

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



**PERDIDAS ENDOGENAS DE NITROGENO EN ALPACAS SURI**

**MACHOS DE UN AÑO DE EDAD**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**GEMA RAQUEL YUCRA HANCCO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA**

**PUNO – PERÚ**

**2020**

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

**“PERDIDAS ENDOGENAS DE NITROGENO EN ALPACAS SURI MACHOS  
DE UN AÑO DE EDAD”**

**TESIS PRESENTADA POR:  
GEMA RAQUEL YUCRA HANCCO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA**



**APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:**

**PRESIDENTE:**

Ph. D. José Luis Bautista Pampa

**PRIMER MIEMBRO**

MVZ Juan Guido Medina Suca

**SEGUNDO MIEMBRO**

Mg. Francisco Halley Rodríguez Huanca

**DIRECTOR**

Ph. D. Bernardo Roque Huanca

**ASESOR**

Mg. Sc. Diannett Benito Lopez

**Área** : Fisiología animal de altura

**Tema** : Perdidas endógenas de nitrógeno en Alpacas

**FECHA DE SUSTENTACIÓN: 3 de enero del 2020**

## ÍNDICE GENERAL

|   |    |
|---|----|
| <b>RESUMEN</b> .....  | 13 |
| <b>ABSTRACT</b> .....                                       | 14 |
| <b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....                                | 15 |
| 1.1. Objetivos de la investigación: .....                   | 16 |
| 1.1.1. Objetivo general .....                               | 16 |
| 1.1.2. Objetivos específicos:.....                          | 16 |
| <b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....                     | 17 |
| 2.1. Proteína y su digestión .....                          | 17 |
| 2.2. Balance de nitrógeno.....                              | 20 |
| 2.3. Digestibilidad de nitrógeno .....                      | 22 |
| 2.4. Pérdidas de nitrógeno endógeno totales.....            | 23 |
| 2.5. Composición química de forrajes .....                  | 30 |
| <b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....                      | 35 |
| 3.1 Lugar:.....   | 35 |
| 3.2 Instalaciones:.....                                     | 35 |
| 3.3 Material Experimental .....                             | 35 |
| 3.4 Animales .....  | 36 |
| 3.5 Forrajes.....   | 36 |
| 3.6 Dietas .....  | 37 |
| 3.7 Manejo de los animales durante el experimento .....     | 38 |
| 3.8 Metodología experimental.....                           | 39 |
| 3.8.1. Determinación de Digestibilidad de nitrógeno .....   | 39 |
| 3.8.2. Determinación de Balance de Nitrógeno .....          | 39 |
| 3.8.3. Determinación de la pérdida total de nitrógeno ..... | 40 |
| 3.8.4. Variables de medida .....                            | 43 |
| 3.8.5. Análisis estadístico .....                           | 43 |
| <b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....                     | 46 |
| 4.1 Digestibilidad de nitrógeno .....                       | 46 |
| 4.2. Balance de nitrógeno en alpacas.....                   | 47 |
| 4.3. Nitrógeno Metabólico Fecal .....                       | 48 |
| 4.4. Nitrógeno Endógeno Urinario .....                      | 51 |
| 4.5. Nitrógeno Dérmico.....                                 | 54 |
| 4.6. Pérdidas totales de nitrógeno endógeno.....            | 57 |
| <b>V. CONCLUSIONES</b> .....                                | 59 |
| <b>VI. RECOMENDACIONES</b> .....                            | 60 |



|   |           |
|---|-----------|
| <b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b> | <b>61</b> |
| <b>ANEXOS.....</b>                          | <b>65</b> |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| <i>Figura 1</i> Jaulas individuales cubiertas con un piso plastificado y laterales de material polietileno .....     | 66 |
| <i>Figura 2</i> Equipos de colección: bolsas de colección fecal, fundas de colección de orina sujetas al arnés. .... | 66 |
| <i>Figura 3</i> Alpacas en periodo de acostumbramiento. ....   | 67 |
| <i>Figura 4</i> Alpacas en periodo experimental con sus respectivas dietas. ....                                     | 67 |
| <i>Figura 5</i> Alpacas en periodo experimental con su módulo de arnés: colector de orina y heces.....               | 68 |

## ÍNDICE DE GRAFICOS

|  |    |
|--|----|
| <b>Grafico 1.</b> <i>Regresión Lineal de pérdidas de nitrógeno fecal sobre el nivel de nitrógeno consumido en alpacas suri.</i> .....            | 49 |
| <b>Grafico 2.</b> <i>Regresión Lineal de pérdidas de Nitrógeno Metabólica Fecal (g/d)</i> .....  | 50 |
| <b>Grafico 3.</b> <i>Regresión Lineal de la pérdida de nitrógeno urinario sobre el nivel de nitrógeno consumido en alpacas suri macho.</i> ..... | 52 |
| <b>Grafico 4.</b> <i>Regresión Lineal de la pérdida de Nitrógeno Endógeno Urinario (g/d)</i> .....   | 53 |
| <b>Grafico 5.</b> <i>Regresión Lineal de la pérdida de nitrógeno dérmico sobre el nivel de nitrógeno consumido en alpacas suri.</i> .....        | 55 |
| <b>Gráfico 6.</b> <i>Regresión Lineal de la pérdida de nitrógeno dérmico g/d.</i> .....  | 56 |

## INDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabla 1.</b> Composición química de heno de avena, ichu y heno de alfalfa (100% MS)..                                    | 34 |
| <b>Tabla 2.</b> Composición química de los alimentos <i>Stipa ichu</i> , <i>Avena sativa</i> y <i>Medicago sativa</i> ..... | 37 |
| <b>Tabla 3.</b> Contenido de nutrientes en las dietas experimentales. ....  | 38 |
| <b>Tabla 4.</b> Diseño Cuadrado Latino 3x3=9, dietas con 3 niveles de proteína (%).....                                     | 44 |
| <b>Tabla 5.</b> Digestibilidad y Balance de Nitrógeno de las dietas en alpaca suri macho....                                | 46 |
| <b>Tabla 6.</b> Nitrógeno Metabólico Fecal (NMF) en alpacas suri macho. ....  | 49 |
| <b>Tabla 7.</b> Nitrógeno Endógeno Urinario (NEU) en alpacas suri macho. ....   | 52 |
| <b>Tabla 8.</b> Nitrógeno Dérmico (NED) en alpacas suri macho. ....   | 55 |
| <b>Tabla 9.</b> Perdida totales de nitrógeno endógeno .....   | 57 |
| <b>Tabla 10.</b> Composición química del suplemento mineral y vitamínico (suplamin difos) .....                             | 69 |
| <b>Tabla 11.</b> Consumo de materia seca (CMS) en alpacas suri macho.....   | 70 |
| <b>Tabla 12.</b> Porcentaje de materia seca fecal (7 días) en alpacas suri macho. ....                                      | 72 |
| <b>Tabla 13.</b> Excreción de materia seca fecal en el experimento de metabolismo in vivo en alpaca.....                    | 73 |
| <b>Tabla 14.</b> Digestibilidad de materia seca (DMS, %) de la mezcla de alimento.....                                      | 74 |
| <b>Tabla 15.</b> Rotación de los tratamientos en el experimento de digestibilidad.....                                      | 74 |
| <b>Tabla 16.</b> Colección de orina, en el experimento de metabolismo en ml/d.....  | 75 |
| <b>Tabla 17.</b> Rotación de los tratamientos en el experimento de digestibilidad. excreción de orina, ml/día.....          | 75 |
| <b>Tabla 18.</b> Colección de pérdidas dérmicas en el experimento, g/d.....   | 76 |
| <b>Tabla 19.</b> Rotación de tratamientos en el experimento de digestibilidad de pérdidas dérmicas, g/d.....                | 76 |
| <b>Tabla 20.</b> Nitrógeno digestible y metabólico de la mezcla de alimento a diferentes niveles de proteína. ....          | 77 |
| <b>Tabla 21.</b> Registro de peso vivo en alpacas suri de un año de edad. ....  | 78 |
| <b>Tabla 22.</b> Consumo, perdida y balance de nitrógeno en alpacas .....   | 79 |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Tabla 23.</b> <i>Contenido de nitrógeno en heces en el experimento de metabolismo convencional in vivo en alpaca.....</i>  | <b>80</b> |
| <b>Tabla 24.</b> <i>contenido de nitrógeno en orina en el experimento de metabolismo convencional in vivo en alpaca.....</i>  | <b>81</b> |
| <b>Tabla 25.</b> <i>Contenido de nitrógeno en pérdidas cutáneas en el experimento de metabolismo convencional in vivo en alpaca .....</i>   | <b>82</b> |
| <b>Tabla 26.</b> <i>Consumo de materia seca (g/día) en el experimento de metabolismo a diferentes niveles de proteínas total. diseño cuadrado latino 3x3. ....</i>                      | <b>83</b> |
| <b>Tabla 27.</b> <i>análisis de varianza para el consumo de materia seca (g/día) en el experimento a diferentes niveles de proteína total. diseño cuadrado latino. ....</i>             | <b>83</b> |
| <b>Tabla 28.</b> <i>Digestibilidad de la materia seca (%) en el experimento de metabolismo a diferentes niveles de proteína total. diseño cuadrado latino 3x3. ....</i>                 | <b>83</b> |
| <b>Tabla 29.</b> <i>Análisis de varianza para la digestibilidad de materia seca (%) en el experimento a diferentes niveles de proteína total. diseño cuadrado latino 3x3. ....</i>      | <b>84</b> |
| <b>Tabla 30.</b> <i>Nitrógeno ingerido (g/día) en el experimento de metabolismo de diferentes niveles de proteína total. diseño cuadrado latino 3x3.....</i>                            | <b>84</b> |
| <b>Tabla 31.</b> <i>Análisis de varianza para el nitrógeno ingerido (g/día) en el experimento a diferentes niveles de proteína total. diseño cuadrado latino 3x3 .....</i>              | <b>84</b> |
| <b>Tabla 32.</b> <i>Digestibilidad de nitrógeno (%) en el experimento de metabolismo a diferentes niveles de proteínas total. diseño cuadrado latino 3x3 .....</i>                      | <b>84</b> |
| <b>Tabla 33.</b> <i>Análisis de varianza para la digestibilidad de nitrógeno (%) en el experimento a diferentes niveles de proteína total. diseño cuadrado latino 3x3. ....</i>         | <b>85</b> |
| <b>Tabla 34.</b> <i>Balace de nitrógenos (g/día) en el experimento de metabolismo a diferentes niveles de proteínas total. diseño cuadrado latino 3x3. ....</i>                         | <b>85</b> |
| <b>Tabla 35.</b> <i>Análisis de varianza para el balance nitrógeno (g/día) en el experimento a diferentes niveles de proteína total. diseño cuadrado latino 3x3. ....</i>               | <b>85</b> |
| <b>Tabla 36.</b> <i>Excreción de nitrógeno fecal (g/día) en el experimento de metabolismo a diferentes niveles de proteínas total. diseño cuadrado latino 3x3. ....</i>                 | <b>86</b> |
| <b>Tabla 37.</b> <i>Análisis de varianza para la excreción de nitrógeno fecal (g/día) en el experimento a diferentes niveles de proteína total. diseño cuadrado latino 3x3 .....</i>    | <b>86</b> |
| <b>Tabla 38.</b> <i>Excreción de nitrógeno urinario (g/día) en el experimento de metabolismo a diferentes niveles de proteínas total. diseño cuadrado latino 3x3. ....</i>              | <b>86</b> |
| <b>Tabla 39.</b> <i>Análisis de varianza para la excreción de nitrógeno urinario (g/día) en el experimento a diferentes niveles de proteína total. diseño cuadrado latino 3x3. ....</i> | <b>86</b> |

**Tabla 40.** *Excreción de nitrógeno por pérdida dérmica (g/día) en el experimento de metabolismo a diferentes niveles de proteínas total. diseño cuadrado latino 3x3 ..... 87*

**Tabla 41.** *Análisis de varianza para la excreción de nitrógeno por pérdida dérmica (g/día) en el experimento a diferentes niveles de proteína total. diseño cuadrado latino 3x3..... 87*

**Tabla 42.** *Análisis de regresión de pérdidas de nitrógeno fecal en alpacas suri..... 87*

**Tabla 43.** *Análisis de regresión de pérdidas de nitrógeno urinario en alpacas suri ..... 88*

**Tabla 44.** *Análisis de regresión de pérdidas de nitrógeno dérmico en alpacas suri ..... 88*

## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

MS= Materia seca

PT= Proteína total

EB= Energía bruta

EM= Energía metabolizable.

BN = Balance de nitrógeno

NI = Nitrógeno ingerido

NF = Nitrógeno fecal

NU = Nitrógeno urinario

NED = Nitrógeno dérmico

CMS = Consumo de materia seca

CN = Consumo de nitrógeno

ND = Nitrógeno digestible

NMF = Nitrógeno metabólico fecal

NEU = Nitrógeno endógeno urinario

NED = Nitrógeno endógeno dérmico

## DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a Dios que ha estado siempre conmigo guiándome por el buen camino, quien me ha dado fuerzas para seguir adelante y por haberme permitido culminar una etapa más de mi vida.

Dedico con todo mi amor a mis queridos padres Teobaldo Yucra Checcahuari

Francisca Chávez Hanco

por brindarme su apoyo incondicional, que sin escatimar esfuerzo y con gran paciencia me impulsaron a seguir siempre adelante, por sus buenos consejos, por su comprensión, por el infinito amor, por ayudarme y acompañarme siempre en los momentos más difíciles.

A mis queridas hermanas

María, Ruth, Guadalupe y Noemi

que son para mi ejemplo de superación.

A mi amigo incondicional Jesús quien me ayudo en todo el proceso experimental.

Gracias por su cariño y apoyo para poderme realizar como profesional.

## AGRADECIMIENTOS

Mi más profundo agradecimiento a las personas que me ayudaron en la realización de este trabajo.

Agradezco a mi director de tesis, Ph.D. Bernardo Roque Huanca

A mis jurados Ph.D. JOSÉ LUIS BAUTISTA PAMPA, MVZ. Juan Guido Medina Suca; Mg. Francisco Halley Rodríguez Huanca gracias por el tiempo prestado para la revisión de este trabajo de investigación.

A mis docentes de la gloriosa Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, que con sus conocimientos contribuyeron en mi formación profesional.

A la Universidad Nacional del Altiplano, mi alma mater.

Al laboratorio de nutrición animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

a todo el personal que labora, por las facilidades brindadas durante el desarrollo de la fase de campo para poder ejecutar mi proyecto de investigación científica.

Finalmente agradezco especialmente a todos los compañeros y maestros que me brindaron sus conocimientos y su amistad durante todo el proceso de mi formación profesional y realización de tesis. A todos ellos **GRACIAS**.

## RESUMEN

El nitrógeno de origen endógeno es un componente esencial para cuantificar los requerimientos de mantenimiento de proteína en el animal. El trabajo tuvo como objetivo determinar el nitrógeno metabólico fecal (NMF), nitrógeno endógeno urinario (NEU) y nitrógeno dérmico (ND) en alpacas (*Vicugna pacos*) Suri, mediante ensayos de metabolismo convencional *in vivo*. Se utilizaron tres alpacas Suri machos de 1 año de edad de color blanco, clínicamente sanas, con un peso vivo inicial de  $30.07 \pm 4.75$  kg, procedentes de la Comunidad de Túpac Amaru II del distrito de San José, Provincia de Azángaro y Dpto de Puno. Los animales fueron alimentados con dietas a base de henos de: avena (*Avena sativa*), ichu (*Stipa ichu*), alfalfa (*Medicago sativa*) y con adición de suplemento vitamínico mineral, con niveles de 4, 6 y 8% de proteína cruda (PC), conducidas en un diseño cuadrado latino 3x3. Los Resultados indican que la digestibilidad del nitrógeno fueron 29.15, 52.46 y 63.95 % para las dietas de 4, 6 y 8% PC, respectivamente. Nitrógeno Metabólico Fecal fueron 0.4459 g/100 g de Materia seca consumida, Nitrógeno Endógeno Urinario fue 0.099 g/kg  $W^{0.75}$  d y Nitrógeno Dérmico fue 0.0008 g/kg  $W^{0.75}$  d. El balance de Nitrógeno (BN) fue positivo a excepción de dieta 4% PC, siendo el BN de: -0.47, 1.44 y 3.17 g/d, para las dietas con 4, 6 y 8% de PC, respectivamente. Se concluye que la pérdida total de nitrógeno fue 0.1358 g/kg  $W^{0.75}$  d, perdida inevitable que ocurre por cambios físicos a causa del proceso de renovación de las proteínas corporales.

**Palabras claves:** Alpaca, nitrógeno endógeno, fecal, urinario, dérmico.

## ABSTRACT

Endogenous nitrogen is an essential component to quantify the maintenance requirements of protein in the animal. The work aimed to determine fecal metabolic nitrogen (NMF), endogenous urinary nitrogen (NEU) and dermal nitrogen (ND) in alpacas (*Vicugna pacos*) Suri, using in vivo conventional metabolism tests. Three 1-year-old white, clinically healthy, male Suri alpacas with an initial live weight of  $30.07 \pm 4.75$  kg were used from the Tupac Amaru II Community of the San José district, Azángaro Province and Puno Department. The animals were fed with hay-based diets of: oats (*Avena sativa*), ichu (*Stipa ichu*), alfalfa (*Medicago sativa*) and with the addition of a mineral vitamin supplement, with levels of 4, 6 and 8% crude protein (PC), conducted in a 3x3 Latin square design. The results indicate that the digestibility of nitrogen was 29.15, 52.46 and 63.95% for the diets of 4, 6 and 8% CP, respectively. Fecal Metabolic Nitrogen was 0.4459 g / 100 g of dry matter consumed, Urinary Endogenous Nitrogen was 0.099 g / kg W<sup>0.75</sup> d and Dermal Nitrogen was 0.0008 g / kg W<sup>0.75</sup>d. The Nitrogen balance (BN) was positive with the exception of the 4% PC diet, the BN being: -0.47, 1.44 and 3.17 g / d, for diets with 4, 6 and 8% of PC, respectively. It is concluded that the total loss of nitrogen was 0.1358 g / kgW<sup>0.75</sup>d, an inevitable loss that occurs due to physical changes due to the process of renewal of body proteins.

Keywords: Alpaca, endogenous, fecal, urinary, dermal nitrogen.

## I. INTRODUCCIÓN

Actualmente existe escasos trabajos de pérdida de nitrógeno endógeno en camélidos sudamericanos los mismos que son esenciales para la determinación de requerimientos nutricionales de nitrógeno y proteína para una adecuada alimentación del animal, muchos de ellos determinados en base a estimaciones, usando métodos factoriales; así como el trabajo de Van Saun (2006), quien estimó los requerimientos nutricionales para camélidos sudamericanos (sin distinguir si es para alpacas o llamas), los mismos que fueron aceptados, recalculados y publicados por la NRC (2007), para lo cual utilizaron datos de las pérdidas totales de nitrógeno de ovinos, caprinos y bovinos.

