

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO**  
**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**



**Determinación de nitrógeno metabólico fecal, endógeno urinario y  
dérmico en llamas (*Lama glama*) hembras de un año de edad**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. YOEL WILSON MAMANI LIMA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**MEDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA**

**PUNO – PERÚ**

**2017**

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

TESIS

Determinación de nitrógeno metabólico fecal, endógeno urinario y dérmico en llamas (*Lama glama*) hembras de un año de edad

PRESENTADA POR:

Bach. YOEL WILSON MAMANI LIMA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA



APROBADA POR:

PRESIDENTE

:

Ph.D. BERNARDO ROQUE HUANCA

PRIMER MIEMBRO

:

MVZ. MARINO FRANCISCO ÁVILA FELIPE

SEGUNDO MIEMBRO

:

MVZ. LUIS ROQUE ALMANZA

DIRECTOR

:

Ph.D. JOSÉ LUIS BAUTISTA PAMPA

ASESOR

:

MVZ. JUAN GUIDO MEDINA SUCA

Área : Nutrición animal

Tema : Nutrición en Llamas

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	9
AGRADECIMIENTOS .....	10
RESUMEN .....	11
ABSTRACT .....	12
I. INTRODUCCIÓN.....	13
1.1. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN .....	14
1.1.1. Problema. ....	14
1.2. OBJETIVOS.....	16
1.2.1. Objetivo general.....	16
1.2.2. Objetivos específicos .....	16
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	17
2.1. Nitrógeno .....	17
2.2. Las proteínas .....	17
2.3. Degradabilidad de la Proteína .....	17
2.4. Nitrógeno metabólico fecal.....	19
2.5. Nitrógeno endógeno urinario.....	21
2.6. Nitrógeno endógeno dérmico .....	25
2.7. Técnicas de determinación de nitrógeno metabólico fecal .....	27
2.8. Determinación de nitrógeno y proteína.....	30
III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	32
3.1. Lugar.....	32
3.2. Materiales y equipos .....	32
3.3. METODOLOGÍA .....	36
3.3.1. Instalaciones .....	36
3.3.2. Forrajes.....	36
3.3.3. Dieta experimental .....	37
3.3.4. Animales .....	37
3.3.5. Manejo de los animales durante el experimento.....	37
3.3.6. Determinación de la pérdida total de nitrógeno.....	38
3.3.7. Cálculo de nitrógeno metabólico fecal (NMF).....	40
3.3.8. Calculo de nitrógeno endógeno urinario (NEU).....	40

3.3.9.	Cálculo de nitrógeno endógeno dérmico (NED).....	41
3.3.10.	Unidades de medida .....	41
3.3.11.	Análisis estadístico.....	42
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	44
4.1.	Nitrógeno Metabólico Fecal.....	44
4.2.	Nitrógeno Endógeno Urinario .....	47
4.3.	Nitrógeno Endógeno Dérmico. ....	49
4.4.	Pérdidas totales de nitrógeno endógeno. ....	52
V.	CONCLUSIONES .....	53
VI.	RECOMENDACIONES.....	54
VII.	REFERENCIAS .....	55
	ANEXOS .....	59

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°1 : Jaulas metabólicas,vista posterior.....	80
Figura N°2 : Jaula metabólica,vista anterior.....	80
Figura N°3 : Jaula metabólica individual ,vista anterior.....	80
Figura N°4 : Jaula metabólica individual ,vista posterior.....	80
Figura N°5:Dispositivo colector de orina y heces, parrilla de soporte.....	81
Figura N°6 : Dispositivo colector de orina y heces, parrilla colector de heces.....	81
Figura N°7 : Dispositivo colector de orina y heces, embudo colector de orina.....	81

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 01: NITRÓGENO METABÓLICO FECAL EN LLAMAS. ....	44
TABLA 02: NITRÓGENO ENDÓGENO URINARIO EN LLAMAS. ....	47
TABLA 03: NITRÓGENO ENDÓGENO DERMICO EN LLAMAS.....	50
TABLA 04: PERDIDAS TOTALES DE NITRÓGENO ENDÓGENO.....	52
TABLA 05: COMPOSICION QUÍMICA, ENERGÍA BRUTA Y LAS CORRECCIONES TERMODINAMICAS DE CALORIMETRIA DE LOS ALIMENTOS AL 100% MS.....	60
TABLA 06: CONTENIDO DE NUTRIENTES EN LAS MEZCLAS EXPERIMENTALES. ....	60
TABLA 07: COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL SUPLEMENTO MINERAL Y VITAMÍNICO (NUTRIMEIX ADE) .....	61
TABLA 08: INGESTIÓN DE MATERIA SECA EN LLAMAS g/d. ....	61
TABLA 09: CONSUMO DE MATERIA SECA SEGÚN TRATAMIENTO.....	62
TABLA 10: MATERIA SECA EN LLAMAS. ....	63
TABLA 11: EXCRECIÓN DE MATERIA SECA FECAL EN LLAMAS. ....	63
TABLA 12: DIGESTIBILIDAD DE MATERIA SECA %, DE LA MEZCLA DE ALIMENTO. ....	65
TABLA 13: ROTACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS EN EL EXPERIMENTO DE DIGESTIBILIDAD DE MATERIA SECA. DISEÑO CUADRADO LATINO 3 X 3. ....	65
TABLA 14: DIGESTIBILIDAD, BALANCE DE NITRÓGENO SEGÚN TRATAMIENTO.....	66
TABLA 15: COLECCIÓN DE ORINA, EN EL EXPERIMENTO EN mL/d. ....	66
TABLA 16: ROTACIÓN DE TRATAMIENTOS EN EL EXPERIMENTO DE DIGESTIBILIDAD, EXCRECIÓN DE ORINA mL/d. ....	67
TABLA 17: COLECCIÓN DE PÉRDIDAS DÉRMICAS EN EL EXPERIMENTO, g/d. ....	68
TABLA 18: ROTACIÓN DE TRATAMIENTOS. EXCRECIÓN DE PÉRDIDAS DÉRMICAS g/d. DISEÑO CUADRADO LATINO. ....	69
TABLA 19: NITRÓGENO DIGESTIBLE Y METABOLIZABLE DE LA MEZCLA DE ALIMENTOS A DIFERENTES NIVELES DE PROTEÍNA EN EL EXPERIMENTO EN LLAMAS. ....	70
TABLA 20: NITRÓGENO CONSUMIDO SEGÚN TRATAMIENTO.....	71
TABLA 21: REGISTRO DE PESO VIVO EN LLAMAS. ....	71
TABLA 22: PESOS VIVOS SEGÚN TRATAMIENTO.....	72
TABLA 23: CONTENIDO DE NITRÓGENO EN HECES EN EL EXPERIMENTO. ....	72
TABLA 24: NITRÓGENO EN HECES. DISEÑO CUADRADO LATINO 3 X 3. ....	72
TABLA 25: CONTENIDO DE NITRÓGENO EN ORINA EN LLAMAS.....	73

TABLA 26: ROTACIÓN DE TRATAMIENTOS EN NITRÓGENO EN ORINA. DISEÑO CUADRADO LATINO 3 X 3. ....	73
TABLA 27: CONTENIDO DE NITRÓGENO EN PÉRDIDAS CUTÁNEAS EN EL EXPERIMENTO EN LLAMAS. ....	74
TABLA 28: ROTACIÓN DE TRATAMIENTOS EN CONTENIDO DE NITRÓGENO EN PÉRDIDAS CUTÁNEAS. DISEÑO CUADRADO LATINO 3 X 3. ....	74
TABLA 29: CONSUMO DE MATERIA SECA (g/d), EN EL EXPERIMENTO DE METABOLISMO A DIFERENTES NIVELES DE PROTEÍNA TOTAL. DISEÑO CUADRADO LATINO 3X3.....	75
TABLA 30: ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL CONSUMO DE MATERIA SECA (g/d), EN EL EXPERIMENTO A DIFERENTES NIVELES DE PROTEÍNA. ....	75
TABLA 31: DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA SECA (%), EN EL EXPERIMENTO DE METABOLISMO. DISEÑO CUADRADO LATINO 3X3. ....	75
TABLA 32: ANÁLISIS DE VARIANZA DE DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA SECA (%), EN EL EXPERIMENTO DE METABOLISMO. DISEÑO CUADRADO LATINO 3X3. ....	75
TABLA 33: NITRÓGENO INGERIDO (g/d), EN EL EXPERIMENTO A DIFERENTES NIVELES DE PROTEÍNA TOTAL. DISEÑO CUADRADO LATINO 3X3. ....	76
TABLA 35: DIGESTIBILIDAD DE NITROGENO INGERIDO (%), EN EL EXPERIMENTO A DIFERENTES NIVELES DE PROTEÍNA TOTAL. DISEÑO CUADRADO LATINO 3X3. ....	76
TABLA 36: ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA DIGESTIBILIDAD NITRÓGENO INGERIDO REAL (%), EN EL EXPERIMENTO A DIFERENTES NIVELES DE PROTEÍNA TOTAL. DISEÑO CUADRADO LATINO 3X3.....	76
TABLA 37: BALANCE DE NITRÓGENO (g/d), EN EL EXPERIMENTO A DIFERENTES NIVELES DE PROTEÍNA TOTAL. DISEÑO CUADRADO LATINO 3X3. ....	76
TABLA 38: ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL BALANCE DE NITRÓGENO (g/d), EN EL EXPERIMENTO A DIFERENTES NIVELES DE PROTEÍNA TOTAL. DISEÑO CUADRADO LATINO 3X3. ....	76
TABLA 39: EXCRECIÓN DE NITRÓGENO FECAL (g/d), EN EL EXPERIMENTO A DIFERENTES NIVELES DE PROTEÍNA TOTAL. DISEÑO CUADRADO LATINO 3X3.....	77
TABLA 40: ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA EXCRECIÓN DE NITRÓGENO FECAL (g/d), EN EL EXPERIMENTO A DIFERENTES NIVELES DE PROTEÍNA TOTAL. DISEÑO CUADRADO LATINO 3X3. ....	77

TABLA 41: EXCRECIÓN DE NITRÓGENO EN ORINA (g/d), EN EL EXPERIMENTO A DIFERENTES NIVELES DE PROTEÍNA TOTAL. DISEÑO CUADRADO LATINO 3X3.....	78
TABLA 42: ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA EXCRECIÓN DE NITRÓGENO EN ORINA (g/d), EN EL EXPERIMENTO A DIFERENTES NIVELES DE PROTEÍNA TOTAL. DISEÑO CUADRADO LATINO 3X3.....	78
TABLA 43: EXCRECIÓN DE NITRÓGENO EN PÉRDIDAS DÉRMICAS (g/d), EN EL EXPERIMENTO A DIFERENTES NIVELES DE PROTEÍNA TOTAL. DISEÑO CUADRADO LATINO 3X3. ....	78
TABLA 44: ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA EXCRECIÓN DE NITRÓGENO EN PÉRDIDAS DÉRMICAS (g/d), EN EL EXPERIMENTO A DIFERENTES 9NIVELES DE PROTEÍNA TOTAL. DISEÑO CUADRADO LATINO 3X3 .....	79
TABLA 45: ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA REGRESIÓN LINEAL DEL NITRÓGENO METABOLICO FECAL. ....	79
TABLA 46: ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA REGRESIÓN LINEAL DEL NITRÓGENO ENDÓGENO URINARIO.....	79
TABLA 47: ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA REGRESIÓN LINEAL DEL NITRÓGENO ENDÓGENO DÉRMICO.....	79



## DEDICATORIA

A mis seres queridos; Eustaquio Mamani Paccosoncco y Hilda Lima Condo. Quienes desde el inicio de mi existir, en las buenas y en las malas, en los momentos tristes y alegres siempre estuvieron a mi lado, para brindarme todo el apoyo, amor incondicional, por entender mi vocación y darme su apoyo en todo momento y hoy por hoy todo lo bueno que tengo se los debo a ellos.

A mis hermanos edward Yury, yenny Rubelia, Nohemi Thalia y Yaneth Erika, porque siempre han estado ahí, me enseñaron que todo se logra con esfuerzo y dedicación; agradezco la paciencia que han tenido conmigo en aquellos momentos cuando los necesite.

A mi señorita enamorada Yuli Gladys, por su apoyo en los malos y buenos momentos, por su apoyo moral, por su aliento..

A todos mis amigos del Internado Chuquibambilla: Clever, Bengamin, Abad, Lidia Max, Nury y mas que todo ami compañero de tesis por su apoyo y su alegría Angel Jhoel Condori Carbajal y a todos mis compañeros en general que fueron mi apoyo moral, mi fuerza y mi aliento en todo momento de la carrera Universitaria, que con sus alegrías y nostalgias compartidas, recuerdos gratos que fueron hoy parte importante de mi vida. A todos aquellos mil gracias. Nada hubiera sido lo mismo sin ustedes. Siempre los llevare en mis pensamientos.

## AGRADECIMIENTOS

Mi sincero agradecimiento:

A la Universidad Nacional del Altiplano Puno, en especial a la facultad de Medicina Veterinaria Y Zootecnia, por haber tenido la maravillosa oportunidad de estudiar y aprender en sus aulas, lugar donde pasaron las experiencias más agradables y extraordinarios de mi juventud.

Al centro de investigación y producción CIP- La raya dependencia de la facultad de medicina veterinaria y zootecnia de la Universidad Nacional del Altiplano Puno y al director del CIP- La raya, Dr. Juan Guido Medina Suca y al personal que labora en dicho centro, por haberme brindado el apoyo para culminar la ejecución del presente estudio.

Al laboratorio de nutrición animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia en especial al Ph. D. Bernardo Roque Huanca y a todo el personal que labora en dicho laboratorio.

Al Ph.D. José Luis Bautista Pampa, por brindarme la oportunidad de realizar un trabajo de investigación y su apoyo, sugerencias y críticas para la culminación de este proyecto. Con mi más sincero reconocimiento por su acertado reconocimiento como director me ha brindado todo el apoyo incondicional para la elaboración y ejecución del presente trabajo de investigación.

## RESUMEN

El estudio, fue realizado en el Centro de Investigacion y Produccion, La Raya de la Universidad Nacional del Altiplano, ubicado en el Distrito Santa Rosa, provincia Melgar, Región Puno, a una altitud de 4200 m. El objetivo fue determinar las pérdidas de nitrógeno endógeno: nitrógeno metabólico fecal (NMF), nitrógeno endógeno urinario (NEU) y nitrógeno endógeno dérmico (NED) en llamas hembras de un año de edad. El estudio, se realizó mediante el metabolismo proteico, en jaulas metabólicas para la digestibilidad *in vivo*; en base a tres dietas con niveles de 4, 6, 8 % de proteína cruda, con forrajes: paja de avena (*Avena sativa*), ichu (*Stipa Ichu*), heno de alfalfa (*Medicago sativa*) y suplementadas con minerales y vitaminas. Se utilizaron tres llamas en crecimiento de un año de edad, se registraron pesos vivos de llamas al inicio y al final del experimento/etapa. Los animales experimentales fueron confinados en jaulas, para la colección de heces, orina y perdidas dérmicas, con dos periodos en cada una de las tres etapas, siete días de acostumbamiento y siete días de colección de excretas. El cálculo de nitrógeno metabólico fecal, fue por regresión lineal entre el nitrógeno consumido (X) y nitrógeno de heces (Y) por extrapolación a cero de Nitrogeno consumido (X=0), el nitrógeno endógeno dermico, fue medida por regresión lineal entre el nitrógeno consumido (X) y el nitrógeno urinario (Y) por extrapolación a cero de Nitrogeno consumido (X=0), el cálculo de Nitrogeno endógeno dérmico, fue medida por regresión lineal entre el Nitrogeno consumido (X) y el nitrógeno de pérdidas cutáneas (Y) por extrapolación a cero de Nitrogeno consumido (x=0). Los resultados para el nitrógeno metabólico fecal (NMF) fue 5.993 g/d ( $0.217g/W_{kg}^{0.75}$ ), el nitrógeno endógeno urinario (NEU) fue 0.744 g/d ( $0.0272g/W_{kg}^{0.75}$ ) y el nitrógeno endógeno dérmico (NED) fue 0.082 g/d ( $0.0028g/W_{kg}^{0.75}$ ), al final se concluye que las perdidas totales de nitrógeno endógeno es 6.819 g/d ( $0.247g/kgW^{0.75}$ ).

**PALABRAS CLAVE:** Llama, nitrógeno metabólico fecal, nitrógeno endógeno urinario, nitrógeno endogeno dérmico.

## ABSTRACT

The study was conducted at the Center for Research and Production,, La Raya of the Universidad Nacional del Altiplano, located in the Santa Rosa District, Melgar province, Puno Region, at an altitude of 4200 m. The objective was to determine the losses of endogenous nitrogen: fecal metabolic nitrogen (NMF), endogenous urinary nitrogen (NEU) and endogenous dermal nitrogen (NED) in female Llamas aged 1 year. The study was performed using nitrogen balance in metabolic cages for in vivo digestibility; (Avena sativa), ichu (Stipa lchu), alfalfa hay (Medicago sativa) and supplemented with minerals and vitamins. Three Llamas in one year of age were used, live weights of flames were recorded at the beginning and at the end of the experiment / stage. The experimental animals were confined in cages for collection of feces, urine and dermal losses, with two periods in each of the three stages, seven days of accustomed and seven days of collection of excreta. The calculation of fecal metabolic nitrogen was by linear regression between the consumed nitrogen (X) and feces nitrogen (Y) by zero extrapolation of consumed Nitrogen (X = 0), the endogenous dermal nitrogen, was measured by linear regression between the (X) and urinary nitrogen (Y) by zero extrapolation of consumed Nitrogen (X = 0), the calculation of dermal endogenous Nitrogen was measured by linear regression between the consumed Nitrogen (X) and the nitrogen of cutaneous losses (Y) by zero extrapolation of consumed Nitrogen (x = 0). The results for fecal metabolic nitrogen (MFN) were 5,993 g / d (0.217g / Wkg0.75), endogenous urinary nitrogen (NEU) was 0.744 g / d (0.0272g / Wkg0.75) and endogenous dermal nitrogen ( NED) was 0.082 g / d (0.0028g / Wkg0.75), it is concluded that the total losses of endogenous nitrogen is 6,819 g / d (0.247g / kgW0.75).

