abierta de Lechería. Universidad de Buenos Aires, Argentina.
17. Correa, H.J. 2004. RUMENAL: procedimiento para estimar los parámetros de cinética ruminal mediante la función Solver de Microsoft Excel®. Rev Col Cienc Pec, 17(3):250-254.
18. Ellis, W.C. 1978. Determinants of grazed forage intake and digestibility. Journal of Dairy Science 61: 1828.

19. Ferrari, A.E. y Wall, L.G. 2004. Utilización de árboles fijadores de nitrógeno para la vegetación de suelos degradados. Revista de la Facultad de Agronomía. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, Argentina, 105(2): 63-87.
20. Fino, J.A., Muñoz, F. y Roa, M.L. 2013. Calidad nutricional y degradabilidad de tres especies de árboles forrajeros utilizando vacas fistuladas. Rev Sist Prod Agroecol, 4(1):2-18.
21. Gagliostro, G.A. y Gaggiotti, M. 2004. Evaluación de alimentos para rumiantes e implicancias productivas. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Balcarce, Argentina.
22. García, D.E. y Medina, M.G. 2006. Composición química, metabolitos secundarios, valor nutritivo y aceptabilidad relativa de diez árboles forrajeros. Zootecnia Trop., 24(3):233-250.
23. Izaguirre, F. y Martínez, J. 2008. El uso de árboles multipropósito como alternativa para la producción animal sostenible. Tecnología en Marcha, 21(1): 28-40.
24. Maiztegui, 2001. Necesidades Nutritivas del ganado vacuno lechero. resumen del NRC 2001. Universidad Nacional del Litoral. Facultad de Ciencias Veterinarias.
25. McDonald, I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. J. Agric. Sci., Camb., 92: 499-503.
26. McDonald, I. 1981. A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. J Agric. Sci., Camb., 96: 251-252.
27. Minson, D J. 1990. Forage in ruminant nutrition. Academic Press, Inc. San diego, California, EEUU.



28. Naranjo, J.F. y Cuartas, C.A. 2011. Caracterización nutricional y de la cinética de degradación ruminal de algunos de los recursos forrajeros con potencial para la suplementación de rumiantes en el trópico alto de Colombia. *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 6(1):9-19.
29. Nocek, J.E. y Grant, A.L. 1987. Characterization of in situ nitrogen and fiber digestion and bacterial nitrogen contamination of hay crop forages preserved at different dry matter percentages. *J Anim Sci*, 64:552-564.
30. NRC. 2001. National Research Council. The nutrient requirement of dairy cattle. Seventh edition. National Academy Press, Washington. 381 p.
31. Orskov, E.R. 2000. In *Forage Evaluation in ruminant nutrition*. CABI Publishing, Wallingford, UK.
32. Orskov, E.R. y McDonald, I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agric. Sci., Camb.*, 92: 499-503.
33. Pezo, D. 1990. Medición de la tasa de degradación ruminal en alimentos. In Ruiz, M; Ruiz, A., eds. *Nutrición de rumiantes: Guía metodológica*. San José, Costa Rica.
34. Ramos, R. 2009. Valor nutricional y digestibilidad del pisonay (*Erythrina sp*) en el cuy (*Cavia porcellus*). Tesis Médico Veterinario y Zootecnista, Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.
35. Relling, 2002. *Fisiología Digestiva y Metabólica de los rumiantes*. Graduate Research Associate. Department of Animal Sciences. The Ohio State University.

36. Roa, M. y Muñoz, J. 2012. Evaluación de la degradabilidad in situ en bovinos suplementados con cuatro especies arbóreas. *Revista MVZ Córdoba*, 17(1):2900-2907.
37. Rocha, P.G. y Vera, R.R. 1981. Structural carbohydrates, protein digestibility of 8 tropical grasses. *Turrialba*, 31(1):15-20.
38. Rosero, R. y Posada, S.L. 2007. Modelación de la cinética de degradación de alimentos para rumiantes. *Rev Col Cienc Pec*, 20:174-182
39. Rotger, A. 2005. Fermentación ruminal, degradación proteica y sincronización energía-proteína en terneras en cebo intensivo. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona. 208 p.
40. San Miguel, A. 2006. Fundamentos de Alimentación y Nutrición del ganado. Universidad. Politécnica de Madrid, España.
41. Shelton, M. 2000. Leguminosas forrajeras tropicales en los sistemas agroforestales. *Unasyuva*, 51:25-32.
42. Shirley, R.L., 1986. Nitrogen and energy nutrition of ruminants. Academic Press. Orlando, Florida, EEUU.
43. Suchitra, K. y Wanapat, M. 2008. Study on ruminal degradability of local plants by using nylon bag technique. *Livestock Research for Rural Development*, 20(supplement).
44. Urbano, D. y Dávila, C. 2005. Leguminosas arbóreas para optimizar la producción de leche y carne. En: González, C. y Soto, E. (eds.). *Manual de Ganadería Doble Propósito*. Fundación GIRARZ. Editorial Astro Data, Maracaibo, Venezuela, pp. 213-218.

45. Wattiaux, M.A. 2000. Composición y análisis de alimentos. En: Esenciales Lecheras, Nutrición y alimentación. Instituto Babcock, Universidad de Wisconsin, Madison, EE.UU. pp. 5-8.
46. Zea, S. y Diaz, M. 1990. Producción de carne con pastos y forrajes. Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España.

## ANEXOS



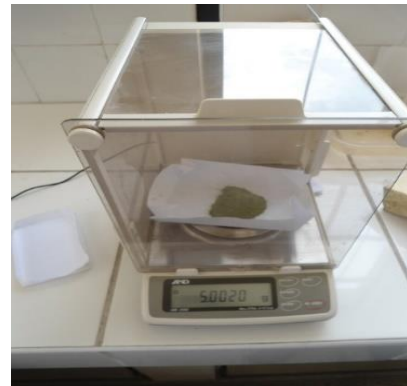
Proceso de molido



proceso de secado



Enfriamiento de las bolsas de nylon  
En la campana extractora.



pesado de la muestra en la balanza  
Analítica.



Muestras rotuladas



introducción de muestras al rumen



Extracción de las muestras del rumen



lavado de las muestras con agua a chorro.



Muestras lavadas, libres de contenido Ruminal.



proceso de secado de muestras



Muestras rotuladas para los análisis Correspondientes.