Por lo cual se está dando mayor importancia a los camélidos, como la alpaca con respecto a su alimentación cuya nutrición depende casi exclusivamente del uso de las praderas altiplánicas (bofedales, pajonales y tolares), donde se exponen a alturas de 4000 a 5000 m, la temperatura ambiente es variable, la radiación solar muy intensa y la presión de oxígeno muy baja (Vallenas, 1991).

Para la determinación de los requerimientos de proteína según Bondi y Drori (1989), se requiere previamente conocer las pérdidas de nitrógeno en el animal como nitrógeno metabólico fecal (NMF), nitrógeno endógeno urinario (NEU) y nitrógeno endógeno dérmico (NED) sobre la base siguiente: para los rumiantes el nitrógeno metabólico fecal es por término medio 0.5 – 0.6 g/100 g de materia seca consumida.

Bautista (2009), reporta en alpacas huacaya de 1.5 años de edad, nitrógeno metabólico fecal (NMF) 3.1 g<sup>-1</sup>d y nitrógeno endógeno urinario (NEU) 1.5 g<sup>-1</sup>d; éstos valores fueron utilizados para determinar los requerimientos de proteína total para mantenimiento. Bautista (2015), determinó las pérdidas de nitrógeno en alpacas huacaya de 1.5 años de edad, cuyos valores fueron para NMF 11.78 g<sup>-1</sup>d, NEU 9.36 g<sup>-1</sup>d y

nitrógeno endógeno dérmico (NED)  $3.21 \text{ g}^{-1} \text{ d}$ ; los mismos fueron utilizados para determinar los requerimientos de proteína metabolizable para mantenimiento; y Ramírez et al. (2015), realizaron estudios sobre las pérdidas de nitrógeno endógeno en alpacas de 15 meses de edad y obtuvieron para NMF  $0.4128 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  de materia seca consumida/d ( $0.0911 \text{ g kgW}^{0.75}/\text{d}$ ), NEU  $0.2347 \text{ gKgW}^{0.75}/\text{d}$  y el nitrógeno endógeno dérmico fue  $0.0025 \text{ gkgW}^{0.75} / \text{d}$ . Las pérdidas de NMF fueron originalmente, y aún se utilizan, en la determinación del valor biológico (Nipper 1979).

Por las consideraciones mencionadas, es indispensable conocer esos valores considerando edad, sexo, raza, estado fisiológico y entre otros. Esto nos lleva a plantear la evaluación de nitrógeno, para lo cual el presente trabajo tuvo como objetivo: Determinar la Digestibilidad de nitrógeno, las pérdidas totales de nitrógeno metabólico fecal (NMF), nitrógeno endógeno urinario (NEU), nitrógeno Endógeno Dérmico (NED) y retención de nitrógeno en alpacas suri macho de 1 año de edad alimentadas con forrajes. En el futuro estos resultados se utilizarán para el establecimiento de los requerimientos de proteína en alpacas de esta edad y así se podrá manejar con eficacia de la alimentación y nutrición.

### **1.1. Objetivos de la investigación:**

#### **1.1.1. Objetivo general**

- Determinar la pérdida total de nitrógeno metabólico fecal (NMF), nitrógeno endógeno urinario (NEU), nitrógeno Endógeno dérmico (NED) en alpacas suri macho de un año de edad.

#### **1.1.2. 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. Proteína y su digestión

#### 2.1.1. Las proteínas

Son los principales constituyentes de los órganos y estructuras blandas del cuerpo animal, se requiere de una provisión abundante y continúa de ellas en el alimento durante toda la vida para crecimiento y recambio en los animales. Cada especie animal tiene sus proteínas específicas, que también varían en los diferentes órganos, fluidos, y otros tejidos. No hay proteínas que sean exactamente iguales en cuanto a su comportamiento fisiológico. La composición elemental de las proteínas es: carbono 51 - 55, nitrógeno 15.5 - 18, oxígeno 21.5 - 23.5, hidrógeno 6.5 - 7.3, azufre 0.5 - 2.0 y fósforo 0.0 - 1.5 % (Maynard *et al.*, 1992).

Las proteínas son compuestos químicos de gran complejidad y masa molecular elevada que contiene alrededor de 16% de nitrógeno. El nitrógeno es el componente principal que distingue las proteínas de los glúcidos y los lípidos. Puesto que hay una proporción bastante constante del nitrógeno cerca de 16% en proteína, el nitrógeno es utilizado para estimar el contenido de proteína total de un 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 por forraje) se obtiene el valor de la proteína cruda (Maynard *et al.*, 1992).

#### 2.1.2. Digestión de proteína

La complejidad del proceso digestivo de los rumiantes es determinante a la hora de intentar valorar las necesidades y los aportes de proteína realmente utilizable por el organismo. Los compuestos nitrogenados presentes en los alimentos (proteína verdadera y compuestos nitrogenados no proteicos), son utilizados por los

microorganismos del rumen para la biosíntesis de compuestos nitrogenados microbianos, principalmente proteína. Las células microbianas (mayoritariamente bacterias y protozoos), son arrastradas junto con partículas alimenticias no fermentadas y células epiteliales descamadas hacia las porciones posteriores del tracto digestivo donde ocurre digestión enzimática y absorción de los diferentes nutrientes. El conjunto de aminoácidos disponibles para su absorción en el intestino constituye la denominada proteína “metabolizable” o “absorbible” que puede ser realmente utilizada por el organismo (Mc Donald *et al.*, 1979)

En el rumiante, los aminoácidos se proporcionan a partir de dos funciones radicalmente diversas:

La primera es la alimentación ofrecida al animal. Algo de la proteína de la alimentación escapa a la fermentación del rumen y llegara al duodeno con sus aminoácidos constitutivos intactos, a esta porción de las proteínas se le denomina proteína no degradable (UDP) o la proteína de fuente y los aminoácidos constitutivos se pueden digerir y absorber a la sangre a través de la pared intestinal.

La segunda fuente de aminoácidos es la proteína contenida en los cuerpos de los microorganismos a nivel del primer y segundo compartimento (CI y CII) en alpacas o en el rumen-retículo en ovino, bovino, caprino. Esta proteína microbiana se deriva del material nitrogenado del alimento que es fermentado en el rumen (llamada proteína degradable en el rumen RDP) por los microorganismos que transforman la fracción de los glúcidos en ácidos grasos volátiles. Los productos finales del proceso de fermentación de la proteína en compuestos nitrogenados simples, sobre todo amoníaco; pero también otros productos del metabolismo ruminal de la proteína tales

como péptidos y aminos. El amoníaco también se produce de compuestos nitrogenados no proteicos durante la fermentación. Los microorganismos entonces utilizan el nitrógeno para formar estructuras de aminoácidos para la biosíntesis de la proteína microbiana. Estos microorganismos pasan constantemente al intestino delgado con el resto de la digesta. El animal después digiere estos microorganismos en el duodeno, y durante el proceso de la digestión se absorben los aminoácidos (Mc Donald et al., 1979).

Los camélidos son capaces de digerir más frecuentemente proteínas y fibra que otros rumiantes. La eficiencia ha sido demostrada en algunos estudios de forrajes con alto contenido de fibra y bajos niveles de proteína, en otras palabras, cuando fue consumida una ración pobre; los camélidos, aparentemente digieren proteína y fibra en una tasa de eficiencia similar al ovino, debido a las características selectivas, reducido consumo, mayor tiempo de retención de la digesta en su tracto digestivo, además de estar fisiológicamente adaptadas para sobrevivir en zonas de gran altitud, los CSA son las especies mejor adaptadas para aprovechar la escasa y fibrosa vegetación de los ecosistemas de montaña en comparación con el ovino, la alpaca selecciona más las gramíneas altas que las bajas; en pasturas cultivadas los ovinos consumen 2,6 veces más leguminosas que los CSA, esto puede explicar en parte el hecho de que en los CSA no se registran casos de timpanismo, cuando pastorean áreas con altos porcentajes de leguminosas (San Martín y Bryant, 1987; Fowler, 1998).

## 2.2. Balance de nitrógeno

El metabolismo general de la proteína en el organismo puede resumirse en el balance de nitrógeno. Es la diferencia entre el nitrógeno ingerido y el nitrógeno excretado:

$$BN = NI - (NU - NF - ND),$$

BN = Balance de nitrógeno

NI = nitrógeno ingerido

UN = nitrógeno urinario

NF = nitrógeno fecal

ND = nitrógeno dérmico.

El balance de nitrógeno puede ser positivo (la ingestión de nitrógeno supera a la excreción) como en los animales en crecimiento o gestantes, o los que se recuperan de algunas enfermedades. El BN es negativo (la excreción de nitrógeno supera a la ingestión) como en malnutrición proteica, el ayuno y animales enfermos, o BN cero (equilibrio nitrogenado, en que la ingestión de nitrógeno es igual a la excreción (Bondi y Drori, 1989).

Otros estudios de balance de nitrógeno en alpacas machos de cuatro años de edad, de 68.9 Kg y 71.5Kg de peso vivo, alimentados con heno de avena (6.5% de proteína cruda) y alfalfa (21.9% de proteína cruda), respectivamente. Encontró un balance positivo para ambos casos de 3.83 y 15.83 para el heno de avena y heno de alfalfa respectivamente, Chambi, (2005) en cambio en llamas Q´aras de cuatro años

de edad, alimentadas con heno de avena (6.1% de proteína cruda) y heno de alfalfa (18.3 % de proteína cruda), encontró un balance positivo para ambos casos de 6.55 y 24.8 para el heno de avena y heno de alfalfa respectivamente (Choque, 2006).

Estudios realizados sobre balance de nitrógeno con mezcla de heno de alfalfa y heno de avena en alpacas machos de la raza huacaya de 1.5 años de edad, alimentadas con 6.0% (muy baja), 8.7% (baja), 11.3% (intermedia) y 14%(alta), de proteína cruda en la dieta en donde las alpacas tuvieron un balance de nitrógeno positivo de 1.01, 1.99, 4.19, 4.36g de nitrógeno al día respectivamente (Berolatti, 2009).

### **2.2.1. Determinación de nitrógeno**

En 1983 el investigador Danes Johan Kjeldahl desarrollo el proceso básico del conocido método actual de análisis de proteínas por el método Kjeldahl, más propiamente, para analizar nitrógeno orgánico. En esta técnica se digiere 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. El resultado del análisis, representa el contenido de proteína total del alimento ya que el nitrógeno también proviene de componentes no proteicos.

Este método ha sufrido varias modificaciones. Así, Kjeldahl uso 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 conocido como el método Kjeldahl – wilfoth – gunning (A.O.A.C, 1990).

### 2.2.2 Determinación de nitrógeno y proteína total

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

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

### 2.3. Digestibilidad de nitrógeno

El experimento de la digestibilidad aparente de nitrógeno, consiste en la determinación de la ingestión de nitrógeno de un alimento determinado, o de una ración, suministrado a un animal y la recogida total de la excreción fecal de los alimentos, en el cual se obtiene el nitrógeno excretado correspondiente al alimento en estudio. La digestibilidad de nitrógeno se determina mediante la siguiente ecuación:

$$DN = \frac{\text{Consumo nitrógeno} - \text{excreción nitrógeno}}{\text{Consumo nitrógeno}} \times 100$$

La digestibilidad aparente de los forrajes, heno de alfalfa y crespillo muestran que las llamas tienden a un grado de aprovechamiento de la proteína cruda (PC) en 680, 22 g PC/ kg de materia orgánica (MO) y 560. 04 g PC/kg de MO, respectivamente (Estrada, 2009). La digestibilidad de la PC con el heno de alfalfa, nos confirman las

ventajas digestivas de los camélidos sudamericanos, en comparación al crespillo cuyas ventajas desaparecen cuando la calidad de proteína es menor.

Gening y col., (1995), al evaluar la degradabilidad en el rumen de la proteína de la paja de ichu (*Stipa ichu*) reportan valores de 58.89% para el periodo húmedo y de 12.4% para el periodo seco; y menciona además que la degradabilidad de la proteína cruda de forrajes duros en el rumen de alpacas varía entre valores negativos (ninguna utilización del nitrógeno alimentario). Parece también que los camélidos tuvieran una mayor capacidad digestiva de la misma, aunque los datos obtenidos son menos definitivos que el caso de la degradabilidad de la materia seca.

## **2.4. Pérdidas de nitrógeno endógeno totales**

### **2.4.1. Nitrógeno Metabólico Fecal (NMF)**

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 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 0.4 – 0.6 g/100g materia seca consumida en rumiantes (ovinos y vacunos) (Bondi y Drori, 1989).

Trabajos sobre las necesidades netas de proteína para mantenimiento y ganancia de peso en cabritos de raza Saanen en crecimiento obtuvieron las pérdidas NMF de 211 mg/kgW<sup>0.75</sup>/día, correspondiendo a las necesidades netas de proteína de 1,32 g/kgW<sup>0.75</sup> de N. Los valores de las necesidades para proteína metabolizable, digestible y cruda para mantenimiento fueron de 1.32; 2.50 y 4.32 g/kgW<sup>0.75</sup>/día, respectivamente (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 nitrógeno metabólico fecal (NMF) vario desde 153 hasta 280 mg/kgW<sup>0.75</sup>, cada vez mayor (P<0,05) con niveles crecientes de materia orgánica digestible (MOD) de admisión (r = 0.96) (Giráldez y col., 1997).

Bautista (2018), mostraron resultados en alpacas huacaya macho cría de nitrógeno metabólico fecal de 0.3985 g NMF/100 g-1 de materia seca consumida (MSC) o 3.985 g NMF/kg-1 MSC.

El método clásico de determinación de NMF fue medir la excreción fecal de nitrógeno alimentando al animal con una dieta con cero proteínas o una que contenía una pequeña cantidad de una proteína altamente digestible. Hubo problemas con este

enfoque principalmente en relación con el consumo de alimento. Por lo tanto, los investigadores comenzaron a utilizar un método de extrapolación de nuevo a la ingesta de nitrógeno cero al graficar la excreción fecal de nitrógeno contra la ingesta de nitrógeno (Titus, 1927). La intersección de esta línea con el eje de nitrógeno fecal representaba el valor NMF. El procedimiento modificado simplificó las cosas ya que los animales experimentales podrían ser alimentados con su dieta de prueba a un nivel adecuado de nitrógeno y aun así servir para estimar el NMF.

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 se 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.

#### **2.4.2. Nitrógeno endógeno urinario (NEU)**

Todas las proteínas de los tejidos y líquidos de los animales experimentan cambios catabólicos y anabólicos continuos. Puesto que parte de la proteína catabolizada (o el nitrógeno) se pierde, los animales tienen necesidades proteicas de mantenimiento que son independientes del nivel de producción o del contenido en proteína de los productos (leche, fibra y tejidos) (García, 1992)

El nitrógeno endógeno urinario (NEU) mostró el comportamiento contrario, con una disminución de 181 a 76 mg/kgW<sup>0.75</sup> a diferencia de NMF, lo que podría ser atribuible al reciclaje de urea en el tubo digestivo. El nitrógeno endógeno total se mantuvo relativamente constante, lo que indica que las heces y la orina son vías complementarias para la excreción de los compuestos de nitrógeno reciclables (Giráldez y col., 1997).

Bautista (2018) en su trabajo realizado mostraron que el nitrógeno endógeno urinario fue de 53.8 mg NEU kg<sup>-1</sup>W<sup>0.75</sup> en alpacas huacaya macho cria.

Existe un catabolismo nitrogenado esencial mínimo debido al mantenimiento de los procesos vitales del organismo, como es el caso de la energía. Este catabolismo mide, 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 alcanzar en una semana si inicialmente se había alimentado con una dieta previa era 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. Aun cuando en teoría la

medición del metabolismo del NEU mínimo parece sencilla, 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 (Maynard et al., 1992).

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:

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

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 (Brody *et al.*, 1934).

El NEU, se produce por el catabolismo de proteínas y representa la cantidad menor de pérdida de nitrógeno corporal que se produce para mantener la continuidad de los procesos vitales. 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 (Orskov, 1988).

La expresión del NEU será:

$$\text{NEU mg/d} = 350 * \text{kgW}^{0.75},$$

Dónde: W es peso vivo en kg.

Mientras que Bondi y Drori (1989), definían como la excreción urinaria mínima de nitrógeno (MUN) es proporcional al peso metabólico y no al peso vivo. Por consiguiente, la relación se expresa mediante la ecuación:

$$\text{MUN} = k.W^{0.73}$$

En la que 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 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 (Bondi y Drori, 1989).

### 2.4.3. Nitrógeno dérmico (ND)

Las pérdidas de nitrógeno endógeno cutáneas o dérmicas (NED), se refiere a la renovación de la capa, crecimiento de pelos, lana, fibra, uñas, pezuñas, cascos,

plumas, descamación de la piel, secreciones de glándulas sebáceas y otros tejidos epidérmicos expresándose normalmente en función del peso vivo metabólico (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.

Bondi y Drori (1989), indica que las necesidades proteicas para reemplazar el nitrógeno perdido en la caspa (sudor, pelos, y demás pérdidas queratinosas) y para la producción de la 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 indica las pérdidas de la caspa y lana. Para mejor presentación y comprensión de las pérdidas de nitrógeno en la caspa lo denominaremos la excreción de nitrógeno dérmico (ND):

$$ND = k \cdot Wkg^{0.75}$$

Dónde:

K=cantidad (mg) de nitrógeno dérmico total.

$Wkg^{0.75}$ = peso metabólico (peso vivo, kg elevado a 0.75m)

Condori (2017), en alpacas hembras de tres años de edad muestra sus resultados para nitrógeno dérmico (ND) fue  $0.0003 \text{ g/ kgW}^{0.75}$  ( $0.3 \text{ mg/ kgW}^{0.75}$ ) en promedio para las tres alpacas y de la misma forma Ramírez (2015), indica que el nitrógeno endógeno dérmico fue de  $0.0025 \text{ g/ kgW}^{0.75}$  que equivale a  $2.5 \text{ mg/ kgW}^{0.75}$  en alpacas en crecimiento (de 15 meses de edad).

Bautista (2018), en alpacas huacaya macho cría (de 7 meses de edad) menciona que el NED es de  $0.0025 \text{ g/ kgW}^{0.75}$  que equivale a  $2.5 \text{ mg/ kgW}^{0.75}$ , el mismo que fue ajustada con la regresión lineal de  $Y = 0.0006x + 0.0006$  entre el nitrógeno de pérdidas dérmicas  $\text{g/ kgW}^{0.75}$  y nitrógeno consumido  $\text{g/ kgW}^{0.75}$ .