**Key words:** Llama, fecal metabolic nitrogen, endogenous urinary nitrogen, dermal nitrogen.

## I. INTRODUCCIÓN

Los Camélidos Sudamericanos (CSA), entre ellos la Llama, constituyen un recurso genético de gran importancia social, económica, cultural y científica para los países de la Región Andina. Son fuente de fibra, carne, y de muchos productos que son indispensables para la subsistencia de un amplio sector de la población alto andina, destacándose su eficiencia en el uso de la tierra en un ambiente adverso. El rol de los camélidos sudamericanos es de gran importancia en las poblaciones asentadas en las zonas alto-andinas, por ser un medio de carga y transporte, por su fibra para vestimenta, la carne como fuente de proteína, los excrementos como combustible y fertilizante. Se estima que el 90% de las alpacas y la totalidad de las llamas se encuentra en manos de pequeños productores de subsistencia de estos asentamientos (FAO, 2005).

La alimentación de las llamas en el Altiplano peruano se realiza en forma tradicional, dependiendo casi exclusivamente de la vegetación natural, sin el conocimiento preciso de las pérdidas totales de nitrógeno endógeno y por ende de sus requerimientos de proteína, lo cual conlleva a errores por deficiencias o excesos cuyas consecuencias se manifiestan en la productividad y la salud ambiental. Un deficiente manejo limita la expresión del potencial genético de esta especie, mientras que un balance excesivo de nitrógeno puede afectar los costos en la alimentación y generar una excesiva excreción de nitrógeno, siendo este, uno de los principales nutrientes que son componentes mayoritarios de los productos mencionados que da origen a diferentes proteínas y éstas a su vez en el organismo, cumplen muchas funciones que las otras biomoléculas como son: glúcidos, lípidos, vitaminas y ácidos nucleicos.

La importancia radica en que no se conoce las pérdidas totales endógenas de nitrógeno por lo tanto los requerimientos nutricionales en Llamas en cuanto a proteína para lo cual se requiere contar con los valores de pérdidas de nitrógeno endógeno en sus diferentes estados fisiológicos como son: llamas en crecimiento (crías, ancutas de uno o dos años), hembras adultas (vacías y gestantes), machos reproductores y llamas para engorde; para así determinar los requerimientos de proteína, es de capital importancia evaluar y cuantificar las pérdidas fisiológicas endógenas de los camélidos sudamericanos domésticos: alpacas y llamas; con estas variables o parámetros con respuesta del animal se podrá en el futuro cercano desarrollar una crianza o explotación de esta especie animal con mucha eficacia, en el manejo de los animales para obtener productos como la carne y piel de llamas al mínimo costo, así mismo se minimizaría la contaminación ambiental.

Por las consideraciones expuestas al respecto, se debe generar conocimientos, mediante el desarrollo de trabajos de investigación básica y aplicada en la crianza de llamas..

## **1.1. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.1.1. Problema.**

El principal problema en la crianza de Llamas es la baja producción y productividad en las zonas alto andinas del Perú, se debe a la pobre alimentación y por ende una deficiencia nutricional ya que esta especie constituyen la principal fuente de ingresos económicos de las familias comuneras, que es sumamente lento y sometido a diversos riesgos por la ausencia de conocimientos accesibles a los pobladores de la

zona. Para superar este problema es necesario el conocimiento de las pérdidas totales de nitrógeno endógeno para posteriormente conocer los requerimientos de proteína de esta especie.

El trabajo realizado por Huasasquiche (1974), mediante la técnica del balance de nitrógeno, determinó la pérdida parcial de nitrógeno concerniente al nitrógeno metabólico fecal de 0.66g por cada 100g de materia seca consumida y nitrógeno endógeno urinario de 0.70g de nitrógeno en 24 horas, y no determinó otras pérdidas como la pérdida superficial de nitrógeno (descamaciones de la piel, pezuñas, etc.); con los cuales se determinó el requerimiento de nitrógeno digerible y proteína digerible para mantenimiento y fue de 0.38 y 2.38  $g/W_{kg}^{0.75}$  respectivamente. Bautista (2009), determinó los requerimientos de proteína cruda de mantenimiento que fue 3.10  $g/W_{kg}^{0.75}$  y de crecimiento 0.40g de ganancia de peso para alpacas de 1.5 años de edad alimentados con heno de avena y alfalfa, en la cual utiliza los valores mínimos de 4.0g de nitrógeno metabólico fecal por kg de materia seca ingerida y el factor K de 150 para calcular el nitrógeno endógeno urinario (Bondi y Drori, 1989). Así mismo NRC (2007), estimó los requerimientos de proteína total de camélidos sudamericanos domésticos utilizando datos de las pérdidas totales de nitrógeno provenientes de nitrógeno de ovinos, caprinos y bovinos. Vale decir que hasta el momento no se cuenta con datos de pérdida de nitrógeno en Llamas.

## 1.2. OBJETIVOS.

### 1.2.1. Objetivo general

- ✓ Determinar las pérdidas de nitrógeno endógeno en llamas hembras de un año de edad.

### 1.2.2. Objetivos específicos

- ✓ Determinar el nitrógeno metabólico fecal (NMF)
- ✓ Determinar el nitrógeno endógeno urinario (NEU)
- ✓ Determinar el nitrógeno endógeno dérmico (NED)



## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Nitrógeno

Es el componente principal de la proteína total, al determinar el porcentaje de nitrógeno de un forraje - alimento y multiplicado por el factor 6.25 ( $100/16 = 6.25$ , indica que cada 100 g de proteína contiene 16 % de nitrógeno, estos valores varían en diferentes forrajes o alimentos; de esta manera se obtiene el valor de la proteína total (Maynard *et al.*, 1992).

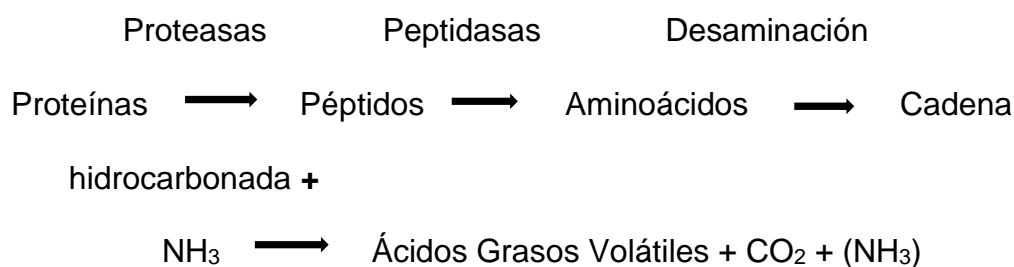
### 2.2. Las proteínas

Las proteínas son los principales constituyentes del cuerpo animal y esencial para la recuperación celular y procesos de síntesis. La deficiencia proteica en la dieta conlleva aun agotamiento de las reservas en la sangre, hígado y musculo, predisponiendo al animal a una variedad de cuadros muchos de ellos fatales. Niveles inferiores al 6% de proteína cruda en la dieta, determina una reducción en el consumo, el cual a su vez conduciría a una deficiencia de energía y proteínas, esta deficiencia posteriormente reduce la función del rumen y disminuye la eficiencia de utilización de los nutrientes. Deficiencias de proteínas por periodos largos condiciona a retardos en el crecimiento fetal, bajos de peso al nacimiento, afecta el crecimiento de animales jóvenes y deprime la producción láctea (Fernandes, 1991).

### 2.3. Degradabilidad de la Proteína

Aproximadamente el 40 % de las bacterias del rumen tienen actividad proteolítica. Las proteasas de las bacterias del rumen están ligadas a las

células, pero se localizan en la superficie celular, de modo que tienen libre acceso al sustrato. Los protozoarios existentes en el rumen están equipados con potentes proteasas intracelulares. Los hongos presentes en el rumen forman enzimas (proteínas con alta actividad catalítica) muy variadas que hidrolizan proteínas, diferentes tipos de polisacáridos, lípidos, ácidos nucleicos, etc. Estas enzimas proteolíticas microbianas operan a un pH óptimo de 6 - 7. Las proteínas se degradan por los microorganismos del rumen de acuerdo con las etapas siguientes, que conducen finalmente a la producción de amoníaco, ácidos grasos volátiles y dióxido de carbono:



La mayor parte de los ácidos grasos volátiles: acético, propiónico y butírico, presentes en el rumen, se forman por degradación de los aminoácidos como la cisteína, ácido glutámico y serina, conduce a ácido pirúvico, que se transforma en los ácidos acético, propiónico y butírico (Bondi y Drori, 1989).

Se ha demostrado que 80 % de las especies de bacterias existentes en el rumen pueden utilizar el amonio como única fuente de nitrógeno para crecimiento, mientras que el 26 % lo requiere en forma absoluta y 55 % puede utilizar ya sea amonio o aminoácidos. Algunas especies pueden también aprovechar los péptidos. Los protozoarios no pueden utilizar el amonio, pero derivan su nitrógeno de las bacterias y de las partículas de

alimento que ingieren. La ingesta que pasa hacia el intestino delgado, contiene del alimento que no ha sido degradada, así como las células bacterianas y protozoarios. En el intestino delgado, la degradación enzimática propio de los animales, produce aminoácidos a partir quimo y de las secreciones endógenas. Éstos a su vez son absorbidos por la circulación portal de una manera similar a los no rumiantes (Maynard *et al.*, 1992). El intestino grueso (ciego y colon) reciben todo lo que no fue digerido en el intestino delgado, además de urea de la sangre, y, como resultado de la acción microbiana mantienen una activa fermentación.

#### **2.4. Nitrógeno metabólico fecal**

La proteína microbial sintetizada en el rumen, la proteína del alimento no degradada en el rumen y la proteína endógena, contribuyen al paso de proteína metabolizable al intestino delgado. Las fuentes de proteína endógena que pueden contribuir a la proteína duodenal incluyen: 1) mucoproteínas en la saliva, 2) células epiteliales del aparato respiratorio, 3) células y restos de células de la boca, esófago, retículo-rumen, omaso y abomaso, y 4) secreciones enzimáticas del tubo digestivo. Probablemente, las tres primeras fracciones son degradadas por los microorganismos ruminales y no llegan al duodeno. La contribución de las restantes fracciones al conjunto de proteína presente en duodeno es importante y se expresa en forma proporcional al consumo de materia seca. Esta fracción proteica es una pérdida parcialmente compensada porque es redigerida en el intestino delgado y se incorpora al conjunto de proteína metabolizable (NRC, 2001). El nitrógeno metabólico fecal (NMF)

consta de bacterias y componentes de bacterias sintetizadas en el intestino grueso (ciego), células queratinizadas, residuos de enzimas digestivas y otros compuestos. La estimación del nitrógeno metabólico fecal (NMF), es difícil de obtener cuando se usan dietas libres de nitrógeno (García, 1992). La cantidad de NMF suele expresarse en función de la materia seca ingerida. La cantidad de NMF es de 4 – 6 g/kg materia seca consumida en rumiantes adultos (Bondi y Drori, 1989).

Titus (1927), introdujo una técnica con novillos que implicaba graficar el nitrógeno total ingerido como una función del nitrógeno total excretado en las heces mediante el uso de raciones que variaban en su contenido proteico, pero manteniendo constante la ingesta de alimento. La línea recta obtenida se extrapolaba al punto cero (0) de ingesta de proteína, y llegaba a estimar la excreción de NMF para ese nivel de ingesta de alimento. Como resultado de este y de otros estudios, obtuvo un valor que oscilaba de 0.545 a 0.576 g de nitrógeno por 100 g de materia seca ingerida (alrededor de 5 mg por gramo). Esto es más del doble que el valor para las ratas, lo que parece lógico ya que tanto los residuos microbianos como la descamación intestinal, supuestamente, son mayores en rumiantes.

Trabajos sobre exigencias netas de proteína para mantenimiento y ganancia de peso en cabritos Saanen en crecimiento obtuvo las pérdidas NMF de N, fue de  $211 \text{ mg}^{0.75}/\text{d}$ , correspondiendo a exigencia neta de proteína de  $1,32 \text{ g/Kg}^{0.75}$  de N. Los valores de exigencia para proteína metabolizable, digestible y cruda para mantenimiento fueron de 1,32; 2,50 y  $4,32 \text{ g/kg}^{0.75}/\text{d}$ , respectivamente. Las exigencias netas de proteína para

ganancia en peso fueron de 0,181 a 0,184 g/g/ de ganancia de peso vivo, para animales de 5 2 20 kg de PV (Medeiros *et al.*, 1998).

Las relaciones entre las características de la dieta y las pérdidas de nitrógeno fecal y urinario fueron examinadas utilizando datos de 25 raciones suministradas a ovejas merinas. El NMF variaron desde 153 hasta 280 mg/Kg  $W^{0.75}$ , cada vez mayor ( $P < 0,05$ ) con niveles crecientes de materia orgánica digestible ( $r = 0.96$ ). El NEU mostraron el comportamiento contrario, con una disminución de 181 a 76 mg/kg  $W^{0.75}$ , lo que podría ser atribuible al reciclaje de urea en el tubo digestivo. El nitrógeno endógena total se mantuvo relativamente constante, lo cual indica que las heces y la orina son vías para la excreción de los compuestos de nitrógeno reciclables (Giraldez *et al.*, 1997). Así Bautista (2009), reporta en alpacas de 1.5 años de edad, nitrógeno metabólico fecal (NMF) fue de 3.1 g/d. Recientemente Bautista (2015), determino las pérdidas de nitrógeno en alpacas de 1.5 años de edad, cuyos valores fueron para NMF de 11.78 g/d, y Ramirez *et al.* (2015), realizaron estudios sobre las pérdidas de nitrógeno en alpacas de 15 meses de edad en mantenimiento de peso vivo (sin ganancia de peso vivo) y obtuvieron para NMF 0.4128g/100g de MSC (materia seca consumida)/d (0.0911 g/Kg  $W^{0.75}$ /d).

## 2.5. Nitrógeno endógeno urinario

Existe un catabolismo nitrogenado esencial mínimo debido al mantenimiento de los procesos vitales del organismo, como es el caso de la energía. Este catabolismo se mide como la excreción urinaria mínima bajo la dieta libre de nitrógeno y con una energía adecuada, llamándose

nitrógeno endógeno urinario (NEU). Una vez instaurado un régimen libre de nitrógeno, el nitrógeno urinario disminuye gradualmente. Cuando se ha llegado a post-absorción respecto a la proteína existen aún “depósitos proteicos” que se deben eliminar, al menos en parte, antes de alcanzar el valor endógeno mínimo. Por lo tanto, mientras mayor haya sido el nivel nutricional previo, más grande será la reserva proteica, y más prolongado el tiempo para alcanzar el nivel mínimo. En la rata este estado puede alcanzarse en una semana si inicialmente se había alimentado con una dieta previa elevada en proteínas. El NEU mínimo es el menor desperdicio nitrogenado que produce el organismo (Maynard *et al.*, 1992).

Para poder llegar al verdadero del NEU, es necesario que el animal reciba una dieta adecuada en energía, pues de otra manera el NEU excretado puede incluir alguna proteína corporal que fue degradada para promover energía, y sería mayor del valor representativo del catabolismo nitrogenado esencial mínimo. Aún cuando en teoría la medición del metabolismo del NEU mínimo parece sencillo, en la práctica es difícil obtener valores dignos de confianza, en particular con ciertas especies. Con frecuencia no solo es variable sino que también insume mucho tiempo llegar a lo que puede ser considerado como un valor mínimo constante, y, a menudo es imposible conseguir que los animales consuman lo suficiente de una dieta libre de nitrógeno durante periodos prolongados. Cualquier variación apreciable en la ingesta de una dieta de este tipo anula la validez de los resultados. Brody *et al.* (1934) confirmaron que el nitrógeno endógeno urinario en animales adultos está relacionado

con el peso corporal metabólico por la misma potencia que el metabolismo basal, tal como se indica en la formula siguiente:

$$\text{NEU mg/d} = 146 W_{\text{kg}}^{0.75}$$

Teóricamente, las necesidades proteicas de mantenimiento son la suma de las cantidades de nitrógeno excretadas en la orina y en las heces por los animales que reciben raciones libres de nitrógeno que, por otra parte, proporcionan energía, minerales y vitaminas al nivel de mantenimiento. La razón para el empleo de raciones libres de nitrógeno es eliminar la presencia de: a) nitrógeno correspondiente al alimento no digerido en las heces, y b) nitrógeno del alimento digerido y absorbido, excretado en la orina. Tras el suministro de la dieta libre de nitrógeno, se requiere un periodo de tiempo para que los animales reduzcan la excreción de nitrógeno al mínimo. Debe proporcionarse energía para el mantenimiento ya que, en condiciones de ayuno, se movilizaría la proteína corporal para aportar energía, con lo que aumentaría la excreción urinaria de nitrógeno. Por tanto, las condiciones ideales para la determinación de las necesidades proteicas para el mantenimiento, requieren que la excreción urinaria de nitrógeno sea mínima. Este nitrógeno es de origen endógeno es decir, los precursores inmediatos son los componentes tisulares y no los alimentos. Se ha comprobado experimentalmente que la excreción urinaria mínima de nitrógeno (MUN) (Bondi y Drori, 1989) o es lo mismo nitrógeno endógeno urinario (NEU) (Maynard *et al.*, 1992), es proporcional

al peso metabólico y no al peso vivo. Por consiguiente, MUN (NEU) puede expresarse mediante la ecuación:

$$\text{MUN mg/d} = k \cdot W^{0.73}$$

Donde,  $W$  es el peso vivo en kg, MUN se expresa en mg y  $k$  es un factor que depende del animal. En esta ecuación, el valor de  $k$  varía de 80 a 200 para las diferentes especies y clases de animales. Se han propuesto cifras medias de 120 para el ganado vacuno adulto y 190 para terneros jóvenes. El NEU, es análogo al metabolismo basal, se ha encontrado que la cantidad de nitrógeno excretado está en función del peso metabólico del animal y que se excretan 300 a 400 mg de N por cada unidad de peso metabólico (Orscov, 1988). La expresión del NEU será:

$$\text{NEU mg/d} = 350 \cdot W \text{kg}^{0.75}, \text{ donde } W \text{ es peso vivo en kg.}$$

La urea presente en el plasma también se elimina por vía renal: más del 60 % de la urea plasmática es eliminada vía renal, y esta cantidad representa aproximadamente el 85 % del nitrógeno urinario. La eliminación renal es también la vía principal de los compuestos nitrogenados no ureicos. Aproximadamente el 98 % de la alantoína presente en la orina deriva del catabolismo de las purinas microbianas. La creatinina y la metil-histidina se encuentra en una concentración media de 6 y 0.7 mg por kg de peso vivo, respectivamente (Martinez, 2002).

Trabajos sobre pérdidas de nitrógeno de la alpaca son muy escasos, así Bautista (2009), reporta en alpacas de 1.5 años de edad nitrógeno



endógeno urinario (NEU) 1.5 g/d; estos valores fueron utilizados para determinar los requerimientos de proteína cruda para mantenimiento y requerimiento de proteína cruda total. y Ramirez *et al.* (2015), realizaron estudios sobre las pérdidas de nitrógeno en alpacas de 15 meses de edad en mantenimiento de peso vivo (sin ganancia de peso vivo) y obtuvieron para NEU de  $0.2347\text{g/kg } W^{0.75}/\text{d}$ .

## 2.6. Nitrógeno endógeno dérmico

Las pérdidas de nitrógeno cutáneas o dérmicas (NED) y también las necesarias para el “crecimiento adulto” se refiere al crecimiento y renovación del pelo, lana, fibra, uñas, pezuñas, cascos, plumas, descamación de la piel, secreciones de glándulas sebáceas y otros tejidos epidérmicos (Cañas, 1998 y Martínez, 2002), proceso que continua a través de toda la vida, a pesar de que el consumo proteico no sea adecuado para el mantenimiento del cuerpo en su conjunto (NRC, 2001). Como ejemplo extremo se cita el hallazgo de Mitchell *et al.* (1931), quienes descubrieron que los ovinos alimentados con una dieta inadecuada durante 200 días se encontraban continuamente en un balance nitrogenado y energético negativo. No obstante, se producía un crecimiento apreciable de la lana y su contenido de proteína era normal. Este crecimiento de la lana representó un aumento de 0.014 kg de proteína por día en el vellón por 100 kg de peso vivo, proporción cercana a lo normal que se logró a expensas de la destrucción de otros tejidos proteicos del cuerpo.

Las necesidades proteicas para reemplazar el nitrógeno perdido en la caspa (sudor, pelos, y demás perdidas queratinosas) y para la producción de lana, también dependen del peso metabólico. Por razones prácticas, es conveniente tenerlos en cuenta como parte de las necesidades de mantenimiento, a pesar de que la lana es un producto útil y no un producto de desecho; el valor “k” en la ecuación:  $MUN = k.W^{0.73}$  (W es el peso vivo en kg, MUN es la excreción urinaria mínima de nitrógeno, se expresa en mg y k es un factor que depende del animal) debe ajustarse para incluir la caspa y la lana. Los incrementos aproximados para k en relación con las pérdidas de nitrógeno en la caspa y para la producción de lana, son de 20 y 50, respectivamente. Para mejor presentación y comprensión de la ecuación anterior denominaremos la excreción de nitrógeno dérmico (ND):

$$ND = k.W^{0.73}$$

Las pérdidas de nitrógeno del pelo y descamaciones epiteliales, en el caso de ganado, obtenidas en una estimación de  $0,02 W_{kg}^{0.73}$  g de nitrógeno por día, y por las pérdidas por crecimiento del vellón los ovinos adultos, variaron de 0.6 g de nitrógeno por día para las diferentes razas (Maynard *et al.*, 1992).

Ramirez *et al.* (2015), realizaron estudios sobre las pérdidas de nitrógeno en alpacas de 15 meses de edad en mantenimiento de peso vivo (sin ganancia de peso vivo) y obtuvieron para nitrógeno dérmico (ND) fue  $0.0025 \text{ g/kg } W^{0.75}/d$ .

## 2.7. Técnicas de determinación de nitrógeno metabólico fecal

Las heces no se componen exclusivamente de restos no digeridos de los alimentos, si no que incluye sustancias procedentes de los tejidos de los organismos (células intestinales desprendidas, jugos digestivos, y microorganismos del intestino).

### a.- La técnica dieta no proteica

Es la más fácil y más utilizada. Por tanto, el NMF, NEU y ND pueden determinarse durante un periodo especial de recogida de heces, orina (Bondi y Drori, 1989) y descamaciones epidérmicas: pelos, lana, fibra, fragmento de uñas, pezuñas, etc. (Ramírez, 2015) respectivamente; en el que se suministra una dieta libre de nitrógeno, pero que contiene la misma cantidad de materia seca que la ración en estudio. Puesto que los animales no pueden sobrevivir consumiendo raciones carentes de nitrógeno, lo normal es suministrar a los animales raciones con cantidades mínimas de nitrógeno de forma que puede extrapolarse una línea de regresión para una ingestión cero (0) de nitrógeno y calcular así las excreción o pérdidas de NMF, NEU y ND.

Los cálculos de rutina de la cantidad de NMF excretado puede realizarse sobre la base siguiente: para los animales que consumen raciones de bajo contenido de materia indigestible (por ejemplo rata, perro, cerdo y hombre), el nitrógeno metabólico fecal representa por término medio a 0.20 – 0.25 g/100 g de materia seca consumida, y para los rumiantes el NMF es por término medio, 0.5 – 0.6 g/100 g de materia seca consumida. Estos valores equivalen aproximadamente al 4 % (rango de 3 a 4 %) de la proteína en la ración, de modo que los

coeficientes de digestibilidad aparente para la proteína son negativos para las raciones de los rumiantes que contienen menos del 4 % de proteína (Bondi y Drori, 1989).

#### **b.- Técnicas de recolección del contenido intestinal**

Se utiliza generalmente cánulas, es decir tubos en silicona que permiten un acceso permanente a la luz intestinal. Existen diferentes tipos que presentan ventajas y desventajas. Los modelos que no permiten una recolección total del contenido intestinal necesitan la presencia de un marcador indigerible en la dieta, para que se pueda estimar el flujo de materia al íleon. Sin embargo, estas cánulas pueden taparse cuando el animal ingiere gran cantidad de fibras de los forrajes. En este caso, se prefiere la anastomosis íleo-rectal que consiste en unir el íleon con el recto ligándolos, de tal manera que la materia recogida en el ano viene del intestino delgado. Con esta técnica solo es posible determinar el NMF (Leterme, 2001).

#### **c.- Técnicas del flujo de proteínas endógenas marcadas**

La única manera de hacer la distinción entre proteínas alimenticias y endógenas es de marcar una de las dos fuentes con un isótopo de nitrógeno estable (N), y de medir la dilución isotópica en el contenido intestinal. Por ejemplo, si se marca las proteínas de la dieta, y si estas últimas contienen 1 % de N mientras que el contenido intestinal contiene 0.6 %, se puede considerar que la proporción de proteínas alimenticias en las proteínas totales del contenido es de 60 %. También se puede marcar las secreciones por perfusión de un aminoácido (leucina) marcado con N en la sangre de los cerdos. El

aminoácido se incorporara en todas las secreciones. Cuando se alcanza un equilibrio de marcación, se mide la concentración en N de las secreciones y de los contenidos digestivos. Como no es posible aislar las secreciones digestivas, se utiliza como testigo, la concentración en N de los aminoácidos libres de la sangre, considerados como el pool precursor de las secreciones. La ventaja de la técnica es que se puede determinar las pérdidas endógenas de NMF causadas por cualquier materia prima. Sin embargo, la técnica da solamente resultados por el N total y no por los aminoácidos. Además, se desconoce la validez de representatividad de la leucina frente a los otros aminoácidos. Debido a todas las fuentes de impresión citadas, se estima que el método sobreestima el flujo endógeno a nivel de íleon. Las proteínas de los alimentos se marcan por tratamiento de las plantas con un fertilizante N. La principal ventaja de la técnica es que cada aminoácido está marcado con N, lo que permite una distinción entre las fracciones endógenas y alimenticias de cada aminoácido. Sin embargo, su utilización está limitada en el tiempo, debido al rápido reciclaje del N de las proteínas del alimento en las secreciones digestivas. Además, es difícil marcar algunos alimentos como subproductos de la agroindustria o las harinas de origen animal. Debido al rápido reciclaje del N alimenticio en las secreciones, el método subestima las pérdidas endógenas (Leterme, 2001).

## 2.8. Determinación de nitrógeno y proteína

En 1883, el investigador Danés, Johan Kjeldahl desarrolló el proceso básico del conocido método actual de análisis de proteína por el método kjeldahl, más propiamente, para analizar nitrógeno orgánico. En esta técnica se digieren las proteínas y otros componentes orgánicos de los alimentos en una mezcla con ácido sulfúrico en presencia de catalizadores. El nitrógeno orgánico total es convertido en sulfato de amonio. La mezcla digerida se neutraliza con una base y se destila posteriormente en una solución de ácido bórico. Los aniones del borato así formados se titulan con HCL estandarizado, lo cual se convierte en el nitrógeno de la muestra.

El resultado del análisis representa el contenido de proteína cruda del alimento ya que el nitrógeno también proviene de componentes no proteicos. Este método ha sufrido varias modificaciones. Así, kjeldahl usó originalmente permanganato de potasio para llevar a cabo el proceso de oxidación, sin embargo, los resultados no fueron satisfactorios, de manera que este reactivo se descartó., en 1885 Wilforth encontró que se podía acelerar la digestión con el ácido sulfúrico añadiendo algunos catalizadores. Gunning en 1889 sugirió la adición de sulfato de potasio para elevar el punto de ebullición de la mezcla de la digestión para acortar la reacción. Por lo tanto, el procedimiento de esta técnica es más correctamente conocida como el método Kjeldahl, Wilforth, Gunning (A.O.A.C. 1996).

$$\% N = \frac{\text{Gasto mL H}_2\text{SO}_4 * \text{Normalidad H}_2\text{SO}_4 * \text{mEq N}}{\text{Muestra, g}} * 100$$

$$\% \text{Proteína total} = \%N * 6.25$$

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Lugar

El presente trabajo se realizó en el Centro de Investigación y producción “La Raya” de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia UNA-PUNO, ubicado en el Distrito de Santa Rosa, Provincia Melgar, Región Puno, a una altitud de 4200 m.s.n.m. y entre las coordenadas geográficas 10° 13' 13" de latitud sur y entre 20° 57' 12" de longitud oeste ;correspondiente a la zona agroecológica de zona húmeda, con clima tipo semiseco y frio donde las temperaturas varían entre de 4.5 a 18°C con una precipitación pluvial de 932 mm/año, con vías de acceso el ferrocarril y la vía asfaltada Puno-Cusco, con una superficie de 5095.87 KM, entre los meses de octubre a diciembre del año 2016. Los análisis químicos se realizaron en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional del Altiplano

#### 3.2. Materiales y equipos

##### **Materiales para la alimentación.**

- Comederos.
- Bebederos.
- Baldés.
- Sacos de polietileno.

##### **Materiales de colección.**

- Dispositivos de colección de heces, orina y descamaciones dérmicas.



- Botellas de 2 Lt.
- Bolsas de plástico.
- Escobas de limpieza.
- canastillas de secado de heces.

**Materiales de medición.**

- Balanza de 500 y 3kg.
- Probetas de 50 y 1000 mL.
- Material de escritorio.
- Calculadora científica.
- Bolsa de papel.

**Materiales de laboratorio.**

- Balones kjeldahl x 100ml.
- Matraces de 50 y 250ml.
- Frasco lavador x 500ml.
- Pipetas.
- Fiola de 1 Lt.
- Vasos de precipitación.
- Balanza analítica.

**Equipos:**

- Estufa.
- Balanza analítica.
- Balanza digital.

- Digestor, destilador y titulador kjeldahl (bureta 50 ml.).
- Cocina eléctrica.
- Molino manual.
- Refrigeradora.

**Bomba de calorimetría:**

- Agitador.
- Bomba de oxígeno.
- Jacket (chaqueta).
- Bucket (balde).
- Termómetro de platino.
- Alambre de ignición
- Tapa de jacket.

**Reactivos:**

- Hidróxido de sodio, NaOH al 50%.
- Ácido sulfúrico, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.
- Ácido bórico, H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> al 2%.
- Agua destilada.
- Rojo de metileno.
- Azul de metileno.
- Alcohol absoluto.

**Forrajes:**

- Heno de alfalfa.

- Paja de avena.
- Paja de ichu.

**Suplemento:**

- Vitaminas y minerales comercial <sup>R</sup>.

**Materiales de construcción:**

- Listones de madera.
- Cintas de madera.
- Pernos.
- Taladro.
- Serrucho..
- Clavos.
- Pegamento.
- Martillo.
- Tachuelas.
- Material de polietileno.
- Alambre.
- Malla de alambre.
- Agujas.
- Lona para piso.
- Alicates.
- Pabilo.
- Pala

### 3.3. METODOLOGÍA

#### 3.3.1. Instalaciones

Se construyeron 3 jaulas metabólicas para determinar la digestibilidad, balance y colección de pérdidas de nitrógeno. Se armaron con soportes de troncos y maderas, fijados con pernos metálicos y clavos, techo de calamina, piso de madera de 0.50 metros de ancho y 1.5 metros de largo suspendidos a 60 cm de altura (Foto 1 y 2), además cada jaula tenía dos puertas: una puerta delantera por donde se acondicionaron comederos, bebederos y también se colectaba el alimento rechazado y una puerta posterior (Foto 3 y 4) por donde ingresaban los animales y se colectaban las pérdidas dérmicas. Estas jaulas individuales fueron cubiertas con material marroqui para el piso y polietileno para los laterales. Para la colección de heces y orina se acondicionó a la parte posterior de jaulas el dispositivo colector de heces y orina de 50 cm de ancho por 60 cm de largo, conformado por: parrilla de soporte, parrilla colector de heces, embudo colector de orina, recipiente almacenador de orina (botella) y tapa delantera (foto 5, 6 y 7).

#### 3.3.2. Forrajes

Se utilizaron alimentos como: Ichu (*Stipa ichu*), paja de Avena (*Avena sativa*), heno de Alfalfa (*Medicago sativa*), todos los forrajes en estado fenológico maduro. Para obtener resultados de la energía bruta de los forrajes se sometieron a la bomba de calorimetría; en este equipo se quemó muestras de forraje de peso conocido bajo condiciones controladas, donde se registraron las

temperaturas al inicio y al final de la ignición haciendo algunas correcciones. En (Anexo, tabla 05), se muestra el contenido de la composición de la proteína cruda de los alimentos utilizados en la preparación de la mezcla en las dietas experimentales.

### **3.3.3. Dieta experimental**

Se prepararon mezclas de dietas, a base de paja de avena, Ichu (con finalidad de estandarizar la energía metabolizable, con tres (3) niveles de proteína cruda (PC): 4, 6 y 8 %, más la suplementación de minerales para evitar deficiencias (Anexo, tabla 06). En la ración experimental, se consideró el requerimiento de energía metabolizable de mantenimiento de 75.2 Kcal/KgW<sup>0.75</sup> y energía metabolizable de ganancia de peso de 12.4 Kcal/g de ganancia de peso vivo (Roque, 2009)

### **3.3.4. Animales**

Se utilizaron 3 llamas hembras de un año de edad, clínicamente sanos, de un solo hato, con un peso promedio de 80.867 Kg de peso vivo, procedente del CIP La Raya, de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNA-Puno.

### **3.3.5. Manejo de los animales durante el experimento**

**a) El primer periodo,** de acostumbramiento de las llamas a la alimentación con las dietas: 4, 6 y 8 % de PC; se realizó desde el primer día, en forma individual, por un periodo de 07 días con la finalidad de vaciar la digesta anterior y acostumbrarlo al nuevo ambiente, y al personal. La cantidad de la dieta será calculada en

base al porcentaje promedio de peso vivo (PV) de las llamas (rango de 1.8 a 2.8 % de PV).

b) **Segundo periodo**, se realizó el trabajo experimental, los animales fueron confinados en las jaulas metabólicas, en donde se alimentaron durante siete días con la misma dieta por llama/etapa, y se midieron el consumo de alimento (ofrecido menos rechazado), la colección cuantitativa de las heces, orina y pérdidas dérmicas (fibras, fragmentos de pezuñas, descamaciones epiteliales dérmicas y glándulas sebáceas). Estos dos periodos se repitieron en las tres (03) etapas del experimento. La colección de heces, orina y pérdidas dérmicas se realizó una vez al día (6 a 7 a.m.) antes de suministrar la dieta. Al inicio y al final de cada etapa se registraron los pesos de los animales.

### **3.3.6. Determinación de la pérdida total de nitrógeno**

Para la medición de pérdidas de nitrógeno en llamas, se acondicionaron jaulas metabólicas mediante el tapizado del piso, los laterales y el techo forrado con material plastificado, para coleccionar el 100% de las pérdidas dérmicas tales como: la caspa con secreciones solidificadas de glándulas sebáceas, fragmentos de pezuña y caída de fibra o pelos cada/ 24 horas. Para la colección de las heces y orina se utilizó el dispositivo de colección de heces y orina/24 horas.

Para la determinación de pérdidas de nitrógeno, las Llamas alimentadas con dietas a diferentes niveles de proteína (alimentación con bajos niveles de proteína en su dieta), se

cuantificaron la cantidad de nitrógeno en las heces, nitrógeno en orina y nitrógeno dérmico (caspa de piel, fragmentos de pezuñas, caída de pelos y fibras). El método propuesto por Johan Kjeldahl es uno de los más utilizados; el principio básico del método consiste en la conversión del nitrógeno total en sulfato de amonio, por ebullición en ácido sulfúrico concentrado.

**Método microkjeldahl;** este método tiene tres etapas: digestión, destilación, y titulación. .

**Digestión:** llamado también sulfatación, se realizó por ebullición de una muestra homogénea en ácido sulfúrico. En este proceso, el carbono se convierte en tetróxido de carbono ( $\text{CO}_4$ ), el hidrogeno en agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ), y el nitrógeno en sulfato de amonio ( $(\text{NH}_4) \text{SO}_4$ ).

**Destilación:** es la separación del amonio capturado en el sulfato, por adición del hidróxido de sodio ( $\text{NaOH}$ ), con ayuda de calor. En este proceso el amonio ( $\text{NH}_4$ ) se convierte en amoniaco ( $\text{NH}_3$ ) gas libre, y el sodio se combina con el sulfato, formándose sulfato de sodio ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ). El gas amoniaco ( $\text{NH}_3$ ) se recupera por destilación a vapor de agua (hidrato de amonio) hacia el receptor. Se utiliza una solución de ácido bórico al 2% para la recepción del  $\text{NH}_3$ , formándose borato de amonio ( $(\text{NH}_4)_3 \text{BO}_4$ ) como producto final de la destilación. A medida que se colecta amoniaco, la solución de recepción cambia de color.

**Titulación:** en este proceso se mide la cantidad de amoniaco colectado en la solución de destilación. Utilizamos la solución

estándar de ácido sulfúrico, siendo la normalidad de 0.050; 0.075; 0.1 N, dependiendo del contenido de nitrógeno en las muestras de alimento (Roque, 2009).

La determinación de cada una de las pérdidas de nitrógeno se realizó mediante la regresión lineal (Elliot y Topps, 1963; y Ramírez *et al.*, 2015).