No existe trabajos sobre altitud, con respecto a las pérdidas dérmicas, pero sin embargo existe referencias de efecto de la temperatura sobre el metabolismo, a mayor altitud el metabolismo esta disminuida, debido a que la temperatura es baja y esto afecta en las reacciones enzimáticas con el sustrato durante el metabolismo en los tejidos (NRC, 1981).

## 2.5. Composición química de forrajes

### 2.5.1. Paja de cebada

La paja de cebada es un forraje fibroso por lo tanto presentan bajos valores de energía metabolizable y proteína, debido al alto contenido de pared celular y cenizas, así como a la baja digestibilidad; cuyo contenido de proteína cruda fue de 4.0 a 4.4%, con 45 a 50% de digestibilidad de materia seca. Variando el tipo de paja, el tipo de clima es otro factor que afecta la calidad de las pajas, presentándose en climas templados pajas de mejor calidad que aquellas provenientes de climas tropicales. Esto

se debe a una menor proporción de pared celular y lignina en los cultivos desarrollados en zonas templadas. La mayoría de pajas tienen un contenido proteico muy bajo y además es solo aprovechado en un 10% por las vacas; por tanto, este aporte proteico es prácticamente nulo. La paja tiene un bajo contenido de proteína (3.4%) que, además, es casi totalmente indigestible. Esto es debido a que su mayor parte (75%) se encuentra ligada a la pared celular. El resto está constituido por nitrógeno no proteico fácilmente soluble. Por otra parte, presenta marcadas diferencias en la mayor parte de los macro minerales excepto el potasio, cloro, hierro y en vitaminas (FEDNA, 2003).

### 2.5.2. Heno de avena

El forraje heno de avena es un insumo alimenticio de carácter energético, cuya calidad depende de la fertilidad del suelo, etapa o grado fenológico en el momento de la cosecha. Coblenz *et al.*, (2000), encontraron que la calidad del heno de avena declinó cuando éste entró a la etapa de floración y fue más resistente a la degradación ruminal. Donde los valores en las etapas de embuche, floración y masoso fueron: para Proteína cruda 11.8, 7.8, 5.9 %; FDN 50.8, 62.2, 62.7 %; FDA 24.9, 34.3, 37.2 % y Lignina detergente acida (LDA) 0.65, 1.51, 4.9 %, respectivamente. Existen diferencias muy pequeñas en la composición química y digestibilidad de heno de avena cortado en etapa de masoso y madurez, siendo FDN 64.5 y 67.6 %; FDA 37.7 y 40.1 %. La digestibilidad in vivo de la MS, MO y FDA del heno de avena en masoso fue de 52.4, 54.1 y 49.1 %, mientras que en madurez fue de 53.1, 54.9 y 51.5 %, notando un incremento favorable en la etapa de madurez, aunque este incremento no fue significativo (Kraiem *et al.*, 1997).

La madurez también tiene efecto sobre el consumo voluntario de materia seca (CVMS) por animal. Esto es debido a que la FDN, que aumenta en relación a la madurez de la planta, es más difícil de digerir limitando el consumo por el llenado del rumen (Oba y Allen, 1998).

Al respecto Kraiem *et al.*, (1997), encontraron diferencia significativa en el consumo de forraje de avena cosechado en estado masoso vs madurez (1.40 y 1.34 kg/d).

La composición química de la paja de avena en estado fenológico maduro en la dieta de llamas de 1 año de edad fue: 98.21% de materia seca, 3% de proteína cruda y 4379 de energía bruta expresado en kcal/kg MS (Surco, 2016).

### **2.5.3. Paja de Ichu**

Se observa que las gramíneas duras iru ichu (*Stipa ortophyla*), ichu (*Stipa ichu*) y chilliwa (*Festuca dolichofila*) presentan escasos valores nutricionales, excepto la chilliwa, en el periodo húmedo alcanza niveles de proteínas crudas superiores al 8 % de la materia seca. En el periodo seco, las concentraciones de proteínas crudas son notablemente bajas, en el mes de abril a mayo se tiene un promedio de 3.5 de proteína cruda para ichu (Genin *et al.*, 1995)

En un estado fenológico maduro los valores de composición química para la paja de ichu son: 93.43% de materia seca, 2.56% de proteína cruda, 1.94% de extracto etéreo, 6.86% de ceniza y 4232.4 de energía bruta (kcal/kg MS) en 100% de materia seca. (Ramírez *et al.*, 2015).

Condori (2017), en su estudio realizado reporta que la proteína cruda de paja de ichu es de 2.93%, 98.36% de materia seca, 4893 energía bruta (kcal/kg) y 2674 de energía metabolizable (kcal/kg).

Choque (2016), en su estudio realizado reporta que la proteína cruda de la paja de ichu es de 4.35%, 95.27% de materia seca, 4649 energía bruta (kcal/kg MS) y 2541 de energía metabolizable (kcal/kg MS).

#### **2.5.4. Heno de alfalfa**

López *et al.*, (2000), indican que la alfalfa es un forraje estándar calificado como insumo proteico por excelencia, debido a que contiene casi todos los nutrientes que requieren los animales, principalmente para rumiantes. En el estudio realizado sobre la digestibilidad aparente de forrajes en llamas, en el cual la composición química del heno de alfalfa fue 20.9 % de materia seca. 87.4 % de materia orgánica, 19.4 % de proteína cruda, 1.1 % de extracto etéreo, 46.3 % de fibra detergente neutro, 34.6 % de fibra detergente ácido. En otro estudio, la composición química de heno de alfalfa madura expresado en base seca fue: 15 % de proteína cruda, 51.46 % de fibra detergente neutro, 2.50 % de extracto etéreo, 10.34 % de ceniza, 20.70 % de glúcidos no fibrosos y 4284 Cal/g de energía bruta (Bautista, 2009)

En estudios realizados sobre determinación de nitrógeno en alpacas de 15 meses de edad la composición química del heno de alfalfa fue: 93.88% de materia seca, 14.22% de proteína cruda, 3.37% de extracto etéreo, 7.46% de ceniza y 4381.1 de energía bruta expresado en kcal/kg MS (Ramírez *et. al.*, 2015).

Surco (2016), en su estudio sobre determinación de nitrógeno endógeno en llamas de 1 año de edad, en la cual la composición química del heno de alfalfa fue: 95.35% de materia seca, 19% de proteína cruda y 4508 de energía bruta (kcal/kg MS).

Condori (2017), en su estudio realizado en alpacas hembras de 3 años de edad, refiere que la composición química de heno de alfalfa fue: 99.16% de materia seca, 17.46 % de proteína cruda, 4697 % de energía bruta (kcal/kg) y 2567 % de energía metabolizable (kcal/ kg).

**Tabla 1.** Composición química de heno de avena, ichu y heno de alfalfa (100% MS)

| FORRAJE         | MS (%) | PC (%) | FC (%) | EE (%) | CT (%) | ELN (%) | EB     |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|
| Paja de cebada  | 93.82  | 2.21   | 35.83  | 2.33   | 5.87   | 53.75   | 4230.6 |
| Paja de ichu    | 93.43  | 2.56   | 43.38  | 1.94   | 6.86   | 45.26   | 4232.4 |
| Heno de alfalfa | 93.43  | 14.22  | 29.89  | 3.37   | 7.46   | 45.07   | 4381.1 |

(Ramírez et al., 2015)

MS, materia seca; PC, proteína cruda; FC, fibra cruda; EE, extracto etéreo; CT, ceniza total; ELN, extracto libre de nitrógeno; EB, energía bruta (kcal/100kg MS)

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Lugar:

El trabajo de investigación se realizó en el Bioterio, de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ), de la Universidad Nacional del Altiplano (UNA) PUNO, ubicado a 3828 metros de altitud, en el distrito, provincia y departamento de Puno; entre los meses de enero a marzo del año 2018.

Los análisis químicos se realizaron en el laboratorio de Nutrición Animal, de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, de la UNA-Puno, Perú.

#### 3.2 Instalaciones:

Se construyeron 3 jaulas metabólicas con utilización de paneles metálicos. Las medidas de las jaulas fueron de 0.60 m. de ancho x 2 metros de largo y 1.6 metros de altura suspendido a 60 cm de altura, estas jaulas individuales fueron tapizadas el piso y laterales con materiales Policloruro de vinilo (PVC), (Figura 1 del anexo). Se utilizaron equipos de colección, conformados por arneses de cinta y abroches de polietileno, bolsas de colección fecal fijadas con abroches de polietileno en el arnes, fundas de colección de orina sujetas al arnes, conducidas por gravedad a un recipiente a través de una manguera (2M Milimetrica, 77.5 x 11 F.F. 73m) (Figura 2 del anexo).

#### 3.3 Material Experimental

Los materiales de campo utilizados fueron: comederos, bebederos, registros, escoba, molino, bolsas de polietileno. Los materiales e instrumentos de medición utilizados fueron: comederos y bebederos de material plástico, balanza de reloj (100/0.5

kg) para registro de peso de alpacas, balanza digitales (5/0.001 kg) para pesar el alimento, una balanza de barra de 2000 g/0.1g para pesar muestras, pipetas y una probeta de 500/5 ml para medir el volumen de orina y agua.

Los materiales del laboratorio fueron: refrigeradora, congeladora para las muestras de orina, estufa para la determinación de materia seca, balanza analítica para la medición de muestras y pérdidas dérmicas, equipo micro Kjeldahl, destilador de agua, mufla.

### 3.4 Animales

Se utilizaron 3 Alpacas machos de la raza Suri, de la clase de Tui menor, de 12 meses de edad, color blanco, clínicamente sanas, de un solo hato, con 29.9 kg peso promedio (Tabla 21 del Anexo), procedentes de la Comunidad de Tupac Amaru II. Distrito de San José, Provincia de Azángaro (4.082 m de altitud), con alimentación al pastoreo en pastizales de predominancia gramínea. Estos animales antes del experimento fueron desparasitados con Ivermectina al 1 %.

### 3.5 Forrajes

Se utilizaron forrajes: heno de avena (*Avena sativa*), Ichu (*Stipa ichu*) y heno de alfalfa (*Medicago sativa*), todos en estado fenológica maduro, procesados (desmenuzados) mediante molino picador.

La tabla 2, muestra el contenido de composición química de los alimentos utilizados en la dieta experimental.

**Tabla 2.** Composición química de los alimentos *Stipa ichu*, *Avena sativa* y *Medicago sativa*

| FORRAJE         | MS%   | PC%   | EB(Kcal/kg) |
|-----------------|-------|-------|-------------|
| Heno de Alfalfa | 94.08 | 17.78 | 4.271       |
| Paja de Ichu    | 93.35 | 3.2   | 4.353       |
| Heno de Avena   | 94.37 | 6.25  | 4.121       |

MS, materia seca; PC, proteína cruda; EB, energía bruta.

### 3.6 Dietas

Se prepararon dietas, a base de paja de: avena, ichu y heno de alfalfa y premezclas de minerales – vitaminas (tabla 3); con diferente contenido de proteína cruda y con similares contenidos de energía, considerándose como tratamientos; T1, T2, T3.

- Tratamiento 1: dieta con 4 % de proteína cruda
- Tratamiento 2: dieta con 6% de proteína cruda
- Tratamiento 3: dieta con 8% de proteína cruda

Sobre la base siguiente: para los rumiantes el nitrógeno metabólico fecal es por término medio 0.5 – 0.6 g/100 g de materia seca consumida, valores que equivalen aproximadamente al 4 % de la proteína de la ración, de modo que el coeficiente de digestibilidad aparente para la proteína es negativo para las raciones de los rumiantes que contienen menos del 4 % de PC (Bondi y Drori, 1989).

**Tabla 3.** *Contenido de nutrientes en las dietas experimentales.*

| INSUMO          | DIETA % |      |              |       |      |              |       |      |              |
|-----------------|---------|------|--------------|-------|------|--------------|-------|------|--------------|
|                 | 4 PC    |      |              | 6 PC  |      |              | 8 PC  |      |              |
|                 | M %     | PC%  | EB Kcal/100g | M %   | PC%  | EB Kcal/100g | M %   | PC%  | EB Kcal/100g |
| Heno de Alfalfa | 0       | 0    | 0            | 10.67 | 2.01 | 45.57        | 15.68 | 2.96 | 66.97        |
| Paja de Ichu    | 80.07   | 2.75 | 348.54       | 58.33 | 2    | 253.91       | 15    | 0.52 | 65.30        |
| Heno de Avena   | 18.93   | 1.25 | 78.01        | 30    | 1.99 | 123.63       | 68.32 | 4.52 | 281.55       |
| Min-Vit         | 1       | 0    | 0            | 1     | 0    | 0            | 1     | 0    | 0            |
| TOTAL           | 100     | 4    | 426.6        | 100   | 6    | 423.11       | 100   | 8    | 413.81       |

M, Porcentaje de insumo en la mezcla de la dieta; PC%, porcentaje de proteína cruda; EB, energía bruta.

### 3.7 Manejo de los animales durante el experimento

#### 3.7.1. Periodo de acostumbramiento.

En este periodo a las alpacas permanecieron en las jaulas individuales y alimentadas (dietas) con 4, 6 y 8 % de proteína total (PT); en forma individual por un periodo de 07 días con la finalidad de acostumbrar al consumo de la dieta; el suministro se realizó una vez al día en horario fijo de (8:00 am), en este periodo no se realizó la colección de heces, orina y perdidas superficiales de tejidos.

#### 3.7.2 Periodo experimental

Los animales fueron estabulados en jaulas metabólicas, en donde se alimentó durante 07 días con la misma dieta del acostumbramiento y está orientada a la medición del alimento consumido, como también la colección cuantitativa de las heces, orina y perdidas superficiales de tejidos (fibra, descamaciones epiteliales dérmicas, restos de uña y glándulas sebáceas).

La cantidad de alimento a suministrar en cada etapa, se calculó en base al 1.8% de peso vivo de animal, las concentraciones de proteína cruda en las dietas fueron 4, 6 y 8 % para la primera etapa; 8, 4 y 6 % de PC para la segunda etapa y 6, 8 y 4 %

PC para la tercera etapa esto para las alpacas 1, 2 y 3 respectivamente, en las dietas se agregaron el suplemento comercial de vitaminas y minerales (Suplamin Difos) (Tabla 10 del anexo).

### 3.8 Metodología experimental

#### 3.8.1. Determinación de Digestibilidad de nitrógeno

El experimento de la digestibilidad aparente de nitrógeno, consiste en la determinación de la ingestión de nitrógeno de un alimento determinado, o de una ración, suministrado a un animal y la colección total de la excreción fecal de los alimentos, en el cual se obtiene el nitrógeno excretado correspondiente al alimento en estudio.

La digestibilidad de nitrógeno se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$DN = \frac{\text{Consumo nitrógeno} - \text{excreción nitrógeno}}{\text{Consumo nitrógeno}} \times 100$$

#### 3.8.2. Determinación de Balance de Nitrógeno

La determinación del balance de nitrógeno de las dietas fue mediante el método de colección total de heces, orina y pérdidas dérmicas de nitrógeno (fibras, fragmentos de uñas, descamaciones epiteliales dérmicas y glándulas sebáceas). La medición del consumo corresponde al alimento ofrecido menos alimento rechazado, de la dieta rechazada se muestreo fue de 50 g de cada alpaca, luego se colecto las pérdidas dérmicas del piso y las paredes, heces de las bolsas colectoras y orina de los recipientes colectores para ser cuantificados y ser muestreado el total de las pérdidas dérmicas por ser mínima la cantidad, 50 g de heces/día para la respectiva

determinación de la materia seca, y 50 mL de orina/día para la congelación respectiva de cada animal y posterior análisis de nitrógeno. Las mediciones de consumo de dieta y las colecciones de muestras se realizaron diariamente entre 7:00 a 8:00 a.m.

Las muestras de forrajes y de dieta rechazada, heces, orina y pérdidas dérmicas; se homogenizaron por cada periodo y el análisis de nitrógeno fue por duplicado por periodo. El nitrógeno de los forrajes, de alimento rechazado, heces, orina y pérdidas dérmicas, se determinó el nitrógeno total por método de Kjeldahl.

Con los datos de nitrógeno consumido y nitrógeno excretado (heces, orina y pérdida dérmica) se calculó el balance de nitrógeno:

$$BN = NI - (NF + UN + ND)$$

**Dónde:**

BN = Balance de nitrógeno, g/d

NI = Nitrógeno ingerido, g/d

NF = Nitrógeno fecal, g/d

NU = Nitrógeno urinario, g/d

ND = Nitrógeno dérmico, g/d

El nitrógeno dérmico corresponde a las pequeñas pérdidas (caídas de pelo, fragmentos de uña, descamaciones cutáneas, etc.).

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

Los cálculos para la determinación de las pérdidas de nitrógeno se realizaron mediante regresión lineal. (Elliot y Topps, 1963).

El nitrógeno metabólico fecal expresada en g/100g de materia seca consumida/día, el nitrógeno endógeno urinario y dérmico expresada en,  $\text{kgW}^{0.75}$  según la ecuación:  $(\text{mg/día}) = \text{kgW}^{0.75}$  (donde W se expresa en kg de peso vivo) y el factor “k” para el nitrógeno endógeno urinario y dérmico. Cada una de las pérdidas se determinó mediante la Ecuación de Regresión de la siguiente manera:

**a. Cálculo de nitrógeno metabólico fecal (NMF)**

El nitrógeno metabólico fecal, se determinó mediante Regresión Lineal entre el nitrógeno consumido, g/d (X) y el nitrógeno de heces/100 g de materia seca consumida (Y), y con su ecuación se obtuvo la cantidad de NMF por extrapolación a cero ( $X = 0$ ) de consumo de nitrógeno.

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

**Donde:**

**Y<sub>ij</sub>** = Nitrógeno fecal g/100 g MSC

**X** = Nitrógeno consumido, g/d

**β<sub>0</sub>** = Intercepto de la regresión

**β<sub>1</sub>** = Pendiente de la regresión

**e<sub>ij</sub>** = Error de la regresión

**b. Cálculo de nitrógeno endógeno urinario (NEU)**

El cálculo de NEU se realizó mediante la Regresión Lineal entre el nitrógeno urinario g/  $\text{kgW}^{0.75}$  (Y) y nitrógeno consumido g/d (X), y con su ecuación se determinó la cantidad de NEU por extrapolación a cero ( $X = 0$ ) de nitrógeno consumido.

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

**Donde:**

**Y<sub>ij</sub>** = Nitrógeno orina g/ kgW<sup>0.75</sup>

**X** = Nitrógeno consumido, g/d

**β<sub>0</sub>** = Intercepto de la regresión

**β<sub>1</sub>** = Pendiente de la regresión

**e<sub>ij</sub>** = Error de la regresión

*c. Cálculo de nitrógeno dérmico (ND)*

El cálculo de ND se realizó mediante la Regresión Lineal entre nitrógeno de pérdidas dérmicas, g/ kgW<sup>0.75</sup> (Y) y nitrógeno consumido g/d (X), y con su ecuación se determinó la cantidad de ND por extrapolación a cero (X = 0) de nitrógeno consumido.

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

**Donde:**

**Y<sub>ij</sub>** = Nitrógeno dérmico g/ kgW<sup>0.75</sup>

**X** = Nitrógeno consumido, g/d

**β<sub>0</sub>** = Intercepto de la regresión

**β<sub>1</sub>** = Pendiente de la regresión

**e<sub>ij</sub>** = Error de la regresión

Al final se determinó la pérdida total de nitrógeno endógeno, con la sumatoria de las pérdidas subtotales de nitrógeno metabólico fecal, nitrógeno endógeno urinario y nitrógeno endógeno dérmico.

Para la determinación de nitrógeno digestible para cada caso, se tomaron los valores de ingestión de nitrógeno en el alimento (g/d) y la excreción de nitrógeno

a través de las heces (g/d) (P McDonald, 2011), cuya fórmula del coeficiente de digestibilidad de nitrógeno es:

$$\text{DN\%} = \frac{\text{Consumo de nitrógeno} - \text{excreción de nitrógeno}}{\text{Consumo de nitrógeno}} \times 100$$

#### 3.8.4. Variables de medida

- Consumo de materia seca (CMS); g/d y g/ kgW<sup>0.75</sup>
- Consumo de nitrógeno (CN); g/d y g/kg W<sup>0.75</sup>
- Nitrógeno digestible (ND); g/d, % y g/ kgW<sup>0.75</sup>
- Balance de nitrógeno (BN); g/d
- Nitrógeno fecal (NF); g/d, g/100g CMS/d, y g/ kgW<sup>0.75</sup>
- Nitrógeno metabólico fecal (NMF); g/ kgW<sup>0.75</sup>
- Nitrógeno urinario (NU); g/d, % y g/ kgW<sup>0.75</sup>
- Nitrógeno endógeno urinario (NEU); g/ kgW<sup>0.75</sup>
- Nitrógeno dérmico (ND); g/d, % y g/ kgW<sup>0.75</sup>
- Nitrógeno endógeno dérmico (NED); g/kg W<sup>0.75</sup>

#### Dónde:

kgW<sup>0.75</sup> = Peso metabólico

#### 3.8.5. Análisis estadístico

Para la interpretación de los resultados de digestibilidades de nitrógeno ingerido y balance de nitrógeno; excreción de nitrógeno fecal, urinario y pérdidas de nitrógeno dérmico; se analizaron a través de un Diseño Cuadrado Latino 3x3 = 9 tratamientos, donde los factores fueron: 3 etapas (Filas), 3 alpacas (columnas) y 3

dietas, sujeto al modelo aditivo lineal fijo (Kuehl, 2001), para la significancia se utilizó la prueba F ( $\alpha = 0.05$ ), los promedios se analizaron con la prueba de comparación de Tuckey.

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

**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)

$\epsilon_{ijk}$  = Error aleatorio.

**Tabla 4.** *Diseño Cuadrado Latino 3x3=9, dietas con 3 niveles de proteína (%)*

|                  | <b>ALPACA 1</b> | <b>ALPACA 2</b> | <b>ALPACA 3</b> |
|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| <b>ETAPA I</b>   | 4               | 6               | 8               |
| <b>ETAPA II</b>  | 8               | 4               | 6               |
| <b>ETAPA III</b> | 6               | 8               | 4               |

El nitrógeno metabólico fecal (NMF), entre el nitrógeno consumido g 100 g<sup>-1</sup> MSC (X) y el nitrógeno fecal g 100 g<sup>-1</sup> MSC. El nitrógeno endógeno urinario (NEU), entre el consumo de nitrógeno g kgW<sup>0.75</sup> (X) y el nitrógeno urinario g kgW<sup>0.75</sup> (Y). El nitrógeno endógeno dérmico (NED), entre el consumo de nitrógeno g kgW<sup>0.75</sup> (X) y la pérdida de nitrógeno dérmico g kgW<sup>0.75</sup> (Y). Análisis de varianza de las regresiones se analizaron para interpretar los valores de pérdidas de NFM, NEU y NED, con  $\alpha = 0.05$ . (Ramsey y Schafer, 2002), cuyos parámetros se analizaron mediante la prueba “t” de Student.

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

**Donde:**

**$Y_{ij}$**  = Variable respuesta

**$X$**  = Variable explicaría

**$\beta_0$**  = Intercepto de la regresión

**$\beta_1$**  = Pendiente de la regresión

**$e_{ij}$**  = Error de la regresión

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Digestibilidad de nitrógeno

El coeficiente de digestibilidad del nitrógeno fue: 0.69, 2.54 y 4.20 g/d con un consumo de nitrógeno de 2.35, 4.81 y 6.55 g/d, respectivamente; expresando a porcentaje se tiene un promedio de 29.15, 54.48 y 63.95 % de digestibilidad de nitrógeno para las dietas de 4, 6 y 8% PC respectivamente (tabla 5; tabla 22, 32, 33 del anexo), comparando las medias fue estadísticamente diferentes entre tratamientos con significancia estadística ( $P \leq 0.05$ ). A medida que disminuye la cantidad de nitrógeno consumido la proporción de nitrógeno digestible disminuye. La mejor digestibilidad, se tiene en la dieta con 8% de PC.

*Tabla 5. Digestibilidad y Balance de Nitrógeno de las dietas en alpaca suri macho.*

| Variables                            | DIETA % |       |       |
|--------------------------------------|---------|-------|-------|
|                                      | 4 PC    | 6 PC  | 8 PC  |
| Peso Metabólico, $\text{kgW}^{0.75}$ | 12.59   | 12.75 | 12.94 |
| Nitrógeno Consumido g/d              | 2.35    | 4.81  | 6.55  |
| Nitrógeno Fecal, g/d                 | 1.66    | 2.27  | 2.36  |
| Nitrógeno Urinario, g/d              | 1.15    | 1.09  | 1.01  |
| Nitrógeno Dérmico, g/d               | 0.01    | 0.01  | 0.01  |
| Nitrógeno Digestible, g/d            | 0.69    | 2.54  | 4.20  |
| Nitrógeno Digestible %               | 29.15   | 52.46 | 63.95 |
| Balance de Nitrógeno, g/d            | -0.47   | 1.44  | 3.17  |

En el trabajo de Condori (1983), reportado en alpacas huacaya hembras de 3 años de edad alimentadas con heno de avena, heno de alfalfa e ichu con dietas de 4, 6 y 8% PC, la digestibilidad de nitrógeno fue: 16.61, 41.45 y 49.99% respectivamente, reportes que están por debajo del presente trabajo, esta digestibilidad baja del nitrógeno posiblemente fue influida por la edad y raza del animal.

Chambi (2005), en sus reportes de digestibilidad de nitrógeno en alpacas alimentadas con heno de avena y heno de alfalfa fue de 70.50 y 84.31% reporte que son superiores al de este estudio debido probablemente al consumo restringido de proteína en la dieta además de la inclusión de alimentos pobres en proteína cruda en el presente estudio.

Por otra parte trabajos de digestibilidad de nitrógeno en alpacas alimentadas con mezclas de heno de alfalfa y heno de avena para dietas muy baja (6% PC), baja (8.7% PC), intermedia (11.3% PC) y alta (14% PC) fue: 51.47%, 62.90%, 68.92% y 74.63%, respectivamente (Berolatti, 2009); estos datos con las dietas 6% y 8% son semejantes en cuanto a la digestibilidad obtenidos en el presente trabajo.

#### **4.2. Balance de nitrógeno en alpacas**

El balance de nitrógeno promedio fue: -0.47, 1.44 y 3.17 g/d, para las dietas 4, 6, 8 % de proteína total respectivamente existiendo diferencia estadística significativa entre tratamientos ( $P \geq 0.05$ ) (tabla 5, Anexo, tabla 22, 34, 35), reportes de balance de nitrógeno en alpacas huacaya hembras de tres años de edad alimentadas con mezclas de heno de alfalfa, heno de avena e ichu fue: -3.63, -3.77 y -2.49 g/d. con las dietas de 4%, 6% y 8% PC (Condori 2017) reporta que está por debajo del presente trabajo, se puede deber al menor suministro de alimento 1.5 % de su peso vivo del trabajo de Condori. Respecto al presente trabajo, donde se alimentó forma restringida de 1.8% de su peso vivo conforme incrementó o mantenía el peso del animal y consumo. Los resultados de (Ramírez, 2015) de balance de nitrógeno promedio fueron -3.09, -1.42, -0.28 y 0.10g/d, para las dietas con 3%, 5%, 7% y 9% de PC respectivamente. Los resultados inferiores obtenidos en el presente estudio, posiblemente se deba a la clase animal, ya que en las alpacas jóvenes requieren mayor renovación de proteína en el organismo es muy intenso

que de los animales adultos. Por otro lado, el balance de nitrógeno en alpacas de cuatro años de edad alimentadas ad libitum con heno de alfalfa (21.9% de PC) y heno de avena (6.5% de PC) en estado de floración fue: 15.83 y 3.83g/d (Chambi, 2005), en cambio el presente estudio se realizó en forma restringida y proporcional al peso vivo, utilizando paja de avena, heno de alfalfa y el ichu todos en estado fenológico maduro y de baja calidad por lo cual el nitrógeno de estas es menos digerible. Así mismo Surco, 2016 Y Choque, 2016 reportaron: -1.56, 1.19; 2.78, 5.49; 2.52, 0.75, para las dietas 4, 6, 8% de PC respectivamente.

### 4.3. Nitrógeno Metabólico Fecal

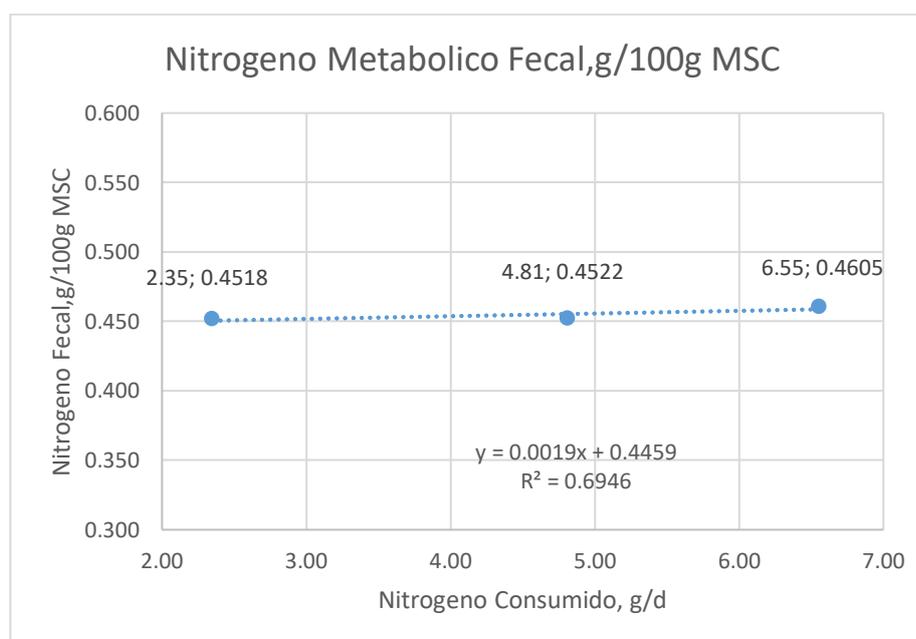
El nitrógeno metabólico fecal (nmf) de alpacas suri macho de un año de edad con dietas de 4, 6 y 8 % de proteína cruda con forrajes (henos de ichu, avena y alfalfa) fue 0.4459 g NMF 100 g de materia seca consumida (MSC) (Tabla 6). el NMF fue estimada por extrapolación a cero consumo de nitrógeno ( $X=0$ ) mediante la ecuación de regresión lineal:  $Y = 0.0019x + 0.4459$  (Gráfico 1); con un valor de coeficiente de determinación ( $R^2 = 0.69$ ), indicando que el 69% de las variaciones del nitrógeno fecal se debe a la variación del nitrógeno consumido. Sin embargo, estos resultados en alpacas esta entre los valores mencionados por Bondi y Drori (1989), en rumiantes (ovinos y bovinos), donde indica que la cantidad de nitrógeno metabólico fecal es de 0.4 – 0.6 g/100g CMS y depende la cantidad de materia seca que pasa a lo largo del aparato digestivo.

Giráldez et al. (1997) reportan el NMF de 153 a 280 mg  $\text{kgW}^{0.75}$ , aumentando con niveles crecientes de ingesta de materia orgánica digestible en ovejas merino de 3.5 años de edad; éstos valores son muy altos al de la alpaca (0.0360 g NMF  $\text{kgW}^{0.75}$  o equivalente a 35.5 mg NMF  $\text{kgW}^{0.75}$ ) del presente estudio (Tabla 6).

**Tabla 6.** Nitrógeno Metabólico Fecal (NMF) en alpacas suri macho.

| Variables   | DIETA % |        |        |
|---|---------|--------|--------|
|   | 4 PC    | 6 PC   | 8 PC   |
| Peso Metabólico, kgW <sup>0.75</sup>                      | 12.59   | 12.75  | 12.94  |
| Materia Seca Consumida, g/d                               | 366.65  | 501.10 | 512.01 |
| Nitrógeno Consumido, g/d                                  | 2.35    | 4.81   | 6.55   |
| <b>Nitrógeno Excretada en Heces</b>                       |         |        |        |
| Materia Seca excretada, g/d                               | 177.92  | 224.12 | 201.35 |
| Nitrógeno en heces, %                                     | 0.96    | 1.03   | 1.17   |
| Nitrógeno Fecal, g/d                                      | 1.66    | 2.27   | 2.36   |
| Nitrógeno Fecal, g/100g MSC                               | 0.4518  | 0.4522 | 0.4605 |
| Nitrógeno Fecal, g/kgW <sup>0.75</sup>                    | 0.0359  | 0.0355 | 0.0356 |
| Nitrógeno Metabólico Fecal (NMF),g/d *                    |         | 1.3071 |        |
| Nitrógeno Metabólico Fecal (NMF),g/100g MSC*              |         | 0.4459 |        |
| Nitrógeno Metabólico Fecal (NMF), g/kgW <sup>0.75</sup> * |         | 0.0360 |        |

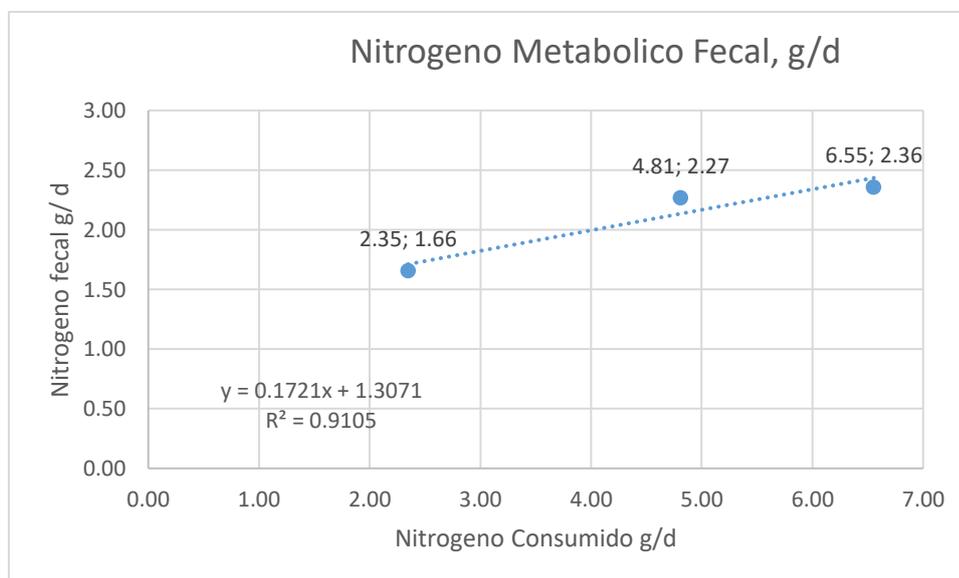
\*Es a base de nitrógeno consumido.

**Grafico 1.** Regresión Lineal de pérdidas de nitrógeno fecal sobre el nivel de nitrógeno consumido en alpacas suri.

Bautista (2018) obtuvieron 0.3985 g NMF 100 g MSC en alpacas huacaya macho de 7 meses, alimentadas con dietas de 4, 6 y 8 % de proteína cruda (PC) este valor fue menor, debido a que las alpacas consumieron menos materia seca por día (298.2, 388.7 y 429.2a g MSC d-1) de las dietas. En dos experimentos simultáneos se obtuvieron: 0.4225 g NMF 100 g MSC (Surco, 2016) y 0.149 g NMF 100 g MSC (Choque 2016) para Llamas machos de un año y dos años de edad, respectivamente; con dietas de 4, 6 y 8% PC. En

otras 4 investigaciones paralelas en camélidos, se determinaron: 0.4201 g NMF 100 g MSC (Condori 2017) y 0.335 g NMF 100 g MSC (Curo 2017), en alpacas hembras de 3 y 4 años de edad, respectivamente, alimentadas en ambos casos con dietas de 4, 6 y 8% PC. En alpacas machos de 15 meses de edad 4.128 g NMF kg-1 MSC (Ramírez, 2015), alimentadas con dietas de 3, 5 ,7 y 9% de proteína cruda (PC). En llamas, los resultados fueron: 0.472 g NMF 100 g MSC (Mamani 2017) y 0.390 g NMF 100 g MSC (Condori 2017), en llamas hembras de un año y dos años de edad, respectivamente, también alimentadas con dietas de 4, 6 y 8% PC. Estos resultados de muestran que las excreciones de nitrógeno metabólico fecal fueron similares entre las alpacas y llamas machos y hembras, excepto para llamas machos de dos años de edad los valores fueron muy bajos (Choque 2016).

**Grafico 2.** Regresión Lineal de pérdidas de Nitrógeno Metabólica Fecal (g/d)



En el presente trabajo el nitrógeno metabólico fecal (NMF) expresado en g/d fue de 1.3071 g/d (Tabla 6). El NMF fue estimada de igual forma por extrapolación a cero consumo de nitrógeno ( $X=0$ ) mediante la ecuación de Regresión Lineal:  $y = 0.1721x +$

1.3071 (Gráfico 2); con un valor de coeficiente de determinación ( $R^2 = 0.9105$ ), indicando que el 91% de las variaciones del nitrógeno fecal se debe a la variación del nitrógeno consumido.

Sin embargo, Bautista (2018) obtuvieron 0.944 g/d en alpacas huacaya macho de 7 meses, alimentadas con dietas de 4, 6 y 8 % de proteína cruda (PC) este valor fue menor al presente trabajo. En llamas macho de un año de edad, los resultados fueron: 4.776 g/d (Mamani 2017). Estos resultados de muestran que las excreciones de nitrógeno metabólico fecal fueron bajo en las alpacas a comparación de las llamas.