### 3.3.7. Cálculo de nitrógeno metabólico fecal (NMF).

Se determinó mediante la regresión lineal entre el nitrógeno consumido, g/d (X) y el nitrógeno de heces/100 g de materia seca consumida (Y), y con la ecuación de regresión se obtendrá la cantidad NMF por extrapolación a cero ( $X = 0$ ) de consumo de nitrógeno.

$$Y = a + bX$$

Dónde:

Y = nitrógeno fecal g/d

a = Constante

b = Pendiente

X = Nitrógeno consumido, g/d

### 3.3.8. Cálculo de nitrógeno endógeno urinario (NEU)

El cálculo de NEU se realizó mediante la regresión lineal entre el nitrógeno urinario g/kg  $W^{0.75}$  (Y) y nitrógeno consumido g/d (X), y con la ecuación de regresión se obtuvo la cantidad de NEU por extrapolación a cero ( $X = 0$ ) de nitrógeno consumido.



$$Y = a + bX$$

Dónde:

Y = Nitrógeno en orina, g/d

a = Constante

b = Pendiente

X = Nitrógeno Consumido, g/d.

### 3.3.9. Cálculo de nitrógeno endógeno dérmico (NED)

El cálculo de NED se realizó mediante la regresión lineal entre nitrógeno de pérdidas dérmicas, g/Kg  $W^{0.75}$  (Y) y nitrógeno consumido g/d (X), y con la ecuación de regresión se obtendrá la cantidad de ND por extrapolación a cero ( $X = 0$ ) de nitrógeno consumido.

$$Y = a + bX$$

Dónde:

Y = Nitrógeno dérmico, g/d

a = Constante

b = Pendiente

X = Nitrógeno consumido, g/d

### 3.3.10. Unidades de medida

- ✓ Consumo de materia seca (MSC), g/d, y  $g/W_{kg}^{0.75}$
- ✓ Consumo de nitrógeno (CN), g/d, y  $g/W_{kg}^{0.75}$
- ✓ Nitrógeno digestible (ND), g/d, %,  $g/W_{kg}^{0.75}$
- ✓ Balance de nitrógeno (BN), g/d

- ✓ Nitrógeno fecal (NF), g/d, g/100g MSC/d, y g/W<sub>kg</sub><sup>0.75</sup>
- ✓ Nitrógeno metabólico fecal (NMF), g/W<sub>kg</sub><sup>0.75</sup>
- ✓ Nitrógeno urinario (NU), g/d, %, y g/W<sub>kg</sub><sup>0.75</sup>
- ✓ Nitrógeno endógeno urinario (NEU), g/W<sub>kg</sub><sup>0.75</sup>
- ✓ Nitrógeno dérmico (NC), g/d, %, y g/W<sub>kg</sub><sup>0.75</sup>
- ✓ Nitrógeno endógeno dérmico (NED), g/W<sub>kg</sub><sup>0.75</sup>

### 3.3.11. Análisis estadístico

En la interpretación de los resultados del metabolismo proteico, los datos de consumo de materia seca, digestibilidad de materia seca. Digestibilidad de nitrógeno, nitrógeno ingerido, excreción de nitrógeno fecal, urinario y pérdidas de nitrógeno dérmico; se analizaron a través de un diseño cuadro latino 3x3, donde los factores serán: periodos (Filas), alpacas (columnas) y dietas (tratamiento), sujeto al modelo aditivo lineal fijo (Kuehl, 2001), en caso de significancia de la prueba F ( $\alpha = 0.05$ ), los promedios se analizaran con la prueba de comparación de Tuckey.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \tau_k + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Variable de respuesta

$\mu$  = Media general

$\alpha_i$  = Variación entre etapas: I, II, III (Filas)

$\beta_j$  = Variación entre animales: 3 alpacas (Columnas)

$\tau_k$  = Variación entre dietas: 4, 6, 8 % PC (Tratamientos)

$\varepsilon_{ijk}$  = Error aleatorio.

Las pérdidas de nitrógeno endógenas: NMF, NEU y NED se determinó por regresión lineal simple, y su correspondiente análisis de varianza (Ramsey y Schafer, 2002); cuyos parámetros se analizarán mediante la prueba “t” de Students.

$$Y_{ij} = \beta_0 + \beta_1 X + e_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Variable respuesta

$X$  = Variable explicatoria

$\beta_0$  = Intercepto de la regresión

$\beta_1$  = Pendiente de la regresión

$e_{ij}$  = Error de la regresión

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Nitrógeno Metabólico Fecal

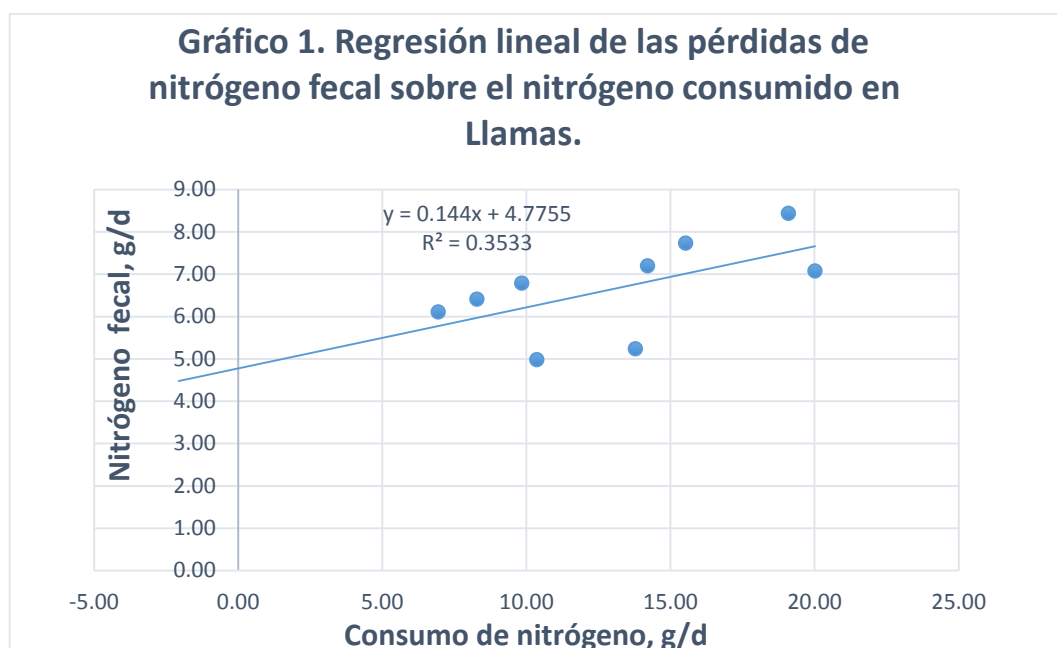
El nitrógeno fecal (NF) obtenido en el presente estudio fueron: 6.44, 6.64 y 6.92 g/d, se observa que no existe diferencia significativa ( $p \geq 0.05$ ) en la variación de promedios del nitrógeno fecal (Tablas 01, Tablas anexo 39, 40), por efecto de niveles de proteína, etapas e individuo llama, lo que indica que no hay variación de promedios por efecto de factores. Esto debido quizá a la homogeneidad de manejo, especie y peso metabólico similar entre llamas (27.124, 26.899 y 26.967).

**TABLA 01: NITRÓGENO METABÓLICO FECAL EN LLAMAS**

<b>NITRÓGENO CONSUMIDO</b>	<b>4% PC</b>	<b>6% PC</b>	<b>8% PC</b>
Materia seca consumida, g/d	1305.957	1392.683	1377.743
Materia seca consumida, g/Wkg <sup>0.75</sup>	48.147	51.774	51.090
Nitrógeno consumido, g/d.	8.360	13.570	17.640
Nitrógeno consumido, g/100gMSC	0.640	0.974	1.280
Nitrógeno consumido, g/Wkg <sup>0.75</sup>	0.308	0.504	0.654
<b>NITRÓGENO EXCRETADO EN HECES</b>			
Materia seca excretada, g/d.	564.016	542.290	538.076
Nitrógeno fecal, g/d.	6.440	6.640	6.920
Nitrógeno fecal, g/100g MSC.	0.490	0.477	0.502
Nitrógeno fecal, g/Wkg <sup>0.75</sup>	0.237	0.247	0.257
Nitrógeno metabólico fecal g/d, (NC=0)		4.776	
Nitrógeno metabólico fecal(NMF), g/100g MSC, (NC=0)		0.472	
Nitrógeno metabólico fecal, g/Wkg <sup>0.75</sup> , (NC=0)		0.217	

El nitrógeno metabólico fecal (NMF) obtenidos en el presente estudio (Tabla 1 y Gráfico 1) fue: 4.7755g/d, 0.472 g/100 MSC (472 mg/100 g MSC), y 0.217 g/Wkg<sup>0.75</sup> (217 mg/Wkg<sup>0.75</sup>) y el valor de coeficiente de NMF fue determinada

mediante la regresión lineal:  $Y = 0,144x + 4.7755$  y  $R^2 = 0.3533$ , entre el nitrógeno consumido g/d ( $x=0$ ) y el nitrógeno de heces g/  $W_{kg}^{0.75}$  (Y).



Estos resultados en llamas son ligeramente bajos entre los rangos mencionados por Bondi y Drori (1989) que en rumiantes (ovino y bovinos) reportan valores de NMF entre, 0.5 - 0.6 g/100 g de MSC, estos valores equivalen al 4 % (rango de 3 a 4%) de la proteína en la ración.

Estos valores fueron similares al reporte de Ramírez (2015) quién realizó trabajos con alpacas en crecimiento (quince meses de edad) alimentadas en confinamiento con mezclas de paja de Cebada, Ichu, y heno de Alfalfa fue de 0.4128 g/100g MSC, equivalente a 91 mg/ $W_{kg}^{0.75}$ , siendo estadísticamente diferentes entre tratamientos con un alto coeficiente de determinación ( $R^2 = 0.91$ ), los mismos que están entre los rangos mencionados por Bondi y Drori (1989), donde indica que la cantidad de nitrógeno metabólico fecal es de 4 – 6 g/Kg de materia seca en los rumiantes adultos que depende de la cantidad de materia seca consumida que pasa

por el tubo digestivo. Para simplificar la estimación, suele expresarse en función de la materia seca consumida.

El NMF en ovinos merinos varía desde 153 hasta 280 mg/W<sub>kg</sub><sup>0.75</sup>, cada vez mayor (P<0.05) con niveles crecientes de materia orgánica digestible (r=0.96). (Giráldez et al., 1997), comparado con los datos obtenidos en el presente estudio fue; 219 mg/W<sub>kg</sub><sup>0.75</sup> (R<sup>2</sup> =0.1736), y está dentro del rango obtenido por Giráldez et al. (1997).

Las pérdidas de nitrógeno fecal fueron examinadas utilizando datos de 25 raciones suministradas a ovejas merinos donde el nitrógeno metabólico fecal (NMF) vario desde 153 hasta 280 mg/W<sub>kg</sub><sup>0.75</sup>, cada vez mayor (P<0.005) con niveles crecientes de materia orgánica digestible (DOM) de admisión (r<sup>2</sup> = 0.96) (Giráldez et al., 1997), comparado con los datos obtenidos en el presente estudio fueron similares al de los ovinos, esto se puede deberse posiblemente a que los animales del presente estudio padecieron de algunas enfermedades del tracto gastrointestinal como diarreas, por esta razón no hubo una buena asimilación de nitrógeno.

Estos resultados fueron superiores a los encontrados por Surco (2016) quien encontró valores de: 0.4225g/100g MSC (422.5mg/100 g MSC) y 0.18 W<sub>kg</sub><sup>0.75</sup> (180 mg/ W<sub>kg</sub><sup>0.75</sup>) de NMF para Llamas machos de 1 años de edad alimentados con dietas de 4, 6 y 8 de PC.

Estos resultados fueron superiores a los encontrados por Choque (2016) quien encontró valores de: 0.149g/100g MSC (149mg/100 g MSC) y 0.156 W<sub>kg</sub><sup>0.75</sup> (156 mg/ W<sub>kg</sub><sup>0.75</sup>) de NMF para Llamas machos de 2 años de edad alimentados con dietas de 4,6y 8% de PC.

#### 4.2. Nitrógeno Endógeno Urinario

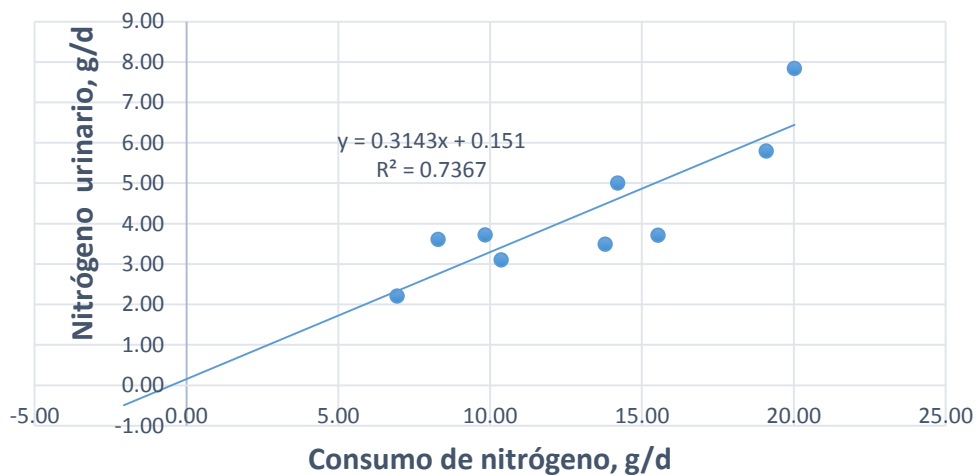
El nitrógeno urinario (UN) fue: 3.18, 3.94 y 5.71 g/d, se observa que no existe diferencia significativas ( $p \geq 0.05$ ) en la variación de promedios del nitrógeno urinario (Tabla 01, anexo 41, 42), por efecto de niveles de proteína, etapas e individuo llama; lo que indica que no hay variación de promedios por efecto de factores.

**TABLA 02: NITRÓGENO ENDÓGENO URINARIO EN LLAMAS.**

NITRÓGENO CONSUMIDO		4% PC	6% PC	8% PC
Materia seca consumida, g/d		1305.957	1392.683	1377.743
Materia seca consumida, g/Wkg <sup>0.75</sup>		48.147	51.774	51.090
Nitrógeno consumido, g/d.		8.360	13.570	17.640
Nitrógeno consumido, g/Wkg <sup>0.75</sup>		0.308	0.504	0.654
NITRÓGENO EXCRETADO EN ORINA				
Nitrógeno urinario, mL/d.		341.140	471.093	733.857
Nitrógeno urinario, %.		0.720	0.840	0.760
Nitrógeno urinario, g/d.		3.180	3.940	5.710
Nitrógeno urinario, g/Wkg <sup>0.75</sup> .		0.117	0.146	0.212
Nitrógeno endógeno urinario, g/d (NC=0).			0.151	
Nitrógeno endógeno urinario, g/Wkg <sup>0.75</sup> (NC=0).			0.027	

El nitrógeno endógeno urinario (**NEU**), fue: 0.151g/d, 0.0272g/Wkg<sup>0.75</sup>, (27.2 mg/Wkg<sup>0.75</sup>), (Tabla 02 y gráfico 2), con un coeficiente de determinación ( $R^2 = 0.9275$ ). El valor de 27.2 mg/Wkg<sup>0.75</sup> en Llamas es menor de los rangos mencionados por Orskov (1988), donde menciona que la cantidad de nitrógeno endógeno urinario está en función del peso metabólico del animal y que se excretan 300 a 400 mg/Wkg<sup>0.75</sup> (por cada unidad de peso metabólico).

**Gráfico 2. Regresión lineal de las pérdidas de nitrógeno urinario sobre el nitrógeno consumido en Llamas.**



Estos resultados fueron inferiores a los mencionado por Bondi y Drori (1989), en donde la relación puede expresarse mediante la ecuación:  $NEU=k.W^{0.73}$ . En la que  $W$  es el peso vivo en Kg,  $NEU$  se expresa en mg y  $k$  es un factor que depende del animal. En esta ecuación, el valor  $k$  varía de 80 a 200 para las diferentes especies y clases de animales, se ha propuesto cifras medias de 120 para el ganado vacuno adulto y 190 para los terneros Jóvenes. Esta inferioridad se puede deber posiblemente al suministro de la dieta de mantenimiento y al elevado proceso de crecimiento de llamas.

El  $NEU$  en ovejas merino, fue de 76 a 181  $mg/W_{kg}^{0.75}$  (Giráldez et al., 1997), estos resultados son superiores con el presente trabajo. Lo que atribuiría al reciclaje de urea por la saliva que pasa directamente por vía sanguínea a los compartimentos I, II y los niveles de nitrógeno para los microorganismos lo que indica que las heces y la orina son vías complementarias para la excreción de los compuestos de nitrógeno reciclable.



Estos resultados fueron menores a los encontrados por Surco (2016) quien encontró valores de: 3.2515 g/d (3251.5mg/d) y  $0.1833g/ W_{kg}^{0.75}$  (183.3 mg/ $W_{kg}^{0.75}$ ) de NEU para Llamas machos de 1 años de edad alimentados con dietas de 4,6 y 8% de PC.

Estos resultados fueron menores a los encontrados por Choque (2016) quien encontró valores de: 1.302 g/d (1302mg/d) y  $0.041g/ W_{kg}^{0.75}$  (41 mg/ $W_{kg}^{0.75}$ ) de NEU para Llamas machos de 2 años de edad alimentados con dietas de 4,6 y 8% de PC.

El NEU, en alpacas en crecimiento que reporta Ramírez (2015) fue: 0.235 g/Kg  $W^{0.75}$  que equivale a 235 mg/ $W_{kg}^{0.75}$  cuales son superiores al presente estudio, estas diferencias quizá sean por efecto de especie de camélido debido que Ramírez trabajo con alpacas en crecimiento.