#### 4.4. Nitrógeno Endógeno Urinario

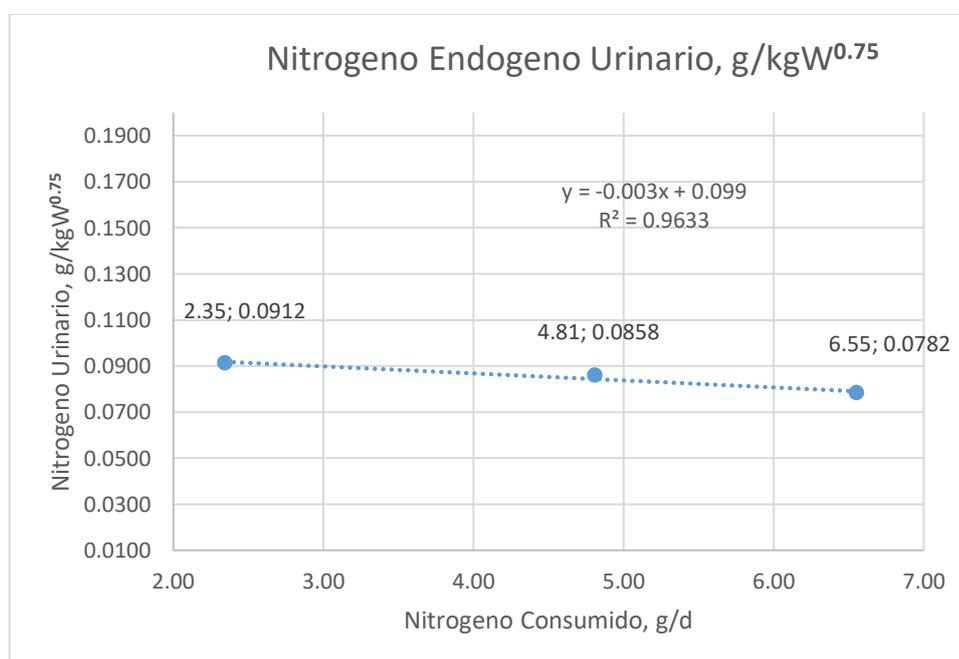
El nitrógeno endógeno urinario (NEU) del presente trabajo fue 0.099g NEU  $\text{kgW}^{0.75}$  o  $\text{NEU mg} = 99.0 \text{ g/kgW}^{0.75}$ , alimentadas con 4, 6 y 8% de proteína total (Tabla 7), el valor de NEU fue estimada a cero consumo de nitrógeno ( $X = 0$ ) con la ecuación de regresión lineal:  $y = -0.003x + 0.099$  (Gráfico 3), con un valor de coeficiente de determinación ( $R^2 = 0.9633$ ); significa que, el 96% de la variaciones de excreción urinaria se debe al nitrógeno consumido. El NEU del presente trabajo está dentro de los parámetros de los reportes en ovejas merino que fueron de 181 a 76  $\text{mg NEU kgW}^{0.75}$  (Giraldez et al.1997); lo que podría atribuirse al reciclaje de urea al intestino grueso potenciado por el aumento de la fermentación en el intestino grueso con el aumento de los niveles, como la composición de nitrógeno en la orina.

**Tabla 7.** Nitrógeno Endógeno Urinario (NEU) en alpacas suri macho.

| VARIABLES  | DIETA % |        |        |
|--|---------|--------|--------|
|  | 4 PC    | 6 PC   | 8 PC   |
| Peso promedio final, kg                              | 29.33   | 29.83  | 30.47  |
| Peso Metabólico, kgW <sup>0.75</sup>                 | 12.59   | 12.75  | 12.94  |
| Nitrógeno Consumido, g/d                             | 2.35    | 4.81   | 6.55   |
| <b>Nitrógeno Excretada en Orina</b>                  |         |        |        |
| Orina Excreta, ml/d                                  | 152.38  | 187.14 | 340.73 |
| Nitrógeno en Orina %                                 | 0.77    | 0.58   | 0.30   |
| Nitrógeno Urinario g/d                               | 1.15    | 1.09   | 1.01   |
| Nitrógeno Urinario, g/kgW <sup>0.75</sup>            | 0.09    | 0.09   | 0.08   |
| Nitrógeno Endógeno Urinario (NEU), g/d *             |         | 1.2300 |        |
| Nitrógeno Endógeno Urinario, g/kgW <sup>0.75</sup> * |         | 0.0990 |        |

\*Es a base de nitrógeno consumido.

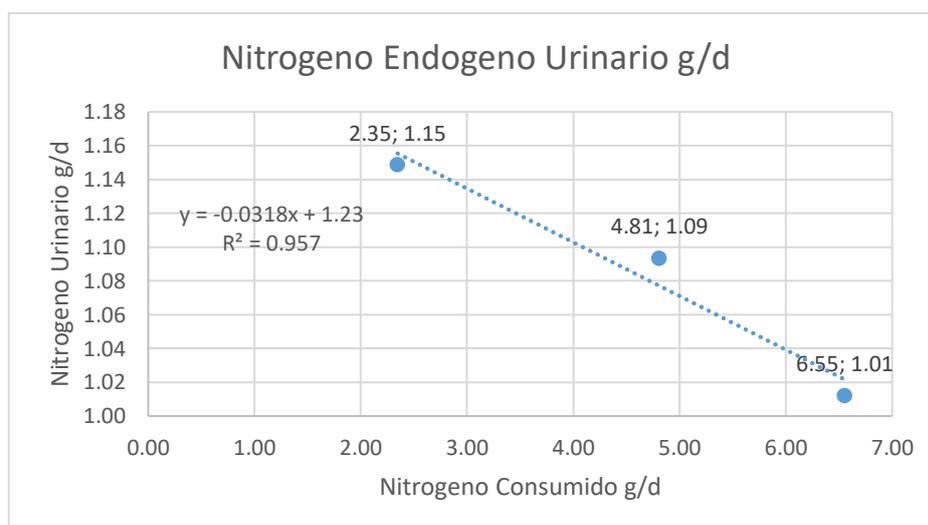
**Grafico 3.** Regresión Lineal de la pérdida de nitrógeno urinario sobre el nivel de nitrógeno consumido en alpacas suri macho.



Los resultados de investigaciones de nitrógeno endógeno urinario en camélidos fueron: 53.8 mg kgW<sup>0.75</sup> en alpacas machos crías alimentadas con 4, 6 y 8% de proteína total (Bautista, 2018) y en alpacas Huacaya machos de 15 meses de edad fue de 234.7 mg

NEU  $\text{kgW}^{0.75}$  alimentadas con dietas de 3, 5, 7 y 9% de PC (Ramírez et al. 2015). En dos resultados simultáneos fueron: 183.3 mg NEU  $\text{kgW}^{0.75}$  (Surco, 2016) y 41 mg NEU  $\text{kgW}^{0.75}$  (Choque 2016) para llamas machos de 1 año y 2 años de edad, respectivamente con dietas de 4, 6 y 8% PC. En 4 investigaciones paralelas en camélidos sobre NEU, en alpacas se obtuvieron: 102 mg NEU  $\text{kgW}^{0.75}$  (Condori 2017) y 102 mg NEU  $\text{kgW}^{0.75}$  (Curo 2017), en alpacas hembras de 3 y 4 años de edad, respectivamente, alimentadas en ambos casos con dietas de 4, 6 y 8% PC. En llamas fueron: 27 mg NEU  $\text{kgW}^{0.75}$  (Mamani, 2017) y 32.2 mg  $\text{kgW}^{0.75}$  (Condori, 2017), en llamas hembras de 1 año y 2 años de edad, respectivamente también alimentadas con dietas de 4, 6 y 8% PC. Estos resultados demuestran que, las excreciones de NEU fueron valores altos entre alpacas machos de 15 meses y llamas machos de 1 año de edad, , las diferencias en nitrógeno endógeno urinario en alpacas y llamas se debería al efecto sexo, edad y al estado fisiológico de los animales; valores intermedios en alpacas hembras de 3, 4 años y en llamas machos de 2 años; y valores bajos llamas hembras de 1, 2 años de edad y alpacas machos huacaya de 7 meses de edad, respecto a los valores 80 a 200 mg NEU  $\text{kgW}^{0.73}$  mencionados por Bondi y Drori (1989), al valor 97.8 mg NEU  $\text{kgW}^{0.75}$  cuyo presente estudio se coloca en valores intermedios.

**Grafico 4.** Regresión Lineal de la pérdida de Nitrógeno Endógeno Urinario (g/d)



En el presente trabajo el nitrógeno endógeno urinario (NEU) expresado en g/d fue de 1.2300 g/d (Tabla 7). El NMF fue estimada de igual forma por extrapolación a cero consumo de nitrógeno ( $X=0$ ) mediante la ecuación de Regresión Lineal:  $y = -0.0318x + 1.23$  (Gráfico 4); con un valor de coeficiente de determinación ( $R^2 = 0.957$ ), indicando que el 95% de las variaciones del nitrógeno endógeno urinario se debe a la variación del nitrógeno consumido.

Sin embargo, Bautista (2018) obtuvieron 0.5163 g/d en alpacas huacaya macho de 7 meses, alimentadas con dietas de 4, 6 y 8 % de proteína cruda (PC) este valor fue menor al presente trabajo. En llamas macho de un año de edad, los resultados fueron: 0.151 g/d (Mamani 2017). Estos resultados de muestran que las excreciones de nitrógeno endógeno urinario fueron altas en las alpacas a comparación de las llamas.

#### 4.5. Nitrógeno Dérmico

El nitrógeno dérmico (ND) fue  $0.0008 \text{ g ND kgW}^{0.75}$  ( $0.8 \text{ mg ND kgW}^{0.75}$ ), sin incluir el crecimiento de fibra de alpacas suri machos de un año de edad alimentadas con dietas de 4, 6 y 8% PT (Tabla 8). El nitrógeno dérmico fue estimado por extrapolación a cero de consumo de nitrógeno ( $X = 0$ ), con la ecuación de regresión lineal:  $y = 0.00002x + 0.0008$  (Gráfico 5); con el coeficiente de determinación ( $R^2 = 0.0343$ ), que indica el 3.4% de las variaciones de pérdida de nitrógeno dérmico se debe a las variaciones de consumo de nitrógeno en alpacas.

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 ( $\text{kgW}^{0.75}$ ). Por razones prácticas, es conveniente tenerlas en cuenta como parte de las necesidades de mantenimiento, a pesar de que la lana es un producto animal útil y no un producto de desecho, el valor de k (constante) en la ecuación

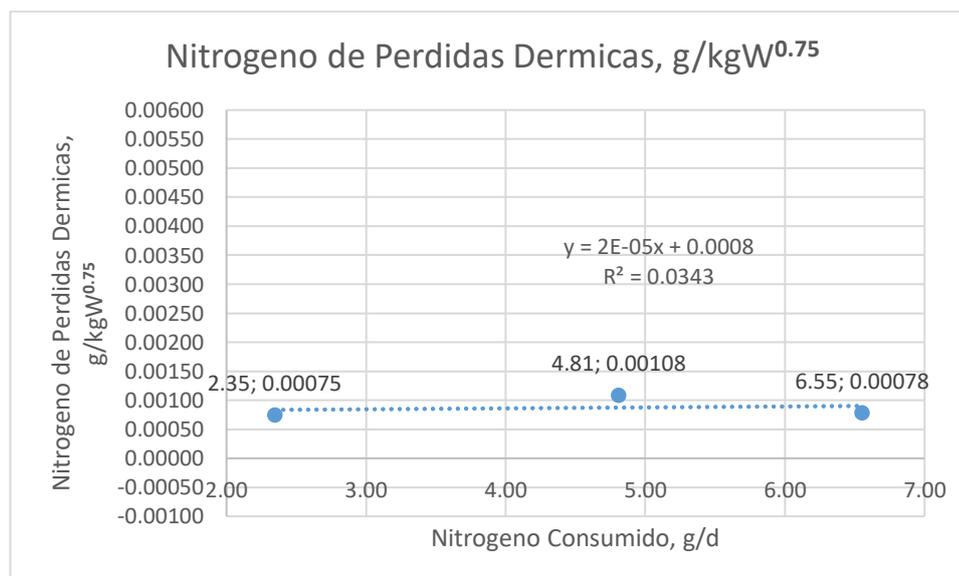
de nitrógeno dérmico mínima ( $MDN = kgW^{0.73}$ ) debe ajustarse para incluir la caspa y la lana, los incrementos aproximados para la  $k$  en relación con las pérdidas de nitrógeno en la caspa y para la producción de lana son de 20 y 50, respectivamente (Bondi y Drori, 1989).

**Tabla 8.** Nitrógeno Dérmico (ND) en alpacas suri macho.

| VARIABLES                                      | DIETA % |         |         |
|--|---------|---------|---------|
|  | 4 PC    | 6 PC    | 8 PC    |
| Peso Metabólico, $kgW^{0.75}$                  | 12.59   | 12.75   | 12.94   |
| Nitrógeno Consumido, g/d                       | 2.35    | 4.81    | 6.55    |
| <b>Nitrógeno de Pérdidas Dérmicas</b>          |         |         |         |
| Pérdidas Dérmicas, g/d                         | 0.07    | 0.13    | 0.09    |
| Nitrógeno de Pérdidas Dérmicas %               | 14.51   | 10.50   | 11.97   |
| Nitrógeno de Pérdidas Dérmicas, g/d            | 0.00942 | 0.01380 | 0.01010 |
| Nitrógeno de Pérdidas Dermicas, $g/kgW^{0.75}$ | 0.00075 | 0.00108 | 0.00078 |
| Nitrógeno Dérmico, g/d *                       |         | 0.0099  |         |
| Nitrógeno Dérmico, $g/kgW^{0.75}$ *            |         | 0.0008  |         |

\*Es a base de nitrógeno consumido.

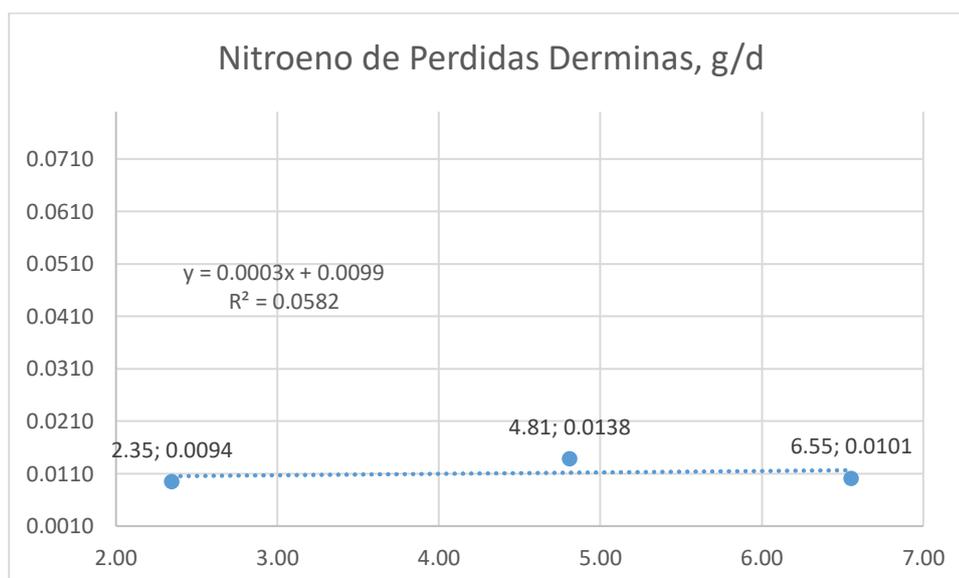
**Grafico 5.** Regresión Lineal de la pérdida de nitrógeno dérmico sobre el nivel de nitrógeno consumido en alpacas suri.



Las investigaciones sobre la evaluación de nitrógeno dérmico (ND) son escasos en los rumiantes y camélidos sudamericanos domésticos: alpaca y llama, al respecto en los últimos años se ha generado algunos trabajos de investigación; Bautista et al. (2018)

sus resultados de nitrógeno dérmico (ND) fue  $0.6 \text{ mg ND kgW}^{0.75}$ , en alpacas huacaya machos de 7 meses, alimentadas con dietas de 4, 6 y 8% PC, así Ramírez et al. (2015) obtuvieron  $2.5 \text{ mg ND kgW}^{0.75}$  en alpacas Huacaya machos de 15 meses de edad, alimentadas con dietas de 4, 5, 7 y 9% de PC. En otros dos trabajos paralelos, Surco (2016) y Choque (2016) encontraron  $17.6$  y  $8 \text{ mg ND kgW}^{0.75}$  en Llamas macho de 1 año y 2 años alimentados en ambos casos con 4, 6 y 8 % de PC, respectivamente. En cuatro resultados simultáneos en ND para camélidos, Condori (2017) y Curo (2017) estimaron:  $0.3$  y  $1.7 \text{ mg ND kgW}^{0.75}$  en alpacas Huacaya hembras de 3 y 4 años de edad. Mamani (2017) y Condori (2017) determinaron  $3$  y  $1.5 \text{ mg ND kgW}^{0.75}$  en llamas hembras de 1 y 2 años de edad, respectivamente, alimentadas con dietas de 4, 6 y 8% PT en los cuatro trabajos, los resultados en alpacas y llamas son mayores al presente trabajo, excepto para alpacas hembras de 3 años de edad, cuyo valor fue bajo ( $0.3 \text{ mg ND kgW}^{0.75}$ ), las diferencias en ND para alpacas y llamas se debería al efecto sexo, edad y al estado fisiológico de los animales.

**Gráfico 6.** Regresión Lineal de la pérdida de nitrógeno dérmico g/d.



El nitrógeno dérmico (ND) fue 0.0099 g/d ND, sin incluir el crecimiento de fibra de alpacas suri machos de un año de edad alimentadas con dietas de 4, 6 y 8% PT (Tabla 8).

Los resultados de la investigación de nitrógeno dérmico en alpacas fueron: 0.0056 g/d ND en alpacas machos crías alimentadas con 4, 6 y 8% de proteína total (Bautista, 2018). En alpacas se obtuvieron: 1.747 g/d ND (Condori 2017), en alpacas hembras de 3 años de edad, alimentadas con dietas de 4, 6 y 8% PC. En llamas fueron: 0.083 g/d ND (Mamani, 2017) en llamas hembras de 3 años de edad, también alimentadas con dietas de 4, 6 y 8% PC. Estos resultados demuestran que, las excreciones de ND fueron valores altos entre alpacas hembras de 3 años de edad y siendo más bajo en llamas de 3 años de edad.