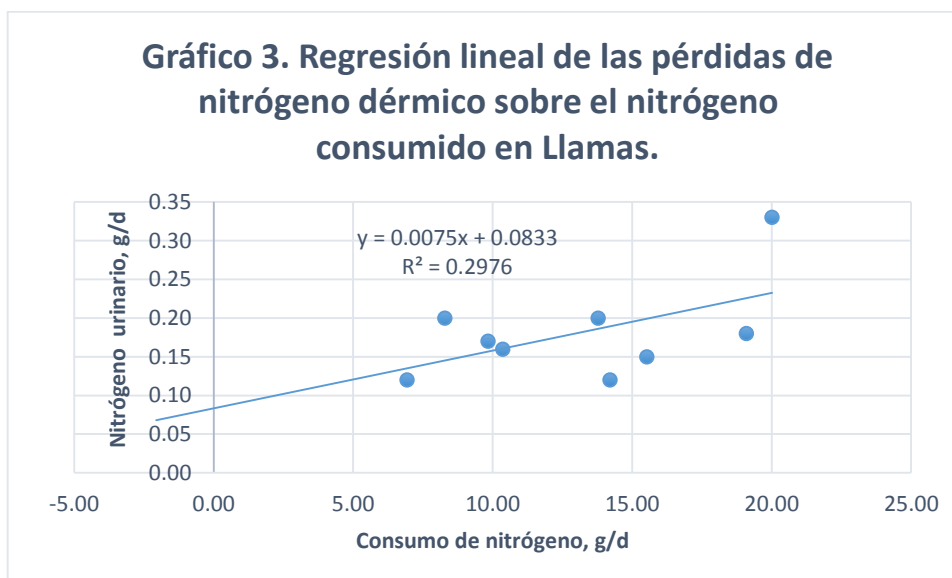
#### **4.3. Nitrógeno Endógeno Dérmico.**

Los valores del nitrógeno dérmico (ND) fueron: 0.16, 0.14 y 0.23 g/d, se observa que no existe diferencia significativas ( $p \geq 0.05$ ) en la variación de promedios del nitrógeno dérmico (tabla 03, anexo Tablas 43 y 44), por efecto de niveles de proteína, etapas e individuo llama; lo que indica que no hay variación de promedios por efecto de factores.

**TABLA 03: NITRÓGENO ENDÓGENO DÉRMICO EN LLAMAS.**

<b>NITRÓGENO CONSUMIDO</b>	<b>4% PC</b>	<b>6% PC</b>	<b>8% PC</b>
Materia seca consumida, g/d	1305.957	1392.683	1377.743
Materia seca consumida, g/Wkg <sup>0.75</sup>	48.147	51.774	51.090
Nitrógeno consumido, g/d.	8.360	13.570	17.640
Nitrógeno consumido, g/Wkg <sup>0.75</sup>	0.308	0.504	0.654
<b>NITRÓGENO DE PÉRDIDAS DÉRMICAS</b>			
Pérdidas dérmicas, g/d,.	0.953	0.903	1.013
Nitrógeno dérmico, %.	17.330	15.850	23.200
Nitrógeno dérmico, g/d.	0.160	0.140	0.230
Nitrógeno dérmico, g/Wkg <sup>0.75</sup> .	0.006	0.005	0.009
Nitrógeno endógeno dérmico, g/d (NC=0).		0.083	
Nitrógeno endógeno dérmico, g/Wkg <sup>0.75</sup> (NC=0)		0.003	

El Nitrógeno Endógeno Dérmico en Llamas de un año fue: 0.0833 g/d, 0.0028 g/Wkg<sup>0.75</sup>, lo que equivale a 2.8 mg/Wkg<sup>0.75</sup> (caídas naturales de fibra, descamaciones cutáneas o caspa, pedazo de uñas y secreciones de glándulas), el mismo que fue ajustada con regresión lineal  $Y = 0.0075x + 0.0833$ ,  $R^2 = 0.2976$ , (tabla 03 y gráfico 3).



Ramirez (2015) reporta en alpacas el nitrógeno endógeno dérmico en alpacas en crecimiento de  $0.0025 \text{ g/W}_{\text{kg}}^{0.75}$ , ( $2.5 \text{ mg/W}_{\text{kg}}^{0.75}$ ), el mismo que fue ajustada con regresión lineal  $Y = -0.0001x + 0.0025$ ,  $R^2 = 0.23$  entre Nitrógeno de pérdidas dérmicas,  $\text{g/W}_{\text{kg}}^{0.75}$  y nitrógeno digestible  $\text{g/d}$  ( $x$ ) ( $P > 0.05$ ); los cuales son similares a los resultados obtenidos en el presente estudio.

Estos resultados son inferiores a los encontrados por Surco (2016) quien encontró valores de:  $0.0176 \text{ g/W}_{\text{kg}}^{0.75}$  ( $17.6 \text{ mg/W}_{\text{kg}}^{0.75}$ ) de NED, para Llamas macho de 1 años alimentados con 4, 6 y 8 % de PC.

Estos resultados también fueron inferiores al encontrado por Choque (2016) quien encontró valores de:  $0.008 \text{ g/W}_{\text{kg}}^{0.75}$  ( $8 \text{ mg/W}_{\text{kg}}^{0.75}$ ) de NED para Llamas macho de 2 años alimentados con 4, 6 y 8 % de PC.

Bondi y Drori (1989) menciona que las necesidades proteicas para reemplazar el nitrógeno perdido en la caspa y para la producción de lana, también depende del peso metabólico. Por razones prácticas, es conveniente tenerlos en cuenta como parte de las necesidades de mantenimiento, a pesar de que la lana es un producto útil y no un producto de desecho; el valor  $k$  en la ecuación anterior debe ajustarse para incluir la caspa y la lana. Los incrementos aproximados para  $k$  en relación con las pérdidas de nitrógeno en la caspa y para la producción de lana, son de 20 y 50, respectivamente.

#### 4.4. Pérdidas totales de nitrógeno endógeno.

**TABLA 04:** PÉRDIDAS TOTALES DE NITRÓGENO ENDÓGENO.

CLASE DE PÉRDIDA	g/d	g/Wkg <sup>0.75</sup>
Nitrógeno metabólico fecal	4.776	0.217
Nitrógeno endógeno urinario	0.151	0.027
Nitrógeno endógeno dérmico	0.083	0.003
Pérdidas totales de nitrógeno endógeno	5.010	0.247

En la tabla 04 se muestra la pérdida total de nitrógeno endógeno (nitrógeno metabólico fecal, endógeno urinario y nitrógeno endógeno dérmico) en llamas hembras de 1 año de edad alimentados con dietas de 4, 6 y 8 % de PT, donde se muestra una pérdida total de nitrógeno de 5.010g/d (0.247 g/Wkg<sup>0.75</sup>).

## V. CONCLUSIONES

- ✓ El nitrógeno metabólico fecal (NMF), fue: 4.7755g/d; 0.472g/100 MSC(472mg/  $W_{kg}^{0.75}$ ), lo cual equivale a 0.2191g/ $W_{kg}^{0.75}$  donde se encontró diferencia estadística ( $P \leq 0.05$ ) para la regresión lineal de nitrógeno endógeno dérmico.
- ✓ El nitrógeno endógeno urinario (NEU), fue: 0.151g/d; 0.027g/ $W_{kg}^{0.75}$  (27mg/ $W_{kg}^{0.75}$ ), donde se encontró diferencia estadística ( $P \leq 0.05$ ) para la regresión lineal de nitrógeno endógeno dérmico.
- ✓ El nitrógeno endógeno dérmico (NED), fue: 0.0833g/d; 0.003 g/ $W_{kg}^{0.75}$  (3.0mg/  $W_{kg}^{0.75}$ ), donde se encontró diferencia estadística ( $P \leq 0.05$ ) para la regresión lineal de nitrógeno endógeno dérmico.

## VI. RECOMENDACIONES

- ✓ Realizar estudios de pérdidas de nitrógeno endógeno por sexo, edades, estados fisiológicos y por época del año en Llamas.
  
- ✓ Evaluar las pérdidas totales de nitrógeno endógenos por variedades y por color en llamas.
  
- ✓ Evaluar las pérdidas de nitrógeno endógeno en llamas con pastos naturales.

## VII. REFERENCIAS

- AOAC. 1996. Official Methods of Analysis. 16th ed. Gaithersburg, VA. USA
- Bondi, A. y D. Drori. 1989. Nutrición animal; metabolismo proteico en los rumiantes. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España. 545 p.
- Bautista, J.L. 2009. Determinación de los requerimientos de proteína de mantenimiento y crecimiento de alpaca (*Lama pacos*) mediante la técnica de sacrificio comparativo. Tesis Doctoris Philosophiae. UNALM, Lima, Perú.
- Brody, S.; R.C. Procter; and U.S. Ashworth. 1934. Growth and development XXXIV: Basal metabolism, with particular reference to the estimation of the maintenance requirement of protein. J. Nutrition, 9: 403-433.
- Cañas, R. 1998. Alimentación y Nutrición Animal. Santiago, Chile. p. 123.
- Choque, F. 2016. Determinación de nitrógeno metabólico fecal endógeno urinario y dérmico en Llamas machos de 2 años de edad, Tesis de Pregrado, FMVZ, U.N.A. Puno - Perú.
- Coblentz, W.K.; K.P. Coffey; J.E. Turner; D.A. Scarbrough; J.S. Weyers; K.F. Jarrison; Z.B. Daniels; C.F. Rosenkrans; D.W. Kellong and D.S. Hubell. 2000. Effect of maturity on degradation kinetics of sod-seeded cereal grain forage grow in Northern Arkansas. J. Dairy Sci. 83: 2499-2511.
- Elliott, R.C. and J.H. Topps. 1963. Studies of protein requirements of ruminants: Nitrogen balance trial son two breeds of African cattle given diets adequate in energy and low in protein. Brit. J. Nutr. 17:539 – 547.
- Estrada, M.A. 2009. Comparación de coeficientes de digestibilidad aparente y balance de nitrógeno en llamas (*Lama glama*) y ovinos (*Ovies aries*) criados en la región andina del altiplano Boliviano. Tesis, Universidad mayor de San Andrés. Bolivia.

- FAO, 2005. Situación actual de los Camelidos Sudamericanos en el Perú.  
Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación.  
Proyecto de Cooperación Técnica en Apoyo de Crianza y Aprovechamiento  
de los Camelidos Sudamericanos en la Región Andina.
- Fernandes, S. 1991. Avances y perspectivas de los camélidos sudamericanos.  
Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación,  
oficina regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago - Chile
- FEDNA, 2003. fundación española para el desarrollo de la nutrición animal.  
Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la  
formulación de piensos compuestos. 2ª Ed. Fundación Española para el  
Desarrollo de la Nutrición Animal. Madrid, España 423 p.
- García, F. 1992. Requerimientos de proteína en Ganado lechero. En: Simulación  
de Sistemas pecuarios. Editado por M.E. Ruiz. Instituto Interamericano de  
Cooperación para la Agricultura. Red de Investigación en Sistemas  
Producción Animal. 288 pp. San José, Costa Rica.
- Giráldez, F.J., C. Values and R. Peláez. 1997. The influence of digestible organic  
matter and nitrogen intake on faecal and urinary nitrogen losses in sheep.  
Livestock Production Science. Volume 51. Issues 1-3. p. 183-190.
- Huassasquiche, A. 1974. Balance de Nitrógeno y Digestibilidad en alpacas y  
ovinos. Tesis MV. Universidad Mayor de San Marcos. Lima, Perú. 75 p.
- Kraiem, K.; A. Majdoub; S. BE Abbas and N. Moujahed. 1997. Effects of the level  
of supplementation with concentrate on the nutritive value and utilization of  
oats hay cut at three maturity stages. Elsevier. Livestock Production Sci.  
7:175-184.



- Kuehl, R. 2001. Diseño de experimentos. Principios estadísticos para el diseño y análisis de investigaciones. 2ª Edición. Barcelona, España. 620 p.
- Leterme, P. 2001. Las pérdidas endógenas hasta el íleon del cerdo. Origen, factores de variación y métodos de determinación. Departamento de producción. Universidad Nacional de Colombia. Palmira – Colombia.
- Mc Donal, 1999, Nutricion animal. Cuarta edicion. Editorial. ACRIBIA, Zaragoza – España.
- Martinez, M.A. 2002. Mundo ganadero. Eumedia S.A. Madrid, N° 145-148.
- Maynard, L. A.; J. K. Loosli; H.F. Hintz y R. G. Warner. 1992. Nutrición animal. Cuarta Edición. McGraw-Hill. México.
- Medeiros, A. N.; Resende, K.T.; Fereira, A.C.D.; and E.A. Yañez. 1998. Exigencias netas de proteína para caprinos Saanen. Proyecto financiado por la FAPESP-FCAV. Jaboticabal. Brasil.
- Mitchel, H. H.; L. E. Card and T. S. Hamilton. 1931. A technical study of the growth of White leghorn chickens. III. Agr. Expt. Sta. Bull 376.
- NRC, 2007. National Research Council. Nutrient Requirements of small ruminants sheep, goats, cervids and new world camelids. The National Academy Press. Washington, D.C., USA.
- NRC, 2001. National Research Council. Nutrient Requirements of small ruminants sheep, goats, cervids and new world camelids. The National Academy Press. Washington, D.C., USA.
- OBA, m. and M. S. ALLEN. 1998. Evaluation of the importance of the digestibility of neutral detergent fiber from forage: effects on dry matter intake and milk yield of dairy cows. J. Dairy Sci. 82: 589-596.

- Orskov, E.R. 1988. Nutrición Proteica de los Rumiantes. Editorial Acribia. Zaragoza, España. p. 178.
- Ramirez, A. S.; Bautista, P. J. L.; Gallegos, A. R. F.; Roque, H. B. y N. Luque. 2015. Determinación del nitrógeno metabólico fecal, endógeno urinario y dérmico en alpacas. VII Congreso Mundial de Camélidos Sudamericanos. FMVZ, U.N.A. Puno - Perú.
- Ramsey, F.L. and D.W. Schapter. 2002. The statistical Sleuth. A curse in methods of data analysis. Second Edition. Oregon State University. Duxbury/ Thompson learning. USA.
- Roque, B. 2009. Determinación de los requerimientos energéticos de mantenimiento y ganancia de peso de alpacas (*Vicugna pacos*) en crecimiento mediante la técnica de sacrificio comparativo. Tesis de Doctoris philosophiae. UNALM, Lima, Perú.
- Surco, C. 2016. "Determinación de nitrógeno metabólico fecal endógeno urinario y dérmico en Llamas machos de 1 años de edad", Tesis de Pre-grado, FMVZ, U.N.A. Puno - Perú.
- Titus, H.W. 1927. The Nitrogen metabolism of steers, on rations containing alfalfa as the sole source of the nitrogen. J. Agr. Research, 34: 49 – 58.

# ANEXOS

**TABLA 05:** COMPOSICIÓN QUÍMICA, ENERGÍA BRUTA Y LAS CORRECCIONES TERMOQUÍMICAS DE CALORIMETRÍA DE LOS ALIMENTOS AL 100% DE MS.

Forrajes	Muestra g	Alambre Res. cm	Alambre fus. cm	$\Delta T^{\circ}$ C°	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> mL	EB	MS	EB (MS)
						Kcal/kg	%	Kcal/kg
Ichu	1.0946	2.2	7.8	1.9915	7.8	4397.5927	98.36	4470.916
Paja Avena	1.0954	1.6	8.4	1.8897	5.6	4169.2998	99.15	4205.043
Heno Alfalfa	1.0850	2.0	8	1.9273	7.1	4292.9392	99.16	4329.305

FORRAJE	MS %	PC %	ENERGÍA, Kcal/kg MS	
			EB	EM
Ichu	98.36	2.93	4470.92	2443.36
Paja de Avena	99.15	2.31	4205.04	2298.06
Heno de Alfalfa	99.16	17.46	4329.31	2365.97
PROM	98.89	7.57	4335.09	2369.13

EM= 0.5465\*EB

MS, Materia Seca; PC, Proteína Cruda; EB, Energía Bruta; EM, Energía Metabolizable (NRC, 1984).

**TABLA 06:** CONTENIDO DE NUTRIENTES EN LAS MEZCLAS EXPERIMENTALES.

INSUMO	DIETA 4% DE PC				DIETA 6% PC				DIETA 8% PC			
	M %	PC%	E°, Kcal/kgMS		M %	PC%	E°, Kcal/kgMS		M %	PC%	E°, Kcal/kgMS	
			EB	EM			EB	EM			EB	EM
PAJA AVENA	40.00	0.93	1696.44	927.10	34.30	0.80	1454.69	794.99	26.50	0.62	1123.89	614.21
ICHU	50.00	1.49	2272.73	1242.05	42.00	1.25	1909.09	1043.32	36.00	1.07	1636.37	894.27
HENO ALFALFA	9.00	1.58	410.40	224.28	22.70	3.95	1004.18	548.78	36.50	6.31	1615.41	882.82
MINERALES Y VIT.	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	100.00	4.00	4379.57	2393.43	100.00	6.00	4367.96	2387.09	100.00	8.00	4375.67	2391.30

M%, porcentaje de insumos en la mezcla de la dieta; MS, Materia seca; PC %, porcentaje de proteína cruda; EB, energía bruta; EM, energía metabolizable (Kcal. 0.5465\*EB) (NRC, 1984).

**TABLA 07:** COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL SUPLEMENTO MINERAL Y VITAMÍNICO (NUTRIMIX ADE).

Vitamina A	1,500,000 UI
Vitamina D3	200,000 UI
Vitamina E	750 UI
Calcio	220.00 g
Fosforo	140 g
Magnesio	18.00 g
Zinc	10.00 g
Hierro	8.00 g
Magnesio	4.50 g
Cobre	2.50 g
Yodo	0.24 g
Selenio	0.24 g
Cobalto	0.24 g
Excipientes c.s.p.	1,000.00 g

**CONSUMO DE MATERIA SECA EN EL EXPERIMENTO DE DIGESTIBILIDAD**

**TABLA 08:** INGESTIÓN DE MATERIA SECA EN LLAMAS g/d.

**I ETAPA:**

FECHA	MEZCLA DE ALIMENTO CON 4% PC (LLMA 1) AL 1.8 % PV					MEZCLA DE ALIMENTO CON 6% PC (LLMA 2) AL 1.8 % PV					MEZCLA DE ALIMENTO CON 8% PC (LLMA 3) AL 1.8 % PV				
	Suministro g/d	MS	Residuo g	MS	IMS g/d	Suministro g/d	MS	Residuo g	MS	IMS g/d	Suministro g/d	MS	Residuo g	MS	IMS g/d
21/12/2016	1119.00	1106.58	29.60	29.27	1077.31	1534.00	1516.97	65.70	64.97	1452.00	1518.00	1501.15	10.60	10.48	1490.67
22/12/2016	1119.00	1106.58	29.20	28.88	1077.70	1534.00	1516.97	22.70	22.45	1494.52	1518.00	1501.15	7.80	7.71	1493.44
23/12/2016	1119.00	1106.58	3.10	3.07	1103.51	1534.00	1516.97	21.00	20.77	1496.21	1518.00	1501.15	14.60	14.44	1486.71
24/12/2016	1119.00	1106.58	4.90	4.85	1101.73	1534.00	1516.97	88.30	87.32	1429.65	1518.00	1501.15	7.80	7.71	1493.44
25/12/2016	1119.00	1106.58	2.60	2.57	1104.01	1534.00	1516.97	37.10	36.69	1480.28	1518.00	1501.15	8.50	8.41	1492.74
26/12/2016	1119.00	1106.58	18.10	17.90	1088.68	1534.00	1516.97	11.80	11.67	1505.30	1518.00	1501.15	11.00	10.88	1490.27
27/12/2016	1119.00	1106.58	65.00	64.28	1042.30	1534.00	1516.97	12.40	12.26	1504.71	1518.00	1501.15	7.80	7.71	1493.44
PROM	1119.00	1106.58	21.79	21.54	1085.04	1534.00	1516.97	37.00	36.59	1480.38	1518.00	1501.15	9.73	9.62	1491.53
DES.V. EST	0.00	0.00	22.36	22.11	22.11	0.00	0.00	29.31	28.99	28.99	0.00	0.00	2.54	2.51	2.51
C.V. %	0.00	0.00	102.63	102.63	2.04	0.00	0.00	79.23	79.23	1.96	0.00	0.00	26.13	26.13	0.17

g, Gramos; d, Dias; IMS, Ingestion de Materia Seca; CV, Coeficiente de Variabilidad.

## II ETAPA

FECHA	MEZCLA DE ALIMENTO CON 4% PC (LLMA 3) AL 1.8 % PV					MEZCLA DE ALIMENTO CON 6% PC (LLMA 1) AL 1.8 % PV					MEZCLA DE ALIMENTO CON 8% PC (LLMA 2) AL 1.8 % PV				
	Suministro g/d	MS	Residuo g	MS	IMS g/d	Suministro g/d	MS	Residuo g	MS	IMS g/d	Suministro g/d	MS	Residuo g	MS	IMS g/d
04/01/2017	1600.00	1582.24	81.60	80.69	1501.55	1101.00	1088.78	10.20	10.09	1078.69	1596.00	1578.28	18.80	18.59	1559.69
05/01/2017	1600.00	1582.24	20.90	20.67	1561.57	1101.00	1088.78	3.60	3.56	1085.22	1596.00	1578.28	10.10	9.99	1568.30
06/01/2017	1600.00	1582.24	37.30	36.89	1545.35	1101.00	1088.78	8.20	8.11	1080.67	1596.00	1578.28	12.80	12.66	1565.63
07/01/2017	1600.00	1582.24	65.40	64.67	1517.57	1101.00	1088.78	9.30	9.20	1079.58	1596.00	1578.28	12.20	12.06	1566.22
08/01/2017	1600.00	1582.24	33.40	33.03	1549.21	1101.00	1088.78	10.70	10.58	1078.20	1596.00	1578.28	18.30	18.10	1560.19
09/01/2017	1600.00	1582.24	32.00	31.64	1550.60	1101.00	1088.78	15.80	15.62	1073.15	1596.00	1578.28	13.00	12.86	1565.43
10/01/2017	1600.00	1582.24	46.80	46.28	1535.96	1101.00	1088.78	3.90	3.86	1084.92	1596.00	1578.28	15.90	15.72	1562.56
PROM	1600.00	1582.24	45.34	44.84	1537.40	1101.00	1088.78	8.81	8.72	1080.06	1596.00	1578.28	14.44	14.28	1564.00
DESV. EST	0.00	0.00	21.22	20.98	20.98	0.00	0.00	4.21	4.16	4.16	0.00	0.00	3.28	3.25	3.25
C.V. %	0.00	0.00	46.80	46.80	1.36	0.00	0.00	47.74	47.74	0.39	0.00	0.00	22.73	22.73	0.21

g, Gramos; d, Dias;IMS, Ingestion de Materia Seca; CV, Coeficiente de Variabilidad.

## III ETAPA

FECHA	MEZCLA DE ALIMENTO CON 4% PC (LLMA 2) AL 1.8 % PV					MEZCLA DE ALIMENTO CON 6% PC (LLMA 3) AL 1.8 % PV					MEZCLA DE ALIMENTO CON 8% PC (LLMA 1) AL 1.8 % PV				
	Suministro g/d	MS	Residuo g	MS	IMS g/d	Suministro g/d	MS	Residuo g	MS	IMS g/d	Suministro g/d	MS	Residuo g	MS	IMS g/d
18/01/2017	1667.00	1648.50	334.60	330.89	1317.61	1642.00	1623.77	14.20	14.04	1609.73	1096.00	1083.83	6.20	6.13	1077.70
19/01/2017	1667.00	1648.50	324.50	320.90	1327.60	1642.00	1623.77	4.30	4.25	1619.52	1096.00	1083.83	5.00	4.94	1078.89
20/01/2017	1667.00	1648.50	404.70	400.21	1248.29	1642.00	1623.77	6.00	5.93	1617.84	1096.00	1083.83	8.00	7.91	1075.92
21/01/2017	1667.00	1648.50	328.30	324.66	1323.84	1642.00	1623.77	4.50	4.45	1619.32	1096.00	1083.83	2.60	2.57	1081.26
22/01/2017	1667.00	1648.50	369.00	364.90	1283.59	1642.00	1623.77	9.40	9.30	1614.48	1096.00	1083.83	14.10	13.94	1069.89
23/01/2017	1667.00	1648.50	387.00	382.70	1265.79	1642.00	1623.77	2.00	1.98	1621.80	1096.00	1083.83	2.80	2.77	1081.07
24/01/2017	1667.00	1648.50	351.10	347.20	1301.29	1642.00	1623.77	3.20	3.16	1620.61	1096.00	1083.83	4.70	4.65	1079.19
PROM	1667.00	1648.50	357.03	353.07	1295.43	1642.00	1623.77	6.23	6.16	1617.61	1096.00	1083.83	6.20	6.13	1077.70
DESV. EST	0.00	0.00	30.92	30.58	30.58	0.00	0.00	4.23	4.18	4.18	0.00	0.00	3.96	3.91	3.91
C.V. %	0.00	0.00	8.66	8.66	2.36	0.00	0.00	67.93	67.93	0.26	0.00	0.00	63.79	63.79	0.36

g, Gramos; d, Dias;IMS, Ingestion de Materia Seca; CV, Coeficiente de Variabilidad.

**TABLA 09: CONSUMO DE MATERIA SECA SEGÚN TRATAMIENTOS**

VARIABLES	4% PC	6% PC	8% PC
<b>MATERIA SECA CONSUMIDA</b>			
Materia seca (MS) ofrecida, g/d	1445.773	1409.840	1387.753
Materia seca de residuos, g/d	139.816	17.157	10.010
Materia seca consumida, g/d	1305.957	1392.683	1377.743
Materia seca consumida, g/Wkg <sup>0.75</sup>	48.147	51.774	51.090

**PORCENTAJE DE MATERIA SECA FECAL**

**TABLA 10:** MATERIA SECA EN LLAMAS.

%PC	LLAMA	B.H		BASE SECA		% MS
		P. MUESTRA	P. BOLSA	P. M+B	P. M-B	
		g	g	g	g	
4 PC	1	350.00	8.70	191.20	182.50	52.14
	2	350.00	9.70	193.50	183.80	52.51
	3	350.00	10.00	186.40	176.40	50.40
6 PC	1	350.00	10.00	171.30	161.30	46.09
	2	350.00	9.10	211.80	202.70	57.91
	3	350.00	9.60	171.00	161.40	46.11
8 PC	1	350.00	9.40	158.70	149.30	42.66
	2	350.00	10.10	182.10	172.00	49.14
	3	350.00	9.00	188.90	179.90	51.40

%PC, Porcentaje de Proteina Cruda; B.H, Base Humeda; P, Peso; M, Muestra; B, Bolsa; %MS, Porcentaje de Materia Seca; g, Gramos; PC, Proteina Cruda.

**TABLA 11.** EXCRECIÓN DE MATERIA SECA FECAL EN LLAMAS.

**ETAPA I**

FECHA	4% PC (LLAMA1) 15LL003N			6 % (LLAMA 2) 15LL032D			8 % (LLAMA 3) 15LL005D		
	M. Fecal, g	MSF, g	MS, %	M. Fecal, g	MSF, g	MS, %	M.Fecal, g	MSF, g	MS, %
21/12/2016	716.20	373.43	52.14	971.40	562.54	57.91	890.90	457.92	51.40
22/12/2016	845.40	440.79	52.14	888.90	514.76	57.91	1246.80	640.86	51.40
23/12/2016	697.10	363.47	52.14	890.60	515.75	57.91	1086.20	558.31	51.40
24/12/2016	913.40	476.25	52.14	1062.80	615.47	57.91	1457.00	748.90	51.40
25/12/2016	775.70	404.45	52.14	1063.80	616.05	57.91	1131.90	581.80	51.40
26/12/2016	1059.30	552.32	52.14	1217.40	705.00	57.91	1139.90	585.91	51.40
27/12/2016	1204.70	628.13	52.14	1034.40	599.02	57.91	1441.70	741.03	51.40
PROMEDIO	887.40	462.69	52.14	1018.47	589.80	57.91	1199.20	616.39	51.40
DESV. EST.	187.38	97.70	0.00	114.89	66.53	0.00	201.41	103.52	0.00
C.V, %	21.12	21.12	0.00	11.28	11.28	0.00	16.80	16.80	0.00

PC,Proteina cruda;M, Materia; MSF, Materia Seca Fecal; MS%, Porcentaje de Materia Seca; g, Gramos.

**ETAPA II**

	4% PC (LLAMA 3) 15LL005D			6 % (LLAMA1) 15LL003N			8 % (LLAMA 2) 15LL032D		
FECHA	M. Fecal, g	MSF, g	MS, %	M. Fecal, g	MSF, g	MS, %	M. Fecal, g	MSF, g	MS, %
04/01/2017	1233.30	621.58	50.40	772.90	356.23	46.09	906.50	445.45	49.14
05/01/2017	1196.20	602.88	50.40	752.60	346.87	46.09	1265.50	621.87	49.14
06/01/2017	1263.40	636.75	50.40	932.00	429.56	46.09	867.70	426.39	49.14
07/01/2017	1194.30	601.93	50.40	759.80	350.19	46.09	1104.60	542.80	49.14
08/01/2017	1704.70	859.17	50.40	915.00	421.72	46.09	1354.50	665.60	49.14
09/01/2017	1652.90	833.06	50.40	897.50	413.66	46.09	1385.30	680.74	49.14
10/01/2017	1481.00	746.42	50.40	924.70	426.19	46.09	1115.30	548.06	49.14
PROMEDIO	1389.40	700.26	50.40	850.64	392.06	46.09	1142.77	561.56	49.14
DESV. EST.	220.93	111.35	0.00	84.01	38.72	0.00	205.11	100.79	0.00
C.V, %	15.90	15.90	0.00	9.88	9.88	0.00	17.95	17.95	0.00

PC, Proteina cruda;M, Materia; MSF, Materia Seca Fecal; MS%, Porcentaje de Materia Seca; g, Gramos.

**ETAPA III**

	4% PC (LLAMA 2) 15LL032D			6 % (LLAMA 3) 15LL005D			8 % (LLAMA1) 15LL003N		
FECHA	M. Fecal, g	MSF, g	MS, %	M. Fecal, g	MSF, g	MS, %	M. Fecal, g	MSF, g	MS, %
18/01/2017	883.70	464.03	52.51	1234.50	569.23	46.11	1134.70	484.06	42.66
19/01/2017	933.20	490.02	52.51	1496.80	690.17	46.11	973.60	415.34	42.66
20/01/2017	938.40	492.75	52.51	1196.70	551.80	46.11	1254.90	535.34	42.66
21/01/2017	736.90	386.95	52.51	1355.50	625.02	46.11	868.00	370.29	42.66
22/01/2017	1133.50	595.20	52.51	1634.60	753.71	46.11	1013.60	432.40	42.66
23/01/2017	857.00	450.01	52.51	1321.80	609.48	46.11	852.10	363.51	42.66
24/01/2017	850.80	446.76	52.51	1552.00	715.63	46.11	1061.90	453.01	42.66
PROMEDIO	904.79	475.10	52.51	1398.84	645.01	46.11	1022.69	436.28	42.66
DESV. EST.	121.16	63.62	0.00	165.49	76.31	0.00	143.48	61.21	0.00
C.V, %	13.39	13.39	0.00	11.83	11.83	0.00	14.03	14.03	0.00

PC, Proteina cruda;M, Materia; MSF, Materia Seca Fecal; MS%, Porcentaje de Materia Seca; g, Gramos.



**DIGESTIBILIDAD DE MATERIA SECA**

**TABLA 12.** DIGESTIBILIDAD DE MATERIA SECA (DMS, %) DE LA MEZCLA DE ALIMENTO.

**MEZCLA DE ALIMENTO CON 4% DE PC**

ETAPA	IMS, g	EMS, g	DMS, g	DMS, %
I, LL 1	1085.04	462.69	622.35	57.36
II, LL3	1537.40	700.26	837.14	54.45
III, LL2	1295.43	475.10	820.33	63.32
PROM	1305.96	546.02	759.94	58.38

**MEZCLA DE ALIMENTO CON 6% DE PC.**

ETAPA	IMS, g	EMS, g	DMS, g	DMS, %
I, LL 2	1480.38	589.80	890.58	60.16
II, LL 1	1080.06	392.06	688.00	63.70
III, LL 3	1617.61	645.01	972.60	60.13
PROM	1392.68	542.29	850.39	61.33

**MEZCLA DE ALIMENTO CON 8% DE PC**

ETAPA	IMS, g	EMS, g	DMS, g	DMS, %
I, LL 3	1491.53	616.39	875.14	58.67
II, LL 2	1564.00	561.56	1002.44	64.09
III, LL 1	1077.70	436.28	641.42	59.52
PROM	1377.74	538.08	839.67	60.76

**TABLA 13.** ROTACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS EN EL EXPERIMENTO DE DIGESTIBILIDAD DE MATERIA SECA. DISEÑO CUADRADO LATINO 3 X 3.

ETAPA	LLAMA 1	LLAMA 2	LLAMA 3
I	4% 57.36	6% 60.16	8% 58.67
II	6% 63.70	8% 64.09	4% 54.45
III	8% 59.52	4% 63.32	6% 61.13

TRATAMIENTO	MEZCLA 4%	MEZCLA 6%	MEZCLA 8%
DIGESTIBILIDAD	58.38	61.33	60.76

**TABLA 14:** DIGESTIBILIDAD Y BALANCE DE NITROGENO SEGÚN TRATAMIENTOS.

VARIABLES	4% PC.	6% PC.	8% PC.
Nitrogeno consumido, g/d.	8.360	13.370	17.640
Nitrogeno fecal, g/d.	6.440	6.640	6.920
Nitrogeno urinario, g/d.	2.530	3.940	5.710
Nitrogeno dermico, g/d.	0.160	0.140	0.230
Nitrogeno digestible aparente, g/d.	1.920	6.730	10.720
Nitrogeno digestible aparente, %	21.880	50.500	60.830
Nitrogeno digestible aparente, g/Wkg <sup>0.75</sup>	0.071	0.250	0.398
Nitrogeno digestible aparente g/Wkg <sup>0.73</sup> .	0.773	0.273	0.434
Nitrogeno digestible real, g/d	7.910	12.320	16.310
Nitrogeno digestible real, %	95.010	92.800	92.820
Nitrogeno digestible real, g/Wkg <sup>0.75</sup>	0.292	0.457	0.605
Balance de nitrogeno aparente, g/d.	-0.770	2.650	4.770
Balance de nitrogeno real, g/d.	9.770	15.970	21.820

## EXCRECIÓN DE ORINA

**TABLA 15:** COLECCIÓN DE ORINA, EN EL EXPERIMENTO EN mL/d.

### ETAPA I

	4%PC, (LL 1).	6%PC, (LL 2).	8%PC, (LL 3).
FECHA	mL/ d.	mL / d.	mL / d.
21/12/2016	305	400	845
22/12/2016	245	470	670
23/12/2016	234	365	660
24/12/2016	280	620	910
25/12/2016	190	290	750
26/12/2016	190	575	800
27/12/2016	170	550	850
PROMEDIO	230.57	467.14	783.57
DESV. EST.	50.27	121.24	94.64
C.V. %	21.80	25.95	12.08

**ETAPA II**

	4%PC, (LL 3).	6%PC, (LL 1).	8%PC, (LL 2).
FECHA	mL/ d.	mL / d.	mL/ d.
04/01/2017	300	220	660
05/01/2017	480	470	1240
06/01/2017	390	315	760
07/01/2017	370	330	620
08/01/2017	400	460	1066
09/01/2017	475	440	940
10/01/2017	355	510	880
PROMEDIO	395.71	392.14	880.86
DESV. EST.	64.45	105.11	222.93
C.V. %	16.29	26.80	25.31

**ETAPA III**

	4%PC, (LL 2).	6%PC, (LL 3).	8%PC, (LL 1).
FECHA	mL / d.	mL/ d.	mL / d.
18/01/2017	370	725	260
19/01/2017	360	450	480
20/01/2017	200	540	755
21/01/2017	510	493	665
22/01/2017	520	440	550
23/01/2017	360	590	350
24/01/2017	460	640	700
PROMEDIO	397.14	554.00	537.14
DESV. EST.	111.16	104.61	185.11
C.V. %	27.99	18.88	34.46

**TABLA 16.** ROTACIÓN DE TRATAMIENTOS EN EL EXPERIMENTO DE DIGESTIBILIDAD, EXCRECIÓN DE ORINA mL/d.

	LLAMA 1	LLAMA 2	LLAMA 3
ETAPA	mL/d.	mL/d.	mL/d.
I	4%230.57	6%467.14	8%783.57
II	6%392.14	8%880.86	4%395.71
III	8%537.14	4%397.14	6%554.00

TRATAMIENTO	MEZCLA 4%	MEZCLA 6%	MEZCLA 8%
PROM, mL	341.14	471.09	733.86

## PÉRDIDAS DÉRMICAS

**TABLA 17: COLECCIÓN DE PÉRDIDAS DÉRMICAS EN EL EXPERIMENTO, g/d.**

### ETAPA I

FECHA	4% PC (LLAMA 1) 15LL003N			6% PC (LLAMA 2), 15LL032D			8% PC(LLAMA 3), 15LL005		
	M. Dermica, g	MSD, g	MS, %	M. Dermica	MSD, g	MS, %	M. Dermica, g	MSD, g	MS, %
21/12/2016	0.82	0.74	90.40	0.60	0.53	87.73	0.47	0.41	86.50
22/12/2016	0.79	0.71	90.40	0.58	0.51	87.73	0.51	0.44	86.50
23/12/2016	0.89	0.80	90.40	0.62	0.54	87.73	0.62	0.54	86.50
24/12/2016	1.50	1.36	90.40	1.00	0.88	87.73	1.40	1.21	86.50
25/12/2016	1.10	0.99	90.40	0.50	0.44	87.73	1.10	0.95	86.50
26/12/2016	1.20	1.08	90.40	1.50	1.32	87.73	1.00	0.87	86.50
27/12/2016	0.60	0.54	90.40	1.00	0.88	87.73	1.30	1.12	86.50
PROMEDIO	0.99	0.89	90.40	0.83	0.73	87.73	0.91	0.79	86.50
DESV. EST.	0.30	0.27	0.00	0.36	0.32	0.00	0.38	0.33	0.00
C.V, %	30.64	30.64	0.00	43.38	43.38	0.00	41.74	41.74	0.00

Muestra Dermica; MS, Materia Seca; g, Gramos; %, Porcentaje; CV, Coeficiente de variabilidad.