#### 4.6. Pérdidas totales de nitrógeno endógeno.

*Tabla 9. Pérdida totales de nitrógeno endógeno*

| CLASE DE PERDIDA                              | g/d           | kgW <sup>0.75</sup> |
|---|---------------|---------------------|
| Nitrógeno Metabólico Fecal (NMF)              | 1.3071        | 0.0360              |
| Nitrógeno Endógeno Urinario (NEU)             | 1.2300        | 0.0990              |
| Nitrógeno Endógeno Dérmico, g/d               | 0.0099        | 0.0008              |
| <b>Pérdidas totales de nitrógeno endógeno</b> | <b>2.5470</b> | <b>0.1358</b>       |

En la tabla 9 se muestra la pérdida total de nitrógeno endógeno (nitrógeno metabólico fecal, endógeno urinario y nitrógeno endógeno dérmico) en alpacas suri macho de un año de edad donde se muestra una pérdida total de nitrógeno 3.8803 g/d (0.1342 kgW<sup>0.75</sup>).

Bautista et al. (2018) obtuvieron 1.4659 g/d (0.14930 kgW<sup>0.75</sup>) en alpacas huacaya macho de 7 meses, Mamani, (2017) sus resultados en llamas hembras de 1 año de edad fueron 5.010g/d (0.247 g/ kgW<sup>0.75</sup>). En simultaneo (Condori, 2017) en alpacas

hembras de tres años de edad obtuvo  $0.2273 \text{ g/ kgW}^{0.75}$  de pérdida total de nitrógeno, alimentados los tres trabajos con las mismas dietas de 4, 6 y 8 % de proteína cruda (PC). Las diferencias en pérdida total de nitrógeno en alpacas y llamas se deberían al efecto sexo, edad y al estado fisiológico de los animales.

## V. CONCLUSIONES

- La pérdida de nitrógeno metabólico fecal (NMF) en alpacas suri macho de un año de edad, fue de 0.4459 g/100g MSC, estimada por extrapolación a cero consumos de nitrógeno.
- La pérdida de nitrógeno endógeno urinario (NEU) en alpacas suri macho de un año de edad, fue de 0.099 g NEU kgW<sup>0.75</sup>, estimada por extrapolación a cero consumos de nitrógeno.
- La pérdida de nitrógeno dérmico (ND) en alpacas suri macho de un año de edad, fue de 0.0008 g NED kgW<sup>0.75</sup>.

## VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar trabajos de pérdida de nitrógeno endógeno en diferentes edades de alpacas hembras y machos en la raza Suri.
- Determinar pérdidas de nitrógeno endógeno con forrajes o pastizales naturales.
- Se recomienda que no se debe utilizar dietas menores al 8 % de proteína total en alpacas macho de 1 años de edad.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adu, E. K.; Awotwi, E. K.; Amaning-Kwarteng, K. and Awumbila, B. (2012). Metabolic fecal nitrogen and digestibility estimates in the grasscutter (*Thryonomys swinderianus*). *Trop Anim Health Prod* 44:881–886.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (1996). *Official Methods of Analysis*. (16th ed.). VA. USA.
- Association of Official Analytical Chemists. (1990). *Official Methods of Analysis*. 15th Ed. Edited by Kenneth Helrich. Arlington, Virginia. 1117pp.
- Bautista, P.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.
- Bautista, P.J.L. (2015). Determinación de los requerimientos de proteína metabolizable de alpaca (*Vicugna pacos*) mediante la técnica de sacrificio comparativo. VII Congreso Mundial de Camélidos Sudamericanos. Puno, Perú. Vol. 7, p. 47.
- Bautista P, J. L. (2018). Determinación de Nitrógeno Endógeno: Metabólico Fecal, Endógeno Urinario y Dérmico en Alpacas (*Vicugna pacos*) Cría Machos. Caxamarca, p. 125 - 133.
- Berolatti, G. R. (2009). Balance de nitrógeno con la mezcla de heno de alfalfa y heno de avena en Alpacas. Tesis de Médico Veterinario Zootecnista, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. 45p.
- Bondi, A. y Drori, D. (1989). *Nutrición animal; metabolismo proteico en los rumiantes*. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España. 545 p.
- Brody, S.; Procter, R.C.; And Ashworth, U.S. (1934). Growth and development XXXIV: Basal metabolism, with particular reference to the estimation of the maintenance requirement of protein. *J. Nutrition*, 9: 403-433.
- Chambi, J. (2005). Balance de nitrógeno en alpacas alimentadas con heno de avena y heno de alfalfa. Tesis de Médico Veterinario Zootecnista, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Choque, Y. R. (2016). Determinación de nitrógeno metabólico fecal, endógeno urinario y dérmico en llamas (*Lama glama*) de dos años de edad. Tesis de Grado, Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Coblentz, W.K.; Coffey, K.P.; Turner, J.E.; Scarbrough, D.A.; Weyers, J.S.; Jarrison, K.F.; Daniels, Z.B.; Rosenkrans, C.F.; Kellong, D.W. And Hubell, D.S. (2000). Effect of maturity on degradation kinetics of sod-seeded cereal grain forage grown in Northern Arkansas. *J. Dairy Sci.* 83: 2499-2511.

- Condori, A. J. 2017. Determinación del nitrógeno metabólico fecal, endógeno urinario y dérmico en llamas hembras de dos años de edad. Tesis Grado. Facultad Medicina Veterinaria y Zootecnia. U.N.A., Puno - Perú.
- Condori, K. E. 2017. Determinación de nitrógeno endógeno total: metabólico fecal, urinario y dérmico en alpacas (*Vicugna pacos*) hembras de tres años de edad. Tesis de Grado. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional del Altiplano. Puno - Perú.
- Cunningham H M and Brisson G J. 1957. The endogenous urinary and metabolic fecal nitrogen excretions of newborn dairy calves. *Can. J. Anim. Sci.* Vol. 37:152 - 156.
- Curo, R. 2017. Pérdidas de nitrógeno metabólico fecal, endógeno urinario y dérmico en alpacas hembras de cuatro años de edad. Tesis de Grado, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional del Altiplano. Puno - Perú.
- Elliott, R.C. and Topps J.H. (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.
- Fowler, M. 1998. *Medicine and Surgery of South American Camelids, Llama, Alpaca, Vicuña y Guanaco.* Second Edition. Iowa Sode University Press. USA.
- Fundación Española Para El Desarrollo De La Nutrición Animal (FEDNA). 2003. 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.
- Garcia, F. (1992). Requerimiento de Proteína en Ganado Lechero. En: M. E. Ruiz., y San José C. R. (Ed), *Simulación de Sistemas Pecuarios.* Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Red de Investigación en Sistemas de Producción Animal. 288pp.
- Genin, D; Abasto, P. y Tichit, M. (1995). Uso de los recursos forrajeros por llamas y ovinos. *Wayra pampa. ORSTOM. CONPAC-IBTA, Oruro Bolivia.* 131- 134 p.
- Giráldez, F.J, Valdés; C, Peláez, R; Frutos P and Mantecón, A.R. (1997). The influence of digestible organic matter and nitrogen intake on faecal and urinary nitrogen losses in sheep. *Livestock Production Science.* Vol. 51. Issues 1-3. 183-190.
- Kraiem, K.; Majdoub, A.; Be Abbes, S. And Moujahed, N. (1997). Effects of the level of supplementation with concentrate on the nutritive value and utilization of oats hay cut a three maturity stage. *Elsevier. Libestock Production Sci.* 7:175-184.
- Kuehl, R. 2001. *Diseño de experimentos. Principios estadísticos para el diseño y análisis de investigaciones.* (2ª Edición). Barcelona, España. M.A.Toledo.

- Lopez, A.; Morales, S.; Cabrera, C. y Urrea, C. (2000). Ingestión y Digestibilidad Aparente de Forrajes por la Llama (Lama Glama). I.- Heno de alfalfa (Medicago Sativa) y paja de trigo (Triticum Aestivum) en diferentes proporciones. Arch. Med. Vet. v. 32 n.2. Valdivia, Chile.
- Mamani, Y. W. 2017. Determinación de nitrógeno metabólico fecal, endógeno urinario y dérmico en llamas (Lama glama) hembras de un año de edad. Tesis de Grado, Facultad Medicina Veterinaria y Zootecnia, U.N.A. Puno -Perú.
- Martinez, A. L. 2002. Necesidades proteicas y aportes de proteína en el ganado vacuno lechero. Mundo Ganadero, Eumedia S.A., Madrid, N° 145, 147 y 14. Recuperado de <http://www.produccion-animal.com.ar>
- Maynard, L. A.; Loosli, J. K.; Hintz, H.F. y Warner, R. G. (1992). Nutrición animal. Las proteínas y su metabolismo. Séptima edición (Cuarta Edición en español). Editorial McGraw-Hill. México. Pag. 188.
- Mc Donald, P.; Edwards, R.A. y Greenhalgh, J.F.D. (1979). Nutricion Animal. 2ª. Ed. ACRIBIA. Barcelona, España. Pp 184.
- Medeiros, A. N.; Resende, K.T.; Fereira, A.C.D.; And Yañez, E.A.. (1998). Exigencias netas de proteína para caprinos Saanen. Proyecto financiado por la FAPESP-FCAV. Jaboticabal. Brasil.
- Mitchell, H. H.; Card, L. E. And Hamilton, T. S. (1931). A technical study of the growth of White leghorn chickens. III. Agr. Expt. Sta. Bull 376.
- National Research Council (NRC) (2001). Nutrient Requirements of Beef Cattle. 7th. Rev. Ed. National Academy Press. 381 pp. Washington, D.C., USA.
- National Research Council (NRC). (1984). Nutrient requirements of beef cattle. (Sith Revised Edition). Washington D.C. USA. The National Academy Press.
- National Research Council (NRC). (2007). Nutrient requirements of small ruminants sheep, goats, cervids an new world camelids. Washington D.C. USA. The National Academy Press.
- Nipper W A. (1979). The origin of the metabolic fecal nitrogen in relation to protein requirements. Retrospective Theses and Dissertations. 7299. <http://lib.dr.iastate.edu/rtd/7299>.
- Oba, M. and Allen, M. S. (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. Zaragoza, España. Edit. Acribia.
- Ramírez, A. S.; Bautista, P. J. L.; Gallegos, A. R. F.; Roque, H. B. y Luque N. 2015. Determinación del nitrógeno metabólico fecal, endógeno urinario y dérmico en alpacas. VII Congreso Mundial de Camélidos Sudamericanos. FMVZ, U.N.A. Puno -Perú. Vol. 7, Pág. 434-438.

- San Martin, F y Bryant, F.G., (1987). Nutrición de los Camélidos Sudamericanos: estado de nuestro conocimiento. Programa Colaborativo de Apoyo a la Investigación en Rumiantes Menores. FMV-UNMSM. Lima - Perú.
- Surco, N. (2016). Determinación de nitrógeno metabólico fecal, endógeno urinario y dérmico en llamas (*Lama glama*) machos de un año de edad. Tesis de Grado, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional del Altiplano. 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.
- Vallenas, A. (1991). Características anatomofisiológicas. En: Fernández – Baca, S. (Eds.) *Avances y perspectivas del conocimiento de los Camélidos Sudamericanos*. FAO. Oficina Regional Para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile. Pp 49-90.
- Van Saun, R. J. (2006). *Geeding fundamentals for South American Camelids*. Department of Veterinary Science. Pensilvania State University. *Lamalink*. Com. 3(15:22-25).

## **ANEXOS**

**ANEXO 1.**  
**PANEL FOTOGRÁFICO**



*Figura 1 Jaulas individuales cubiertas con un piso plastificado y laterales de material polietileno*



*Figura 2 Equipos de colección: bolsas de colección fecal, fundas de colección de orina sujetas al arnés.*



*Figura 3 Alpacas en periodo de acostumbramiento.*



*Figura 4 Alpacas en periodo experimental con sus respectivas dietas.*



*Figura 5 Alpacas en periodo experimental con su módulo de arnés: colector de orina y heces.*

## ANEXO 2.

## TABLAS

*Tabla 10. Composición química del suplemento mineral y vitaminico (suplamin difos)*

| COMPOSICION       | CANTIDAD    |
|-------------------|-------------|
| Calcio            | 185.00 g    |
| Fosforo           | 150.60 g    |
| Magnesio          | 4864.00 mg  |
| Sodio             | 23.50 g     |
| Cloruros          | 36.20 g     |
| Manganeso         | 1209.00 mg  |
| Zinc              | 2500.00 mg  |
| Selenio           | 10.00 mg    |
| Cobre             | 500.00 mg   |
| Azufre            | 940.00 mg   |
| Hierro            | 1200.00 mg  |
| Potasio           | 7.00 mg     |
| Yoduros           | 35.00 mg    |
| Cobalto           | 35.00 mg    |
| Vit A             | 515.00 UI   |
| Vit D3            | 65.00 UI    |
| Vit E             | 100.00 mg   |
| Excipientes c.s.p | 10. 00.00 g |

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

*Tabla 11. Consumo de materia seca (CMS) en alpacas suri macho.*

| ETAPA II        | Mezcla de alimento con 4% PC (Alpaca 2) |        |        |        | Mezcla de alimento con 6% PC (Alpaca 3) |        |        |       | Mezcla de alimento con 8% PC (Alpaca 1) |        |        |        |       |       |        |
|-----------------|---|--------|--------|--------|---|--------|--------|-------|---|--------|--------|--------|-------|-------|--------|
|                 | Sumin.1.8%<br>PV                        | MS     | Resid. | IMS    | Sumin.1.8%<br>PV                        | MS     | Resid. | IMS   | Sumin.1.8%<br>PV                        | MS     | Resid. | IMS    |       |       |        |
| 21/02/2018      | 620.00                                  | 569.64 | 353.50 | 324.79 | 244.86                                  | 488.10 | 449.30 | 3.60  | 3.31                                    | 445.98 | 640.00 | 587.89 | 25.10 | 23.06 | 564.83 |
| 22/02/2018      | 620.00                                  | 569.64 | 82.70  | 75.98  | 493.66                                  | 488.10 | 449.30 | 17.90 | 16.48                                   | 432.82 | 640.00 | 587.89 | 6.00  | 5.51  | 582.38 |
| 23/02/2018      | 620.00                                  | 569.64 | 93.90  | 86.27  | 483.37                                  | 488.10 | 449.30 | 9.20  | 8.47                                    | 440.83 | 640.00 | 587.89 | 2.90  | 2.66  | 585.22 |
| 24/02/2018      | 620.00                                  | 569.64 | 276.90 | 254.41 | 315.23                                  | 488.10 | 449.30 | 9.80  | 9.02                                    | 440.28 | 640.00 | 587.89 | 6.30  | 5.79  | 582.10 |
| 25/02/2018      | 620.00                                  | 569.64 | 89.50  | 82.23  | 487.41                                  | 488.10 | 449.30 | 2.60  | 2.39                                    | 446.90 | 640.00 | 587.89 | 2.50  | 2.30  | 585.59 |
| 26/02/2018      | 620.00                                  | 569.64 | 154.40 | 141.86 | 427.78                                  | 488.10 | 449.30 | 5.20  | 4.79                                    | 444.51 | 640.00 | 587.89 | 5.30  | 4.87  | 583.02 |
| 27/02/2018      | 620.00                                  | 569.64 | 95.30  | 87.56  | 482.08                                  | 488.10 | 449.30 | 7.30  | 6.72                                    | 442.58 | 640.00 | 587.89 | 2.90  | 2.66  | 585.22 |
| <b>PROMEDIO</b> | 620.00                                  | 569.64 | 163.74 | 150.44 | 419.20                                  | 488.10 | 449.30 | 7.94  | 7.31                                    | 441.99 | 640.00 | 587.89 | 7.29  | 6.69  | 581.19 |
| Desv. Est.      | 0.00                                    | 0.00   | 108.43 | 99.62  | 99.62                                   | 0.00   | 0.00   | 5.16  | 4.75                                    | 4.75   | 0.00   | 0.00   | 8.01  | 7.36  | 7.36   |
| C. V.,%         | 0.00                                    | 0.00   | 0.66   | 0.66   | 0.24                                    | 0.00   | 0.00   | 0.65  | 0.65                                    | 0.01   | 0.00   | 0.00   | 1.10  | 1.10  | 0.01   |

| ETAPA II        | Mezcla de alimento con 4% PC (Alpaca 2) |        |        |        | Mezcla de alimento con 6% PC (Alpaca 3) |        |        |       | Mezcla de alimento con 8% PC (Alpaca 1) |        |        |        |        |        |        |
|-----------------|---|--------|--------|--------|---|--------|--------|-------|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                 | Sumin.1.8%<br>PV                        | MS     | Resid. | IMS    | Sumin.1.8%<br>PV                        | MS     | Resid. | IMS   | Sumin.1.8%<br>PV                        | MS     | Resid. | IMS    |        |        |        |
| 21/02/2018      | 620.00                                  | 569.64 | 353.50 | 324.79 | 244.86                                  | 488.10 | 449.30 | 5.60  | 5.15                                    | 444.14 | 640.00 | 587.89 | 25.10  | 23.06  | 564.83 |
| 22/02/2018      | 620.00                                  | 569.64 | 82.70  | 75.98  | 493.66                                  | 488.10 | 449.30 | 17.90 | 16.48                                   | 432.82 | 640.00 | 587.89 | 6.00   | 5.51   | 582.38 |
| 23/02/2018      | 620.00                                  | 569.64 | 93.90  | 86.27  | 483.37                                  | 488.10 | 449.30 | 9.20  | 8.47                                    | 440.83 | 640.00 | 587.89 | 2.90   | 2.66   | 585.22 |
| 24/02/2018      | 620.00                                  | 569.64 | 276.90 | 254.41 | 315.23                                  | 488.10 | 449.30 | 9.80  | 9.02                                    | 440.28 | 640.00 | 587.89 | 6.30   | 5.79   | 582.10 |
| 25/02/2018      | 620.00                                  | 569.64 | 89.50  | 82.23  | 487.41                                  | 488.10 | 449.30 | 2.60  | 2.39                                    | 446.90 | 640.00 | 587.89 | 2.50   | 2.30   | 585.59 |
| 26/02/2018      | 620.00                                  | 569.64 | 154.40 | 141.86 | 427.78                                  | 488.10 | 449.30 | 5.20  | 4.79                                    | 444.51 | 640.00 | 587.89 | 5.30   | 4.87   | 583.02 |
| 27/02/2018      | 620.00                                  | 569.64 | 95.30  | 87.56  | 482.08                                  | 488.10 | 449.30 | 8.23  | 7.57                                    | 441.72 | 640.00 | 587.89 | 7.29   | 6.69   | 581.19 |
| <b>PROMEDIO</b> | 620.00                                  | 569.64 | 163.74 | 150.44 | 419.20                                  | 488.10 | 449.30 | 8.23  | 7.57                                    | 441.72 | 640.00 | 587.89 | 7.29   | 6.69   | 581.19 |
| Desv. Est.      | 0.00                                    | 0.00   | 108.43 | 99.62  | 99.62                                   | 0.00   | 0.00   | 4.93  | 4.53                                    | 4.53   | 0.00   | 0.00   | 8.01   | 7.36   | 7.36   |
| C. V.,%         | 0.00                                    | 0.00   | 66.22  | 66.22  | 23.77                                   | 0.00   | 0.00   | 59.86 | 59.86                                   | 1.03   | 0.00   | 0.00   | 109.99 | 109.99 | 1.27   |