### ETAPA II

FECHA	4% PC (LLAMA 3) 15LL005D			6% PC (LLAMA 1), 15LL003N			8% PC(LLAMA 2), 15LL032		
	M. Dermica, g	MSD, g	MS, %	M. Dermica, g	MSD, g	MS, %	M. Dermica, g	MSD, g	MS, %
04/01/2017	1.00	0.91	91.29	2.00	1.83	91.29	1.70	1.55	91.30
05/01/2017	0.70	0.64	91.29	1.00	0.91	91.29	1.30	1.19	91.30
06/01/2017	1.00	0.91	91.29	1.10	1.00	91.29	0.80	0.73	91.30
07/01/2017	0.60	0.55	91.29	0.60	0.55	91.29	0.80	0.73	91.30
08/01/2017	0.90	0.82	91.29	1.00	0.91	91.29	1.00	0.91	91.30
09/01/2017	0.90	0.82	91.29	1.60	1.46	91.29	1.50	1.37	91.30
10/01/2017	1.20	1.10	91.29	0.90	0.82	91.29	1.50	1.37	91.30
PROMEDIO	0.90	0.82	91.29	1.17	1.07	91.29	1.23	1.12	91.30
DESV. EST.	0.20	0.18	0.00	0.47	0.43	0.00	0.36	0.33	0.00
C.V, %	22.22	22.22	0.00	40.26	40.26	0.00	29.62	29.62	0.00

MD, Muestra Dermica; MS, Materia Seca; g, Gramos; %, Porcentaje; CV, Coeficiente de variabilidad.

**ETAPA III**

FECHA	4% PC (LLAMA 2) 15LL032D			6% PC (LLAMA 3), 15LL005D			8% PC(LLAMA 1), 15LL003N		
	MD, g	MS, g	MS, %	MD, g	MS, g	MS, %	MD, g	MS, g	MS, %
18/01/2017	1.70	1.53	90.18	0.90	0.81	89.78	0.90	0.80	88.57
19/01/2017	1.80	1.62	90.18	1.10	0.99	89.78	1.40	1.24	88.57
20/01/2017	1.50	1.35	90.18	1.20	1.08	89.78	1.60	1.42	88.57
21/01/2017	1.60	1.44	90.18	1.40	1.26	89.78	1.50	1.33	88.57
22/01/2017	1.00	0.90	90.18	1.30	1.17	89.78	1.70	1.51	88.57
23/01/2017	0.50	0.45	90.18	0.40	0.36	89.78	0.60	0.53	88.57
24/01/2017	0.80	0.72	90.18	0.80	0.72	89.78	1.20	1.06	88.57
PROMEDIO	1.27	1.15	90.18	1.01	0.91	89.78	1.27	1.13	88.57
DESV. EST.	0.50	0.45	0.00	0.34	0.31	0.00	0.40	0.35	0.00
C.V, %	39.51	39.51	0.00	33.88	33.88	0.00	31.37	31.37	0.00

MD, Muestra Dermica; MS, Materia Seca; g, Gramos; %, Porcentaje; CV, Coeficiente de variabilidad.

**TABLA 18:** ROTACIÓN DE TRATAMIENTOS. EXCRECIÓN DE PÉRDIDAS DÉRMICAS g/d. DISEÑO CUADRADO LATINO.

ETAPA	LLAMA 1	LLAMA 2	LLAMA 3
I	4%0.89	6%0.73	8%0.79
II	6%1.07	8%1.12	4%0.82
III	8%1.13	4%1.15	6%0.91

TRATAMIENTO	MEZCLA 4%	MEZCLA 6%	MEZCLA 8%
PROM, MI	0.95	0.9	1.01

**TABLA 19. NITRÓGENO DIGESTIBLE Y METABOLIZABLE DE LA MEZCLA DE ALIMENTOS A DIFERENTES NIVELES DE PROTEÍNA EN EL EXPERIMENTO EN LLAMAS.**

**MEZCLA AL 4%**

ETAPA	LL	NITRÓGENO OFRECIDO			NITRÓGENO RECHAZADO			NITRÓGENO INGERIDO		NITRÓGENO FECAL			NITRÓGENO URINARIO			NITRÓGENO PER. CUTÁNEAS			N. DIGESTIBLE		N. METABOLIZADO		N. DIGESTIBLE REAL	
		MSO	NO	NO	MSR	NR	NR	MSC	NI	MSF	NF	NF	ORINA	UN	UN	TANEA	NC	NC	ND	ND	NM	NM	NDR	NDR
		g/d	%	g/d	g/d	%	g/d	g/d	g/d	g/d	%	g/d	g/d	%	g/d	g/d	%	g/d	g/d	%	g/d	%	g/d	%
I	LL, 1	1106.58	0.64	7.08	21.54	0.64	0.14	1085.04	6.94	462.69	1.32	6.11	230.57	0.96	2.21	0.89	14.03	0.12	12.05	0.84	-19.83	-1.38	98.31	6.83
II	LL, 3	1582.14	0.64	10.13	44.84	0.64	0.29	1537.40	9.84	700.26	0.97	6.79	395.71	0.94	3.72	0.82	20.17	0.17	30.97	3.05	-6.84	-0.67	91.84	9.04
III	LL, 2	1648.50	0.64	10.55	353.07	0.64	2.26	1295.43	8.29	475.10	1.35	6.41	397.14	0.91	3.61	1.15	17.79	0.20	22.64	1.88	-20.95	-1.74	94.89	7.87
PROMEDIO		1445.74	0.64	9.25	139.82	0.64	0.89	1305.96	8.36	546.02	1.21	6.44	341.14	0.94	3.18	0.95	17.33	0.16	21.88	1.92	-15.87	-1.26	95.01	7.91
DESV. EST		295.59	0.00	1.89	185.05	0.00	1.18	226.36	1.45	133.72	0.21	0.34	95.76	0.03	0.84	0.17	3.10	0.04	9.48	1.11	7.84	0.54	3.23	1.11
C.V, %		20.45	0.00	20.45	132.35	0.00	132.35	17.33	17.33	24.49	17.41	5.33	28.07	2.69	26.42	18.24	17.86	24.17	43.32	57.58	-49.42	-42.88	3.40	13.98

MSO, Materia seca ofrecida; NO, Nitrogeno ofrecido; MSR, Materia seca residual; NR, Nitrogeno rechazado; MSC, Materia seca consumida; NI, Nitrogeno ingerido;MSF, Materia seca fecal; NF,Nitrogeno fecal;UN, Nitrogeno urinario; P, perdidas; NC, Nitrogeno cutáneo,ND, Nitrogeno digestible; NM, Nitrogeno metabolizable; NDR, Nitrogeno digestible real; g, Gramos; d, Dias; CV, Coficiente de variabilidad; %, porcentaje.

**MEZCLA AL 6%**

ETAPA	LL	NITRÓGENO OFRECIDO			NITRÓGENO RECHAZADO			NITRÓGENO INGERIDO		NITRÓGENO FECAL			NITRÓGENO URINARIO			NITRÓGENO PER. CUTÁNEAS			N. DIGESTIBLE		N. METABOLIZADO		N. DIGESTIBLE REAL	
		MSO	NO	NO	MSR	NR	NR	MSC	NI	MSF	NF	NF	ORINA	UN	UN	TANEA	NC	NC	ND	ND	NM	NM	NDR	NDR
		g/d	%	g/d	g/d	%	g/d	g/d	g/d	g/d	%	g/d	g/d	%	g/d	g/d	%	g/d	g/d	%	g/d	%	g/d	%
I	LL, 2	1516.97	0.96	14.56	36.59	0.96	0.35	1480.38	14.21	589.80	1.22	7.20	467.14	1.07	5.00	0.73	15.86	0.12	49.37	7.02	14.20	2.02	91.52	13.01
II	LL, 1	1088.78	0.96	10.45	8.72	0.96	0.08	1080.06	10.37	392.06	1.27	4.98	392.14	0.79	3.10	1.07	15.16	0.16	51.98	5.39	22.10	2.29	98.15	10.18
III	LL, 3	1623.77	0.96	15.59	6.16	0.96	0.06	1617.61	15.53	645.01	1.20	7.74	554.00	0.67	3.71	0.91	16.54	0.15	50.16	7.79	26.25	4.08	88.73	13.78
PROMEDIO		1409.84	0.96	13.53	17.16	0.96	0.16	1392.68	13.37	542.29	1.23	6.64	471.09	0.84	3.94	0.90	15.85	0.14	50.50	6.73	20.85	2.80	92.80	12.32
DESV. EST		283.13	0.00	2.72	16.88	0.00	0.16	279.30	2.68	133.00	0.04	1.46	81.00	0.21	0.97	0.17	0.69	0.02	1.34	1.22	6.13	1.12	4.84	1.90
C.V, %		20.08	0.00	20.08	98.38	0.00	98.38	20.05	20.05	24.53	2.93	22.03	17.19	24.34	24.64	18.83	4.35	16.91	2.65	18.20	29.38	40.01	5.22	15.39

MSO,Materia seca ofrecida; NO, Nitrogeno ofrecido; MSR, Materia seca residual; NR, Nitrogeno rechazado; MSC, Materia seca consumida; NI, Nitrogeno ingerido;MSF, Materia seca fecal; NF,Nitrogeno fecal;UN, Nitrogeno urinario; P, perdidas; NC, Nitrogeno cutáneo,ND, Nitrogeno digestible; NM, Nitrogeno metabolizable; NDR, Nitrogeno digestible real; g, Gramos; d, Dias; CV, Coficiente de variabilidad; %, porcentaje.

**MEZCLA AL 8%**

ETAPA	LL	NITRÓGENO OFRECIDO			NITRÓGENO RECHAZADO			NITRÓGENO INGERIDO		NITRÓGENO FECAL			NITRÓGENO URINARIO			NITRÓGENO PER. CUTÁNEAS			N. DIGESTIBLE		N. METABOLIZADO		N. DIGESTIBLE REAL	
		MSO	NO	NO	MSR	NR	NR	MSC	NI	MSF	NF	NF	ORINA	UN	UN	TANEA	NC	NC	ND	ND	NM	NM	NDR	NDR
		g/d	%	g/d	g/d	%	g/d	g/d	g/d	g/d	%	g/d	g/d	%	g/d	g/d	%	g/d	g/d	%	g/d	%	g/d	%
I	LL, 3	1501.15	1.28	19.21	9.62	1.28	0.12	1491.93	19.10	616.39	1.37	8.44	783.57	0.74	5.80	0.79	23.17	0.18	55.78	10.65	25.42	4.85	87.15	16.64
II	LL, 2	1578.28	1.28	20.20	14.28	1.28	0.18	1564.00	20.02	561.56	1.26	7.08	880.86	0.89	7.84	1.12	29.06	0.33	64.66	12.94	25.49	5.10	94.58	18.93
III	LL, 1	1083.83	1.28	13.87	6.13	1.28	0.08	1077.70	13.79	436.28	1.20	5.24	537.14	0.65	3.49	1.13	17.37	0.20	62.05	8.56	36.74	5.07	96.75	13.35
PROMEDIO		1387.75	1.28	17.76	10.01	1.28	0.13	1377.88	17.64	538.08	1.28	6.92	733.86	0.76	5.71	1.01	23.20	0.23	60.83	10.72	29.22	5.01	92.82	16.31
DESV. EST		266.02	0.00	3.40	4.09	0.00	0.05	262.45	3.36	92.32	0.09	1.61	177.17	0.12	2.18	0.19	5.85	0.08	4.56	2.19	6.51	0.14	5.04	2.81
C.V, %		19.17	0.00	19.17	40.85	0.00	40.85	19.05	19.05	17.16	6.75	23.28	24.14	15.95	38.10	19.09	25.19	33.49	7.50	20.46	22.29	2.70	5.42	17.22

MSO, Materia seca ofrecida; NO, Nitrogeno ofrecido; MSR, Materia seca residual; NR, Nitrogeno rechazado; MSC, Materia seca consumida; NI, Nitrogeno ingerido;MSF, Materia seca fecal; NF,Nitrogeno fecal;UN, Nitrogeno urinario; P, perdidas; NC, Nitrogeno cutáneo,ND, Nitrogeno digestible; NM, Nitrogeno metabolizable; NDR, Nitrogeno digestible real; g, Gramos; d, Dias; CV, Coficiente de variabilidad; %, porcentaje.

**TABLA 20: NITROGENO CONSUMIDO SEGÚN TRATAMIENTOS**

<b>NITROGENO CONSUMIDO</b>	<b>4% PC</b>	<b>6% PC</b>	<b>8%PC</b>
Nitrogeno ofrecido, g/d.	9.250	13.530	17.760
Nitrogeno residual, g/d	0.890	0.160	0.130
Nitrogeno consumido, g/d.	8.360	13.370	17.630
Nitrogeno consumido, g/100g MSC	0.640	0.974	1.280
Nitrogeno consumido, g/W kg <sup>0.75</sup>	0.308	0.497	0.653
Proteina ofrecido, g/d.	57.813	84.563	111.000
Proteina residual, g/d	5.563	1.000	0.813
Proteina consumido, g/d.	52.250	83.563	110.188
Proteina consumido, g/W kg <sup>0.75</sup>	1.920	3.106	4.085

**PESO VIVO EN LLAMAS****TABLA 21: REGISTRO DE PESO VIVO EN LLAMAS.****MEZCLA DE ALIMENTO CON 4%**

ANIMAL	PI Kg.	PF Kg	Kg w0.75	GPVKg/7d.	GPVg/d.	GPV g/KgW0.75
LLAMA 1	62.000	61.000	21.827	-1.000	-0.143	-0.007
LLAMA 2	92.000	92.500	29.827	0.500	0.071	0.002
LLAMA 3	88.600	91.000	29.463	2.400	0.343	0.012
PROM.	80.867	81.500	27.039	0.633	0.090	0.002

**MEZCLA DE ALIMENTO CON 6%**

ANIMAL	PI Kg.	PF Kg	Kg w0.75	GPVKg/7d.	GPV kg/d.	GPV g/KgW0.75
LLAMA 1	61.000	61.000	21.827	0.000	0.000	0.000
LLAMA 2	85.000	88.800	28.927	3.800	0.543	0.019
LLAMA 3	91.000	92.000	29.706	1.000	0.143	0.005
PROM.	79.000	80.600	26.820	1.600	0.229	0.008

**MEZCLA DE ALIMENTO CON 8%**

ANIMAL	PI Kg.	PF Kg	Kg w0.75	GPVKg/7d.	GPV Kg/d.	GPV g/KgW0.75
LLAMA 1	61.000	62.000	22.095	1.000	0.143	0.006
LLAMA 2	88.800	92.000	29.706	3.200	0.457	0.015
LLAMA 3	84.000	88.600	28.879	4.600	0.657	0.023
PROM.	77.933	80.867	26.893	2.933	0.419	0.015

PI, Peso inicial; PF, Peso final; GPV, Ganancia de peso vivo; d, Dias.

**TABLA 22: PESOS VIVOS SEGÚN TRATAMIENTO**

PESO VIVO EN LLAMAS	4% PC	6% PC	8% PC
Peso promedio inicial, Kg.	80.867	79.000	77.933
Peso promedio final, Kg.	81.500	80.600	80.867
Peso metabolico, WKg <sup>0.75</sup>	27.124	26.899	26.967
Peso metabolico, WKg <sup>0.73</sup>	24.839	24.639	24.699
Ganancia de peso, g/d.	0.090	0.229	0.419
Ganancia de peso, g/W KG <sup>0.75</sup>	0.003	0.009	0.016

**TABLA 23: CONTENIDO DE NITRÓGENO EN HECES EN EL EXPERIMENTO.**

ETAPA	LLAMA	REPETICION	MUESTRA <sub>g</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>5</sub> 0.490		N		GASTO MI	N %	PROM. N%	PROM. PT%	PROM. PT%
				MS %	V. INICIAL	V. FINAL						
I	1 (4%)	A	0.2005	98.27	9.90	12.50	2.60	0.89			5.56	
	1 (4%)	B	0.2004	98.27	27.30	29.80	2.50	0.86	1.32	5.35	5.45	
III	2(4%)	A	0.2007	98.42	8.40	10.90	2.50	0.85			5.34	
	2(4%)	B	0.2001	98.42	12.70	15.40	2.70	0.93	1.35	5.79	5.56	
II	3 (4%)	A	0.2007	98.59	31.30	34.10	2.80	0.96			5.98	
	3 (4%)	B	0.2006	98.59	34.10	37.00	2.90	0.99	0.97	6.20	6.09	
II	1 (6%)	A	0.2005	97.13	16.40	20.10	3.70	1.27			7.91	
	1 (6%)	B	0.2007	97.13	20.10	23.80	3.70	1.26	1.27	7.90	7.91	
I	2(6%)	A	0.2007	98.17	13.70	17.10	3.40	1.16			7.26	
	2(6%)	B	0.2045	98.17	17.10	20.90	3.80	1.27	1.22	7.97	7.62	
III	3(6%)	A	0.2003	98.40	25.50	28.90	3.40	1.16			7.28	
	3(6%)	B	0.2006	98.40	9.80	13.40	3.60	1.23	1.20	7.69	7.49	
III	1(8%)	A	0.2004	98.23	11.30	14.80	3.50	1.20			7.49	
	1(8%)	B	0.2005	98.23	16.00	19.50	3.50	1.20	1.20	7.48	7.49	
II	2(8%)	A	0.201	98.78	23.80	27.70	3.90	1.33			8.32	
	2(8%)	B	0.2005	98.78	27.70	31.20	3.50	1.20	1.26	7.48	7.90	
I	3(8%)	A	0.2012	96.92	20.90	24.80	3.90	1.33			8.31	
	3(8%)	B	0.2005	96.92	25.00	29.00	4.00	1.37	1.37	8.55	8.43	

g, Gramos; V, Volumen; N, Nitrogeno; PT, Proteina Total; PROM, Promedio; %, Porcentaje

**TABLA 24: NITRÓGENO EN HECES. DISEÑO CUADRADO LATINO 3 X 3.**

ETAPA	LLAMA 1	LLAMA 2	LLAMA 3
I	4%1.32	6%1.22	8%1.37
II	6%1.27	8%1.26	4%0.97
III	8%1.20	4%1.35	6%1.20

TRATAMIENTO	MEZCLA 4%	MEZCLA 6%	MEZCLA 8%
PROM. MI	1.21	1.23	1.28



**TABLA 25: CONTENIDO DE NITRÓGENO EN ORINA EN LLAMAS.**

ETAPA	LLAMA	REPETICION	H <sub>2</sub> SO <sub>5</sub> 0.490 N				PROM. N %	PROM. N%	PROM. PT%	PROM. PT%
			MUESTRA MI	V. INICIAL	V. FINAL	GASTO MI				
I	1 (4%)	A	5	0	71.10	71.10	0.98		6.10	
	1 (4%)	B	5	0	69.90	69.90	0.96	0.97	5.99	6.05
III	2(4%)	A	5	0	66.20	66.20	0.91		5.68	
	2(4%)	B	5	0	66.40	66.40	0.91	0.91	5.69	5.69
II	3 (4%)	A	5	0	69.50	69.50	0.95		5.96	
	3 (4%)	B	5	0	68.10	68.10	0.93	0.94	5.84	5.90
II	1 (6%)	A	5	0	59.90	59.90	0.82		5.14	
	1 (6%)	B	5	0	55.60	55.60	0.76	0.79	4.77	4.95
I	2(6%)	A	5	0	81.30	81.30	1.12		6.97	
	2(6%)	B	5	0	75.30	75.30	1.03	1.07	6.46	6.71
III	3(6%)	A	5	0	33.70	45.70	0.63		3.92	
	3(6%)	B	5	0	51.40	51.40	0.71	0.67	4.41	4.16
III	1(8%)	A	5	0	46.60	46.60	0.64		4.00	
	1(8%)	B	5	0	48.50	48.50	0.67	0.65	4.16	
II	2(8%)	A	5	0	68.30	68.30	0.94		5.86	5.01
	2(8%)	B	5	0	61.50	61.50	0.84	0.89	5.27	
I	3(8%)	A	5	0	50.80	50.80	0.70		4.36	
	3(8%)	B	5	0	57.30	57.30	0.79	0.74	4.91	4.63

g, Gramos; V, Volumen; N, Nitrogeno; PT, Proteina Total; PROM, Promedio; %, Porcentaje

**TABLA 26: ROTACIÓN DE TRATAMIENTOS EN NITRÓGENO EN ORINA. DISEÑO CUADRADO LATINO 3 X 3.**

ETAPA	LLAMA 1	LLAMA 2	LLAMA 3
I	4%0.97	6%1.07	8%0.74
II	6%0.79	8%0.89	4%0.94
III	8%0.65	4%0.91	6%0.67

TRATAMIENTO	MEZCLA 4%	MEZCLA 6%	MEZCLA 8%
PROM. MI	0.94	0.84	0.76

**TABLA 27:** CONTENIDO DE NITRÓGENO EN PÉRDIDAS CUTÁNEAS EN EL EXPERIMENTO EN LLAMAS.

ETAPA	LLAMA	REPETICION	H <sub>2</sub> SO <sub>5</sub> 0.0634 N				GASTO MI	N %	PROM.	
			MUESTRA g	V. INICIAL	V. FINAL	N %			PT%	PT%
I	1 (4%)	A	0.2004	0.00	30.10	30.10	13.33		83.32	
	1 (4%)	B	0.2002	0.00	33.20	33.20	14.72	14.03	92.00	87.66
III	2(4%)	A	0.2009	0.00	40.70	40.70	17.98		112.39	
	2(4%)	B	0.2002	0.00	39.70	39.70	17.60	17.79	110.01	111.20
II	3 (4%)	A	0.2008	0.00	51.20	51.20	22.63		141.45	
	3 (4%)	B	0.2009	0.00	40.10	40.10	17.72	20.17	110.73	126.09
II	1 (6%)	A	0.2	0.00	33.90	33.90	15.04		94.03	
	1 (6%)	B	0.2004	0.00	34.50	34.50	15.28	15.16	95.50	94.77
I	2(6%)	A	0.2008	0.00	35.30	35.30	15.60		97.52	
	2(6%)	B	0.2005	0.00	36.40	36.40	16.11	15.86	100.71	99.12
III	3(6%)	A	0.2002	0.00	37.30	37.30	16.54		103.36	
	3(6%)	B	0.2002	0.00	37.30	37.30	16.54	16.54	103.36	134.59
III	1(8%)	A	0.2009	0.00	37.20	37.20	16.44		102.72	
	1(8%)	B	0.2008	0.00	41.40	41.40	18.30	17.37	114.38	108.55
II	2(8%)	A	0.2008	0.00	71.10	71.10	31.43		196.43	
	2(8%)	B	0.2002	0.00	60.20	60.20	26.69	29.06	166.81	181.62
I	3(8%)	A	0.2005	0.00	62.50	62.50	27.67		172.93	
	3(8%)	B	0.2005	0.00	42.20	42.20	18.68	23.17	116.76	144.84

g, Gramos; V, Volumen; N, Nitrogeno; PT, Proteina Total; PROM, Promedio; %, Porcentaje

**TABLA 28:** ROTACIÓN DE TRATAMIENTOS EN CONTENIDO DE NITRÓGENO EN PÉRDIDAS CUTÁNEAS. DISEÑO CUADRADO LATINO 3 X 3.

ETAPA	LLAMA 1	LLAMA 2	LLAMA 3
I	4%14.03	6%15.86	8%23.17
II	6%15.16	8%29.06	4%20.17
III	8%17.37	4%17.79	6%16.54

TRATAMIENTO	MEZCLA 4%	MEZCLA 6%	MEZCLA 8%
PROM. MI	17.33	15.85	23.20

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

**TABLA 29:** CONSUMO DE MATERIA SECA (g/d), EN EL EXPERIMENTO DE METABOLISMO A DIFERENTES NIVELES DE PROTEÍNA TOTAL. DISEÑO CUADRADO LATINO 3X3.

FILAS		COLUMNA (N° DE LLAMAS)					TOTAL
		LLAMA 1		LLAMA 2			LLAMA 3
ETAPA I	4%	1085.04	6%	1480.38	8%	1491.53	4056.95
ETAPA II	6%	1080.06	8%	1564.00	4%	1537.40	4181.46
ETAPA III	8%	1077.70	4%	1295.43	6%	1617.61	3990.74
TOTAL COLUM.		3242.80		4339.81		4646.54	12229.15

**TABLA 30:** ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL CONSUMO DE MATERIA SECA (g/d), EN EL EXPERIMENTO A DIFERENTES NIVELES DE PROTEÍNA.

F DE V	GL	SC	CM	Fcal.	Ftab 0.05	Ftab 0.01	sign.
FILAS (ETAPAS)	2	6251.18	3125.59	0.23	19	99	ns
COLUMNAS (LLAMAS)	2	363111.14	181555.57	13.55	19	99	ns
TRATAMIENTOS (NIVELES)	2	12898.04	6449.02	0.48	19	99	ns
ERROR (OBSERVACIONES)	2	26799.70	13399.85				
TOTAL	8	409060.06					

**TABLA 31:** DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA SECA (%), EN EL EXPERIMENTO DE METABOLISMO. DISEÑO CUADRADO LATINO 3X3.

FILAS		COLUMNA (N° DE LLAMAS)					TOTAL
		LLAMA 1		LLAMA 2			LLAMA 3
ETAPA I	4%	57.36	6%	60.16	8%	58.67	176.19
ETAPA II	6%	63.70	8%	64.09	4%	54.45	182.24
ETAPA III	8%	59.52	4%	63.32	6%	61.13	183.97
TOTAL COLUM.		180.58		187.57		174.25	542.4

**TABLA 32:** ANÁLISIS DE VARIANZA DE DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA SECA (%), EN EL EXPERIMENTO DE METABOLISMO. DISEÑO CUADRADO LATINO 3X3

F DE V	GL	SC	CM	Fcal.	Ftab 0.05	Ftab 0.01	sign.
FILAS (ETAPAS)	2	11.12	5.56	0.47	19	99	ns
COLUMNAS (LLAMAS)	2	29.59	14.80	1.24	19	99	ns
TRATAMIENTOS (NIVELES)	2	17.30	8.65	0.73	19	99	ns
ERROR (OBSERVACIONES)	2	23.86	11.93				
TOTAL	8	81.87					

**TABLA 33:** NITRÓGENO INGERIDO (g/d), EN EL EXPERIMENTO A DIFERENTES NIVELES DE PROTEÍNA TOTAL. DISEÑO CUADRADO LATINO 3X3.

FILAS		COLUMNA (N° DE LLAMAS)					TOTAL
		LLAMA 1		LLAMA 2			LLAMA 3
ETAPA I	4%	6.94	6%	14.21	8%	19.1	40.25
ETAPA II	6%	10.37	8%	20.02	4%	9.84	40.23
ETAPA III	8%	13.79	4%	8.29	6%	15.53	37.61
TOTAL COLUM.		31.1		42.52		44.47	118.09

**TABLA 34:** ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL NITRÓGENO INGERIDO (g/d), EN EL EXPERIMENTO A DIFERENTES NIVELES DE PROTEÍNA TOTAL. DISEÑO CUADRADO

F DE V	GL	SC	CM	Fcal.	Ftab 0.05	Ftab 0.01	sign.
FILAS (ETAPAS)	2	1.537	0.769	0.314	19	99	ns
COLUMNAS (LLAMAS)	2	34.775	17.388	7.113	19	99	ns
TRATAMIENTOS (NIVELES)	2	129.456	64.728	26.479	19	99	sig.
ERROR (OBSERVACIONES)	2	4.889	2.445				
TOTAL	8	170.658					

**TABLA 35:** DIGESTIBILIDAD DE NÍTROGENO INGERIDO (%), EN EL EXPERIMENTO A DIFERENTES NIVELES DE PROTEÍNA TOTAL. DISEÑO CUADRADO LATINO 3X3.

FILAS		COLUMNA (N° DE LLAMAS)					TOTAL
		LLAMA 1		LLAMA 2			LLAMA 3
ETAPA I	4%	12.05	6%	49.37	8%	55.78	117.2
ETAPA II	6%	51.98	8%	64.66	4%	30.97	147.61
ETAPA III	8%	62.05	4%	22.64	6%	50.16	134.85
TOTAL COLUM.		126.08		136.67		136.91	399.66

**TABLA 36:** ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA DIGESTIBILIDAD NITRÓGENO INGERIDO (%), EN EL EXPERIMENTO A DIFERENTES NIVELES DE PROTEÍNA TOTAL. DISEÑO CUADRADO LATINO 3X3.

F DE V	GL	SC	CM	Fcal.	Ftab 0.05	Ftab 0.01	sign.
FILAS (ETAPAS)	2	155.456	77.728	3.523	19	99	ns
COLUMNAS (LLAMAS)	2	25.499	12.750	0.578	19	99	ns
TRATAMIENTOS (NIVELES)	2	2442.137	1221.068	55.351	19	99	sig.
ERROR (OBSERVACIONES)	2	44.121	22.061				
TOTAL	8	2667.214					

**TABLA 37:** BALANCE DE NITRÓGENO (g/d), EN EL EXPERIMENTO A DIFERENTES NIVELES DE PROTEÍNA TOTAL. DISEÑO CUADRADO LATINO 3X3.

FILAS		COLUMNA (N° DE LLAMAS)					TOTAL DE FILAS
		LLAMA 1		LLAMA 2			
ETAPA I	4%	-0.72	6%	1.89	8%	4.68	5.85
ETAPA II	6%	2.13	8%	4.77	4%	0.35	7.25
ETAPA III	8%	4.85	4%	-1.93	6%	3.93	6.85
TOTAL COLUM.		6.26		4.73		8.96	19.95

**TABLA 38:** ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL BALANCE DE NITRÓGENO (g/d), EN EL EXPERIMENTO A DIFERENTES NIVELES DE PROTEÍNA TOTAL. DISEÑO CUADRADO LATINO

F DE V	GL	SC	CM	Fcal.	Ftab 0.05	Ftab 0.01	sign.
FILAS (ETAPAS)	2	0.347	0.173	0.204	19	99	ns
COLUMNAS (LLAMAS)	2	3.058	1.529	1.801	19	99	ns
TRATAMIENTOS (NIVELES)	2	46.772	23.386	27.538	19	99	sig.
ERROR (OBSERVACIONES)	2	1.698	0.849				
TOTAL	8	51.875					

**TABLA 39:** EXCRECIÓN DE NITRÓGENO FECAL (g/d), EN EL EXPERIMENTO A DIFERENTES NIVELES DE PROTEÍNA TOTAL. DISEÑO CUADRADO LATINO 3X3.

FILAS		COLUMNA (N° DE LLAMAS)					TOTAL DE FILAS
		LLAMA 1		LLAMA 2			
ETAPA I	4%	6.11	6%	7.20	8%	8.44	21.75
ETAPA II	6%	4.98	8%	7.08	4%	6.79	18.85
ETAPA III	8%	5.24	4%	6.41	6%	7.74	19.39
TOTAL COLUM.		16.33		20.69		22.97	59.99

**TABLA 40.** ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA EXCRECIÓN DE NITRÓGENO FECAL (g/d), EN EL EXPERIMENTO A DIFERENTES NIVELES DE PROTEÍNA TOTAL. DISEÑO CUADRADO LATINO 3X3.

F DE V	GL	SC	CM	Fcal.	Ftab 0.05	Ftab 0.01	sign.
FILAS (ETAPAS)	2	1.59	0.79	3.20	19	99	ns
COLUMNAS (LLAMAS)	2	7.59	3.79	15.31	19	99	ns
TRATAMIENTOS (NIVELES)	2	0.35	0.18	0.71	19	99	ns
ERROR (OBSERVACIONES)	2	0.50	0.25				
TOTAL	8	10.02					

**TABLA 41:** EXCRECIÓN DE NITRÓGENO EN ORINA (g/d), EN EL EXPERIMENTO A DIFERENTES NIVELES DE PROTEÍNA TOTAL. DISEÑO CUADRADO LATINO 3X3.

FILAS		COLUMNA (N° DE LLAMAS)					TOTAL DE FILAS
		LLAMA 1		LLAMA 2			
ETAPA I	4%	2.21	6%	5.00	8%	5.8	13.01
ETAPA II	6%	3.10	8%	7.84	4%	3.72	14.66
ETAPA III	8%	3.49	4%	3.61	6%	3.71	10.81
TOTAL COLUM.		8.8		16.45		13.23	38.48

**TABLA 42:** ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA EXCRECIÓN DE NITRÓGENO EN ORINA (g/d), EN EL EXPERIMENTO A DIFERENTES NIVELES DE PROTEÍNA TOTAL. DISEÑO CUADRADO LATINO 3X3.

F DE V		GL	SC	CM	Fcal.	Ftab 0.05	Ftab 0.01	sign.
FILAS (ETAPAS)		2	0.035	0.017	3.656	19	99	ns
COLUMNAS (LLAMAS)		2	0.043	0.022	4.562	19	99	ns
TRATAMIENTOS (NIVELES)		2	0.050	0.025	5.272	19	99	ns
ERROR (OBSERVACIONES)		2	0.009	0.005				
TOTAL		8	0.137					

**TABLA 43:** EXCRECIÓN DE NITRÓGENO EN PÉRDIDAS DÉRMICAS (g/d), EN EL EXPERIMENTO A DIFERENTES NIVELES DE PROTEÍNA TOTAL. DISEÑO CUADRADO LATINO 3X3

FILAS		COLUMNA (N° DE LLAMAS)					TOTAL DE FILAS
		LLAMA 1		LLAMA 2			
ETAPA I	4%	0.12	6%	0.12	8%	0.18	0.42
ETAPA II	6%	0.16	8%	0.33	4%	0.17	0.66
ETAPA III	8%	0.20	4%	0.20	6%	0.15	0.55
TOTAL COLUM.		0.48		0.65		0.5	1.63

**TABLA 44:** ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA EXCRECIÓN DE NITRÓGENO EN PÉRDIDAS DÉRMICAS (g/d), EN EL EXPERIMENTO A DIFERENTES NIVELES DE PROTEÍNA TOTAL. DISEÑO CUADRADO LATINO 3X3.

F DE V	GL	SC	CM	Fcal.	Ftab 0.05	Ftab 0.01	sign.
FILAS (ETAPAS)	2	0.010	0.005	4.758	19	99	ns
COLUMNAS (LLAMAS)	2	0.006	0.003	2.846	19	99	ns
TRATAMIENTOS (NIVELES)	2	0.014	0.007	7.165	19	99	ns
ERROR (OBSERVACIONES)	2	0.002	0.001				
TOTAL	8	0.032					

**TABLA 45:** ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA REGRESION LINEAL DE NITROGENO METABOLICO FECAL.

<i>F DE V.</i>	<i>GL</i>	<i>SC</i>	<i>PROM. CM</i>	<i>F</i>	<i>Ftab. 0.05</i>	<i>Ftab, 0.01</i>	<i>sign.</i>
Regresión	1	0.000199	0.000199	198.795937	19	99	alt. Sign.
Residuos	1	0.000001	0.000001				
Total	2	0.000200					

**TABLA 46:** ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA REGRESION LINEAL DE NITROGENO ENDOGENO URINARIO.

<i>F DE V.</i>	<i>GL</i>	<i>SC</i>	<i>PROM. CM</i>	<i>F</i>	<i>Ftab. 0.05</i>	<i>Ftab, 0.01</i>	<i>sign.</i>
Regresión	1	0.0661	0.0661	360.2817	19	99	alt. Sign.
Residuos	1	0.0002	0.0002				
Total	2	0.0663					

**TABLA 47:** ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA REGRESION LINEAL DE NITROGENO METABOLICO FECAL.

<i>F DE V.</i>	<i>GL</i>	<i>SC</i>	<i>PROM. CM</i>	<i>F</i>	<i>Ftab. 0.05</i>	<i>Ftab, 0.01</i>	<i>sign.</i>
Regresión	1	0.00010368	0.00010368	44.605706	19	99	sign.
Residuos	1	0.00000232	0.00000232				
Total	2	0.00010600					

**FOTO 1:** Julas metabólicas, vista posterior  
vista anterior.



**FOTO 2:** Jaulas metabólicas,



**FOTO 3, FOTO 4:** Jaula metabólica individual, vista anterior; Jaula Metabolica individual, vista posterior.





**FOTO 5:** jaula metabolica y parrilla de soporte.



**FOTO 6:** Dispositivo colector de orina y heces, parrilla de coleccion de heces.



**FOTO 7:** Dispositivo colector de orina y heces, embudo colector de orina.