| ETAPA III         | Mezcla de alimento con 4% PC (Alpacas3) |        |        |       |        | Mezcla de alimento con 6% PC (Alpaca 1) |        |        |       |        | Mezcla de alimento con 8% PC (Alpaca 2) |        |        |       |        |
|-------------------|---|--------|--------|-------|--------|---|--------|--------|-------|--------|---|--------|--------|-------|--------|
|                   | Sumin.1.8%                              |        |        |       |        | Sumin.1.8%                              |        |        |       |        | Sumin.1.8%                              |        |        |       |        |
| FECHA             | PV                                      | MS     | Resid. | MS    | IMS    | PV                                      | MS     | Resid. | MS    | IMS    | PV                                      | MS     | Resid. | MS    | IMS    |
| 08/03/2018        | 500.10                                  | 459.48 | 8.50   | 7.81  | 451.67 | 680.00                                  | 625.94 | 2.30   | 2.12  | 623.82 | 620.00                                  | 569.52 | 3.10   | 2.85  | 566.67 |
| 09/03/2018        | 500.10                                  | 459.48 | 16.60  | 15.25 | 444.23 | 680.00                                  | 625.94 | 19.20  | 17.67 | 608.27 | 620.00                                  | 569.52 | 14.30  | 13.14 | 556.38 |
| 10/03/2018        | 500.10                                  | 459.48 | 19.00  | 17.46 | 442.03 | 680.00                                  | 625.94 | 18.90  | 17.40 | 608.54 | 620.00                                  | 569.52 | 11.00  | 10.10 | 559.41 |
| 11/03/2018        | 500.10                                  | 459.48 | 12.90  | 11.85 | 447.63 | 680.00                                  | 625.94 | 10.20  | 9.39  | 616.55 | 620.00                                  | 569.52 | 21.60  | 19.84 | 549.67 |
| 12/03/2018        | 500.10                                  | 459.48 | 19.30  | 17.73 | 441.75 | 680.00                                  | 625.94 | 3.70   | 3.41  | 622.54 | 620.00                                  | 569.52 | 11.50  | 10.56 | 558.95 |
| 13/03/2018        | 500.10                                  | 459.48 | 8.30   | 7.63  | 451.86 | 680.00                                  | 625.94 | 1.60   | 1.47  | 624.47 | 620.00                                  | 569.52 | 4.70   | 4.32  | 565.20 |
| 14/03/2018        | 500.10                                  | 459.48 | 28.00  | 25.73 | 433.76 | 680.00                                  | 625.94 | 3.80   | 3.50  | 622.44 | 620.00                                  | 569.52 | 3.10   | 2.85  | 566.67 |
| <b>PROMEDIO</b>   | 500.10                                  | 459.48 | 16.09  | 14.78 | 444.70 | 680.00                                  | 625.94 | 8.53   | 7.85  | 618.09 | 620.00                                  | 569.52 | 9.90   | 9.09  | 560.42 |
| <b>Desv. Est.</b> | 0.00                                    | 0.00   | 6.94   | 6.38  | 6.38   | 0.00                                    | 0.00   | 7.71   | 7.10  | 7.10   | 0.00                                    | 0.00   | 6.83   | 6.27  | 6.27   |
| <b>C. V.,%</b>    | 0.00                                    | 0.00   | 43.17  | 43.17 | 1.43   | 0.00                                    | 0.00   | 90.41  | 90.41 | 1.15   | 0.00                                    | 0.00   | 68.95  | 68.95 | 1.12   |

*Tabla 12. Porcentaje de materia seca fecal (7 días) en alpacas suri macho.*

**Materia Seca Fecal en el experimento de metabolismo convencional *in vivo* en alpacas**

**ETAPA I**

| Fecha             | 4% PC Alpaca 1 |       |       | 6% PC Alpaca 2 |       |       | 8% PC Alpaca 3 |       |       |
|-------------------|----------------|-------|-------|----------------|-------|-------|----------------|-------|-------|
|                   | Heces          | MS,g  | MS,%  | Heces          | MS,g  | MS,%  | Heces          | MS,g  | MS,%  |
| 06/02/2018        | 50             | 28.83 | 57.67 | 50             | 23.87 | 47.74 | 50             | 18.54 | 37.07 |
| 07/02/2018        | 50             | 21.75 | 43.51 | 50             | 21.54 | 43.09 | 50             | 16.13 | 32.26 |
| 08/02/2018        | 50             | 26.76 | 53.53 | 50             | 22.44 | 44.89 | 50             | 18.68 | 37.36 |
| 09/02/2018        | 50             | 27.11 | 54.22 | 50             | 23.20 | 46.40 | 50             | 17.66 | 35.33 |
| 10/02/2018        | 50             | 26.67 | 53.34 | 50             | 22.27 | 44.55 | 50             | 17.36 | 34.71 |
| 11/02/2018        | 50             | 26.05 | 52.10 | 50             | 22.81 | 45.62 | 50             | 17.22 | 34.45 |
| 12/02/2018        | 50             | 23.22 | 46.44 | 50             | 21.73 | 43.47 | 50             | 21.48 | 42.96 |
| <b>PROMEDIO</b>   | 50             | 25.77 | 51.54 | 50.00          | 22.55 | 45.11 | 50.00          | 18.15 | 36.30 |
| <b>Desv. Est.</b> | 0              | 2.44  | 4.88  | 0.00           | 0.82  | 1.63  | 0.00           | 1.70  | 3.40  |
| <b>C. V.,%</b>    | 0.00           | 9.47  | 9.47  | 0.00           | 3.62  | 3.62  | 0.00           | 9.36  | 9.36  |

**ETAPA II**

| Fecha             | 4% PC Alpaca 2 |       |       | 6% PC Alpaca 3 |       |       | 8% PC Alpaca 1 |       |       |
|-------------------|----------------|-------|-------|----------------|-------|-------|----------------|-------|-------|
|                   | Heces          | MS,g  | MS,%  | Heces          | MS,g  | MS,%  | Heces          | MS,g  | MS,%  |
| 21/02/2018        | 51             | 22.74 | 44.59 | 50.9           | 18.57 | 36.49 | 50.9           | 17.81 | 34.99 |
| 22/02/2018        | 50.8           | 20.65 | 40.65 | 50.1           | 18.49 | 36.91 | 50.9           | 18.74 | 36.81 |
| 23/02/2018        | 50             | 22.25 | 44.49 | 50.4           | 18.60 | 36.91 | 51.5           | 17.05 | 33.10 |
| 24/02/2018        | 50.5           | 22.38 | 44.33 | 50             | 18.40 | 36.80 | 49.8           | 16.12 | 32.38 |
| 25/02/2018        | 50.1           | 21.58 | 43.06 | 50             | 18.09 | 36.17 | 50.4           | 17.12 | 33.96 |
| 26/02/2018        | 50.1           | 21.40 | 42.72 | 50             | 18.21 | 36.42 | 50             | 16.25 | 32.50 |
| 27/02/2018        | 50.6           | 20.10 | 39.73 | 49.6           | 17.74 | 35.77 | 50.6           | 17.51 | 34.60 |
| <b>PROMEDI</b>    |                |       |       |                |       |       |                |       |       |
| <b>O</b>          | 50.44          | 21.59 | 42.80 | 50.14          | 18.30 | 36.50 | 50.59          | 17.23 | 34.05 |
| <b>Desv. Est.</b> | 0.39           | 0.96  | 1.94  | 0.41           | 0.31  | 0.42  | 0.58           | 0.90  | 1.58  |
| <b>C. V.,%</b>    | 0.01           | 0.04  | 0.05  | 0.01           | 0.02  | 0.01  | 0.01           | 0.05  | 0.05  |

**ETAPA III**

| Fecha             | 4% PC Alpaca 3 |       |       | 6% PC Alpaca 1 |       |       | 8% PC Alpaca 2 |       |       |
|-------------------|----------------|-------|-------|----------------|-------|-------|----------------|-------|-------|
|                   | Heces          | MS,g  | MS,%  | Heces          | MS,g  | MS,%  | Heces          | MS,g  | MS,%  |
| 08/03/2018        | 50.3           | 18.62 | 37.01 | 50.2           | 18.10 | 36.05 | 50.3           | 19.90 | 39.56 |
| 09/03/2018        | 49.6           | 20.37 | 41.07 | 49.7           | 18.50 | 37.23 | 50.2           | 19.84 | 39.51 |
| 10/03/2018        | 50.3           | 19.72 | 39.20 | 50.3           | 19.73 | 39.23 | 50.1           | 17.58 | 35.08 |
| 11/03/2018        | 50             | 19.84 | 39.68 | 49.6           | 18.72 | 37.75 | 50.3           | 18.90 | 37.57 |
| 12/03/2018        | 50.4           | 20.23 | 40.14 | 50.1           | 19.05 | 38.02 | 50.5           | 18.80 | 37.24 |
| 13/03/2018        | 49.2           | 19.83 | 40.31 | 50.3           | 18.23 | 36.24 | 50.4           | 19.41 | 38.51 |
| 14/03/2018        | 49.9           | 20.03 | 40.13 | 50.1           | 17.50 | 34.93 | 50.2           | 18.40 | 36.65 |
| <b>PROMEDI</b>    |                |       |       |                |       |       |                |       |       |
| <b>O</b>          | 49.96          | 19.81 | 39.65 | 50.04          | 18.55 | 37.06 | 50.29          | 18.97 | 37.73 |
| <b>Desv. Est.</b> | 0.44           | 0.57  | 1.30  | 0.28           | 0.72  | 1.44  | 0.13           | 0.83  | 1.61  |
| <b>C. V.,%</b>    | 0.01           | 0.03  | 0.03  | 0.01           | 0.04  | 0.04  | 0.00           | 0.04  | 0.04  |

**EXCRECION DE MATERIA SECA FECAL***Tabla 13. Excrecion de materia seca fecal en el experimento de metabolismo in vivo en alpaca.***ETAPA I**

| Fecha             | 4% PC Alpaca 1 |       |        | 6% PC Alpaca 2 |       |        | 8% PC Alpaca 3 |       |        |
|-------------------|----------------|-------|--------|----------------|-------|--------|----------------|-------|--------|
|                   | MF,g           | MS,%  | MS,g   | MF,g           | MS,%  | MS,g   | MF,g           | MS,%  | MS,g   |
| 06/02/2018        | 80             | 57.67 | 46.13  | 163.9          | 47.74 | 78.25  | 421.9          | 37.07 | 156.40 |
| 07/02/2018        | 236            | 43.51 | 102.67 | 469.5          | 43.09 | 202.29 | 404.6          | 32.26 | 130.52 |
| 08/02/2018        | 142.3          | 53.53 | 76.17  | 393.1          | 44.89 | 176.45 | 471.1          | 37.36 | 175.99 |
| 09/02/2018        | 140.6          | 54.22 | 76.23  | 435.9          | 46.40 | 202.27 | 455.7          | 35.33 | 160.99 |
| 10/02/2018        | 196.7          | 53.34 | 104.92 | 459.4          | 44.55 | 204.65 | 588.9          | 34.71 | 204.41 |
| 11/02/2018        | 234            | 52.10 | 121.92 | 367.6          | 45.62 | 167.71 | 495.4          | 34.45 | 170.65 |
| 12/02/2018        | 319.5          | 46.44 | 148.36 | 436.9          | 43.47 | 189.92 | 324.1          | 42.96 | 139.25 |
| <b>PROMEDIO</b>   | 192.73         | 51.54 | 96.63  | 389.47         | 45.11 | 174.50 | 451.67         | 36.30 | 162.60 |
| <b>Desv. Est.</b> | 79.19          | 4.88  | 33.68  | 105.73         | 1.63  | 44.73  | 82.17          | 3.40  | 24.52  |
| <b>C. V.,%</b>    | 41.09          | 9.47  | 34.86  | 27.15          | 3.62  | 25.63  | 18.19          | 9.36  | 15.08  |

**ETAPA II**

| Fecha             | 4% PC Alpaca 1 |       |        | 6% PC Alpaca 2 |       |        | 8% PC Alpaca 3 |       |        |
|-------------------|----------------|-------|--------|----------------|-------|--------|----------------|-------|--------|
|                   | MF,g           | MS,%  | MS,g   | MF,g           | MS,%  | MS,g   | MF,g           | MS,%  | MS,g   |
| 21/02/2018        | 396.6          | 44.59 | 176.85 | 610.4          | 36.49 | 222.71 | 606.5          | 34.99 | 212.22 |
| 22/02/2018        | 587.4          | 40.65 | 238.78 | 684.1          | 36.91 | 252.53 | 805.9          | 36.81 | 296.64 |
| 23/02/2018        | 677.2          | 44.49 | 301.30 | 515.4          | 36.91 | 190.21 | 643.7          | 33.10 | 213.09 |
| 24/02/2018        | 416.1          | 44.33 | 184.44 | 485.6          | 36.80 | 178.71 | 672.9          | 32.38 | 217.88 |
| 25/02/2018        | 454.9          | 43.06 | 195.90 | 694.5          | 36.17 | 251.22 | 782.2          | 33.96 | 265.67 |
| 26/02/2018        | 448.1          | 42.72 | 191.44 | 513.7          | 36.42 | 187.10 | 557.3          | 32.50 | 181.15 |
| 27/02/2018        | 632.3          | 39.73 | 251.20 | 652.2          | 35.77 | 233.26 | 754            | 34.60 | 260.89 |
| <b>PROMEDIO</b>   | 516.09         | 42.80 | 219.99 | 593.70         | 36.50 | 216.53 | 688.93         | 34.05 | 235.36 |
| <b>Desv. Est.</b> | 113.42         | 1.94  | 45.57  | 87.80          | 0.42  | 31.11  | 94.02          | 1.58  | 40.00  |
| <b>C. V.,%</b>    | 21.98          | 4.53  | 20.71  | 14.79          | 1.16  | 14.37  | 13.65          | 4.63  | 17.00  |

**ETAPA III**

| Fecha             | 4% PC Alpaca 1 |       |        | 6% PC Alpaca 2 |       |        | 8% PC Alpaca 3 |       |        |
|-------------------|----------------|-------|--------|----------------|-------|--------|----------------|-------|--------|
|                   | MF,g           | MS,%  | MS,g   | MF,g           | MS,%  | MS,g   | MF,g           | MS,%  | MS,g   |
| 08/03/2018        | 488.5          | 37.01 | 180.80 | 585.7          | 36.05 | 211.17 | 440.2          | 39.56 | 174.16 |
| 09/03/2018        | 589.1          | 41.07 | 241.97 | 821.4          | 37.23 | 305.83 | 489.1          | 39.51 | 193.27 |
| 10/03/2018        | 572.4          | 39.20 | 224.39 | 640.4          | 39.23 | 251.23 | 574.3          | 35.08 | 201.48 |
| 11/03/2018        | 536.3          | 39.68 | 212.83 | 853.2          | 37.75 | 322.07 | 520.8          | 37.57 | 195.66 |
| 12/03/2018        | 435.3          | 40.14 | 174.73 | 669.5          | 38.02 | 254.55 | 456.7          | 37.24 | 170.05 |
| 13/03/2018        | 652.1          | 40.31 | 262.89 | 965.8          | 36.24 | 349.99 | 715.1          | 38.51 | 275.37 |
| 14/03/2018        | 554.3          | 40.13 | 222.47 | 785.7          | 34.93 | 274.41 | 634.5          | 36.65 | 232.56 |
| <b>PROMEDIO</b>   | 546.86         | 39.65 | 217.15 | 760.24         | 37.06 | 281.32 | 547.24         | 37.73 | 206.08 |
| <b>Desv. Est.</b> | 70.16          | 1.30  | 31.43  | 134.38         | 1.44  | 47.55  | 100.21         | 1.61  | 36.77  |
| <b>C. V.,%</b>    | 12.83          | 3.27  | 14.47  | 17.68          | 3.88  | 16.90  | 18.31          | 4.27  | 17.84  |

**DIGESTIBILIDAD DE MATERIA SECA**

*Tabla 14. Digestibilidad de materia seca (DMS, %) de la mezcla de alimento*

**MEZCLA DE ALIMENTO CON 4% PC**

| ETAPA           | IMS,g         | EMS,g         | DMS,g         | DMS,%        |
|-----------------|---------------|---------------|---------------|--------------|
| I               | 236.05        | 96.63         | 139.42        | 59.06        |
| II              | 419.20        | 219.99        | 199.21        | 47.52        |
| III             | 444.70        | 217.15        | 227.55        | 51.17        |
| <b>PROMEDIO</b> | <b>366.65</b> | <b>177.92</b> | <b>188.73</b> | <b>52.58</b> |

**MEZCLA DE ALIMENTO CON 6% PC**

| ETAPA           | IMS,g         | EMS,g         | DMS,g         | DMS,%        |
|-----------------|---------------|---------------|---------------|--------------|
| I               | 443.48        | 174.50        | 268.98        | 60.65        |
| II              | 441.72        | 216.53        | 225.19        | 50.98        |
| III             | 618.09        | 281.32        | 336.77        | 54.49        |
| <b>PROMEDIO</b> | <b>501.10</b> | <b>224.12</b> | <b>276.98</b> | <b>55.37</b> |

**MEZCLA DE ALIMENTO CON 8% PC**

| ETAPA           | IMS,g         | EMS,g         | DMS,g         | DMS,%        |
|-----------------|---------------|---------------|---------------|--------------|
| I               | 394.41        | 162.60        | 231.81        | 58.77        |
| II              | 581.19        | 235.36        | 345.83        | 59.50        |
| III             | 560.42        | 206.08        | 354.34        | 63.23        |
| <b>PROMEDIO</b> | <b>512.01</b> | <b>201.35</b> | <b>310.66</b> | <b>60.50</b> |

*Tabla 15. Rotación de los tratamientos en el experimento de digestibilidad.*

| ETAPA | ALPACA 1 |       | ALPACA 2 |       | ALPACA 3 |       |
|-------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|
| I     | 4%       | 59.06 | 6%       | 60.65 | 8%       | 58.77 |
| II    | 8%       | 59.50 | 4%       | 47.52 | 6%       | 50.98 |
| III   | 6%       | 54.49 | 8%       | 63.23 | 4%       | 51.17 |

| TRATAMIENTO           | MEZCLA CON 4% | MEZCLA CON 6% | MEZCLA CON 8% |
|-----------------------|---------------|---------------|---------------|
| <b>DIGESTIBILIDAD</b> | 52.58         | 55.37         | 60.50         |

**EXCRECION DE ORINA**

*Tabla 16. Colección de orina, en el experimento de metabolismo en ml/d*

| <b>ETAPA I</b>    |                       |                       |                       |
|-------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| <b>FECHA</b>      | <b>4% PC ALPACA 1</b> | <b>6% PC ALPACA 2</b> | <b>8% PC ALPACA 3</b> |
|                   | <b>Orina ml.</b>      | <b>Orina ml.</b>      | <b>Orina ml.</b>      |
| 06/02/2018        | 480                   | 309                   | 224                   |
| 07/02/2018        | 240                   | 236                   | 260                   |
| 08/02/2018        | 255                   | 151                   | 152                   |
| 09/02/2018        | 239                   | 130                   | 148                   |
| 10/02/2018        | 108                   | 75                    | 372                   |
| 11/02/2018        | 157                   | 372                   | 413                   |
| 12/02/2018        | 132                   | 163                   | 333                   |
| <b>PROMEDIO</b>   | 230.14                | 205.14                | 271.71                |
| <b>Desv. Est.</b> | 124.58                | 105.57                | 104.74                |
| <b>C. V.,%</b>    | 0.54                  | 0.51                  | 0.39                  |
| <b>ETAPA II</b>   |                       |                       |                       |
| <b>FECHA</b>      | <b>4% PC ALPACA 2</b> | <b>6% PC ALPACA 3</b> | <b>8% PC ALPACA 1</b> |
|                   | <b>Orina ml.</b>      | <b>Orina ml.</b>      | <b>Orina ml.</b>      |
| 21/02/2018        | 92                    | 190                   | 370                   |
| 22/02/2018        | 98                    | 100                   | 370                   |
| 23/02/2018        | 175                   | 232                   | 460                   |
| 24/02/2018        | 84                    | 110                   | 280                   |
| 25/02/2018        | 174                   | 250                   | 478                   |
| 26/02/2018        | 96                    | 198                   | 425                   |
| 27/02/2018        | 171                   | 216                   | 520                   |
| <b>PROMEDIO</b>   | 127.14                | 185.14                | 414.71                |
| <b>Desv. Est.</b> | 43.45                 | 58.37                 | 81.03                 |
| <b>C. V.,%</b>    | 0.34                  | 0.32                  | 0.20                  |
| <b>ETAPA II</b>   |                       |                       |                       |
| <b>FECHA</b>      | <b>4% PC ALPACA 3</b> | <b>6% PC ALPACA 1</b> | <b>8% PC ALPACA 2</b> |
|                   | <b>Orina ml.</b>      | <b>Orina ml.</b>      | <b>Orina ml.</b>      |
| 08/03/2018        | 83                    | 220                   | 430                   |
| 09/03/2018        | 112                   | 96                    | 235                   |
| 10/03/2018        | 110                   | 143                   | 482                   |
| 11/03/2018        | 134                   | 116                   | 340                   |
| 12/03/2018        | 110                   | 136                   | 450                   |
| 13/03/2018        | 85                    | 230                   | 248                   |
| 14/03/2018        | 65                    | 196                   | 225                   |
| <b>PROMEDIO</b>   | 99.86                 | 171.13                | 335.75                |
| <b>Desv. Est.</b> | 24.11                 | 55.01                 | 105.58                |
| <b>C. V.,%</b>    | 0.24                  | 0.32                  | 0.31                  |

*Tabla 17. Rotacion de los tratamientos en el experimento de digestibilidad. excreción de orina, ml/día.*

| <b>ETAPA</b>          | <b>ALPACA 1</b>      |        | <b>ALPACA 2</b>      |        | <b>ALPACA 3</b>      |        |
|-----------------------|----------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|
| I                     | 4%                   | 230.14 | 6%                   | 205.14 | 8%                   | 271.71 |
| II                    | 8%                   | 414.71 | 4%                   | 127.14 | 6%                   | 185.14 |
| III                   | 6%                   | 171.13 | 8%                   | 335.75 | 4%                   | 99.86  |
| <b>TRATAMIENTO</b>    | <b>MEZCLA CON 4%</b> |        | <b>MEZCLA CON 6%</b> |        | <b>MEZCLA CON 8%</b> |        |
| <b>DIGESTIBILIDAD</b> | 152.38               |        | 187.14               |        | 340.73               |        |

**PERDIDAS DERMICAS**

*Tabla 18. Colección de pérdidas dérmicas en el experimento, g/d*

| ETAPA I           |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
|-------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| FECHA             | 4%       |          |          | 6%       |          |          | 8%       |          |          |
|                   | ALPACA 1 |          |          | ALPACA 2 |          |          | ALPACA 3 |          |          |
|                   | MF.g     | MS,%     | MS,g     | MF.g     | MS,%     | MS,g     | MF.g     | MS,%     | MS,g     |
| 06/02/2018        | 0.0928   | 91.2606  | 0.08469  | 0.0494   | 90.7786  | 0.04484  | 0.0289   | 91.6017  | 0.02647  |
| 07/02/2018        | 0.0445   | 91.2606  | 0.04061  | 0.0927   | 90.7786  | 0.08415  | 0.0628   | 91.6017  | 0.05753  |
| 08/02/2018        | 0.0647   | 91.2606  | 0.05905  | 0.1005   | 90.7786  | 0.09123  | 0.1625   | 91.6017  | 0.14885  |
| 09/02/2018        | 0.1174   | 91.2606  | 0.10714  | 0.0671   | 90.7786  | 0.06091  | 0.0345   | 91.6017  | 0.03160  |
| 10/02/2018        | 0.0945   | 91.2606  | 0.08624  | 0.0508   | 90.7786  | 0.04612  | 0.0157   | 91.6017  | 0.01438  |
| 11/02/2018        | 0.1216   | 91.2606  | 0.11097  | 0.0168   | 90.7786  | 0.01525  | 0.1348   | 91.6017  | 0.12348  |
| 12/02/2018        | 0.113    | 91.2606  | 0.10312  | 0.055    | 90.7786  | 0.04993  | 0.0457   | 91.6017  | 0.04186  |
| <b>PROMEDIO</b>   | 0.09264  | 91.26060 | 0.08455  | 0.06176  | 90.77860 | 0.05606  | 0.06927  | 91.60170 | 0.06345  |
| <b>Desv. Est.</b> | 0.02877  | 0.00000  | 0.02626  | 0.02836  | 0.00000  | 0.02575  | 0.05670  | 0.00000  | 0.05194  |
| <b>C. V.,%</b>    | 31.05968 | 0.00000  | 31.05968 | 45.92581 | 0.00000  | 45.92581 | 81.85726 | 0.00000  | 81.85726 |
| ETAPA II          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
| FECHA             | 4%       |          |          | 6%       |          |          | 8%       |          |          |
|                   | ALPACA 2 |          |          | ALPACA 3 |          |          | ALPACA 1 |          |          |
|                   | MF.g     | MS,%     | MS,g     | MF.g     | MS,%     | MS,g     | MF.g     | MS,%     | MS,g     |
| 21/02/2018        | 0.0977   | 91.4012  | 0.08930  | 0.0134   | 89.9412  | 0.01205  | 0.0436   | 91.6922  | 0.03998  |
| 22/02/2018        | 0.0416   | 91.4012  | 0.03802  | 0.0148   | 89.9412  | 0.01331  | 0.1157   | 91.6922  | 0.10609  |
| 23/02/2018        | 0.065    | 91.4012  | 0.05941  | 0.1808   | 89.9412  | 0.16261  | 0.0954   | 91.6922  | 0.08747  |
| 24/02/2018        | 0.0401   | 91.4012  | 0.03665  | 0.0168   | 89.9412  | 0.01511  | 0.152    | 91.6922  | 0.13937  |
| 25/02/2018        | 0.2118   | 91.4012  | 0.19359  | 0.068    | 89.9412  | 0.06116  | 0.0478   | 91.6922  | 0.04383  |
| 26/02/2018        | 0.1554   | 91.4012  | 0.14204  | 0.0138   | 89.9412  | 0.01241  | 0.375    | 91.6922  | 0.34385  |
| 27/02/2018        | 0.087    | 91.4012  | 0.07952  | 0.0673   | 89.9412  | 0.06053  | 0.087    | 91.6922  | 0.07977  |
| <b>PROMEDIO</b>   | 0.0998   | 91.4012  | 0.0912   | 0.0536   | 89.9412  | 0.0482   | 0.1309   | 91.6922  | 0.1201   |
| <b>Desv. Est.</b> | 0.0632   | 0.0000   | 0.0578   | 0.0614   | 0.0000   | 0.0552   | 0.1140   | 0.0000   | 0.1045   |
| <b>C. V.,%</b>    | 63.3274  | 0.0000   | 63.3274  | 114.6816 | 0.0000   | 114.6816 | 87.0700  | 0.0000   | 87.0700  |
| ETAPA III         |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
| FECHA             | 4%       |          |          | 6%       |          |          | 8%       |          |          |
|                   | ALPACA 3 |          |          | ALPACA 1 |          |          | ALPACA 2 |          |          |
|                   | MF.g     | MS,%     | MS,g     | MF.g     | MS,%     | MS,g     | MF.g     | MS,%     | MS,g     |
| 08/03/2018        | 0.0189   | 91.4522  | 0.01728  | 0.9561   | 90.3835  | 0.86416  | 0.0635   | 91.6522  | 0.05820  |
| 09/03/2018        | 0.0109   | 91.4522  | 0.00997  | 0.0491   | 90.3835  | 0.04438  | 0.0476   | 91.6522  | 0.04363  |
| 10/03/2018        | 0.0099   | 91.4522  | 0.00905  | 0.0239   | 90.3835  | 0.02160  | 0.0286   | 91.6522  | 0.02621  |
| 11/03/2018        | 0.0255   | 91.4522  | 0.02332  | 0.1386   | 90.3835  | 0.12527  | 0.1533   | 91.6522  | 0.14050  |
| 12/03/2018        | 0.0235   | 91.4522  | 0.02149  | 0.845    | 90.3835  | 0.76374  | 0.0783   | 91.6522  | 0.07176  |
| 13/03/2018        | 0.0564   | 91.4522  | 0.05158  | 0.0935   | 90.3835  | 0.08451  | 0.0738   | 91.6522  | 0.06764  |
| 14/03/2018        | 0.0319   | 91.4522  | 0.02917  | 0.1108   | 90.3835  | 0.10014  | 0.1296   | 91.6522  | 0.11878  |
| <b>PROMEDIO</b>   | 0.0253   | 91.4522  | 0.0231   | 0.3167   | 90.3835  | 0.2863   | 0.0821   | 91.6522  | 0.0752   |
| <b>Desv. Est.</b> | 0.0158   | 0.0000   | 0.0145   | 0.4019   | 0.0000   | 0.3633   | 0.0444   | 0.0000   | 0.0407   |
| <b>C. V.,%</b>    | 62.5211  | 0.0000   | 62.5211  | 126.9010 | 0.0000   | 126.9010 | 54.0331  | 0.0000   | 54.0331  |

*Tabla 19. Rotación de tratamientos en el experimento de digestibilidad de pérdidas dérmicas, g/d*

| ETAPA                 | ALPACA 1      |         | ALPACA 2      |         | ALPACA 3      |         |
|-----------------------|---------------|---------|---------------|---------|---------------|---------|
| <b>I</b>              | 4%            | 0.08455 | 6%            | 0.05606 | 8%            | 0.06345 |
| <b>II</b>             | 8%            | 0.12005 | 4%            | 0.09122 | 6%            | 0.04817 |
| <b>III</b>            | 6%            | 0.28626 | 8%            | 0.07525 | 4%            | 0.02312 |
| TRATAMIENTO           | MEZCLA CON 4% |         | MEZCLA CON 6% |         | MEZCLA CON 8% |         |
| <b>DIGESTIBILIDAD</b> | 0.06630       |         | 0.13016       |         | 0.08625       |         |

**Tabla 20. Nitrógeno digestible y metabólico de la mezcla de alimento a diferentes niveles de proteína.**  
MEZCLA DE ALIMENTO DE 4%

| ETAPA       | ALPACA   | Nitrógeno Ofrecido |      | N. Rechazado |        | Nitrógeno Ingerido |       | Nitrógeno Fecal |       | Nitrógeno Urinario |        | Nitrógeno Per Cutáneo |            | Nitrógeno Digestible |       | Nitrógeno Metabólico |       |       |         |        |
|-------------|----------|--------------------|------|--------------|--------|--------------------|-------|-----------------|-------|--------------------|--------|-----------------------|------------|----------------------|-------|----------------------|-------|-------|---------|--------|
|             |          | MSO                | NO   | MSR          | NO     | MSE                | NI    | NF              | NF    | Orina              | NU     | NU                    | P. Cutáneo | NC                   | NC    | ND                   | ND    | NM    | NM      |        |
|             |          | g/d                | %    | g/d          | g/d    | g/d                | g/d   | %               | g/d   | %                  | g/d    | g/d                   | %          | g/d                  | %     | g/d                  | %     | g/d   |         |        |
| I           | ALPACA 1 | 595.83             | 0.64 | 3.81         | 359.78 | 236.05             | 1.51  | 96.63           | 1.11  | 1.07               | 230.14 | 0.77                  | 1.77       | 0.085                | 13.11 | 0.0111               | 29.16 | 0.44  | -88.42  | -1.34  |
| II          | ALPACA 2 | 569.64             | 0.64 | 3.65         | 150.44 | 419.20             | 2.68  | 219.99          | 1.00  | 2.20               | 127.14 | 0.46                  | 0.59       | 0.091                | 14.90 | 0.0136               | 18.11 | 0.49  | -4.21   | -0.11  |
| III         | ALPACA 3 | 459.48             | 0.64 | 2.94         | 14.78  | 444.70             | 2.85  | 217.15          | 0.78  | 1.70               | 99.86  | 1.10                  | 1.10       | 0.023                | 15.51 | 0.0036               | 40.18 | 1.14  | 1.58    | 0.04   |
| PREOMEDIO   |          | 541.65             | 0.64 | 3.47         | 175.00 | 366.65             | 2.35  | 177.92          | 0.96  | 1.66               | 152.38 | 0.77                  | 1.15       | 0.066                | 14.51 | 0.0094               | 29.15 | 0.69  | -30.35  | -0.47  |
| DES.V. EST. |          | 72.36              | 0.00 | 0.46         | 173.81 | 113.82             | 0.73  | 70.42           | 0.16  | 0.56               | 68.71  | 0.32                  | 0.59       | 0.038                | 1.25  | 0.0052               | 11.04 | 0.39  | 50.37   | 0.76   |
| C.V. %      |          | 13.36              | 0.00 | 13.36        | 99.32  | 31.04              | 31.04 | 39.58           | 17.09 | 34.10              | 45.09  | 41.08                 | 51.52      | 56.62                | 8.58  | 55.26                | 37.86 | 57.03 | -165.96 | 161.48 |

MEZCLA DE ALIMENTO DE 6%

| ETAPA       | ALPACA   | Nitrógeno Ofrecido |      | N. Rechazado |        | Nitrógeno Ingerido |       | Nitrógeno Fecal |       | Nitrógeno Urinario |        | Nitrógeno Per Cutáneo |            | Nitrógeno Digestible |       | Nitrógeno Metabólico |       |       |       |       |
|-------------|----------|--------------------|------|--------------|--------|--------------------|-------|-----------------|-------|--------------------|--------|-----------------------|------------|----------------------|-------|----------------------|-------|-------|-------|-------|
|             |          | MSO                | NO   | MSR          | NO     | MSE                | NI    | NF              | NF    | Orina              | NU     | NU                    | P. Cutáneo | NC                   | NC    | ND                   | ND    | NM    | NM    |       |
|             |          | g/d                | %    | g/d          | g/d    | g/d                | g/d   | %               | g/d   | %                  | g/d    | g/d                   | %          | g/d                  | %     | g/d                  | %     | g/d   |       |       |
| I           | ALPACA 2 | 488.14             | 0.96 | 4.69         | 44.66  | 443.48             | 4.26  | 174.50          | 1.15  | 2.00               | 205.14 | 0.77                  | 1.58       | 0.056                | 10.03 | 0.0056               | 53.00 | 2.26  | 15.85 | 0.67  |
| II          | ALPACA 3 | 449.30             | 0.96 | 4.31         | 7.57   | 441.72             | 4.24  | 216.53          | 1.02  | 2.20               | 185.14 | 0.46                  | 0.85       | 0.048                | 10.80 | 0.0052               | 48.12 | 2.04  | 27.96 | 1.19  |
| III         | ALPACA 1 | 625.94             | 0.96 | 6.01         | 7.85   | 618.09             | 5.93  | 281.32          | 0.92  | 2.60               | 171.13 | 0.50                  | 0.85       | 0.286                | 10.68 | 0.0306               | 56.24 | 3.34  | 41.33 | 2.45  |
| PREOMEDIO   |          | 521.13             | 0.96 | 5.00         | 20.03  | 501.10             | 4.81  | 224.12          | 1.03  | 2.27               | 187.14 | 0.58                  | 1.09       | 0.130                | 10.50 | 0.0138               | 52.46 | 2.54  | 28.38 | 1.44  |
| DES.V. EST. |          | 92.83              | 0.00 | 0.89         | 21.33  | 101.32             | 0.97  | 53.81           | 0.11  | 0.30               | 17.10  | 0.17                  | 0.42       | 0.135                | 0.42  | 0.0145               | 4.09  | 0.69  | 12.75 | 0.92  |
| C.V. %      |          | 17.81              | 0.00 | 17.81        | 106.51 | 20.22              | 20.22 | 24.01           | 10.92 | 13.39              | 9.14   | 29.24                 | 38.25      | 103.90               | 3.97  | 105.30               | 7.79  | 27.29 | 44.91 | 63.66 |

MEZCLA DE ALIMENTO DE 8%

| ETAPA       | ALPACA   | Nitrógeno Ofrecido |      | N. Rechazado |       | Nitrógeno Ingerido |       | Nitrógeno Fecal |      | Nitrógeno Urinario |        | Nitrógeno Per Cutáneo |            | Nitrógeno Digestible |       | Nitrógeno Metabólico |       |      |       |      |  |
|-------------|----------|--------------------|------|--------------|-------|--------------------|-------|-----------------|------|--------------------|--------|-----------------------|------------|----------------------|-------|----------------------|-------|------|-------|------|--|
|             |          | MSO                | NO   | MSR          | NO    | MSE                | NI    | NF              | NF   | Orina              | NU     | NU                    | P. Cutáneo | NC                   | NC    | ND                   | ND    | NM   | NM    |      |  |
|             |          | g/d                | %    | g/d          | g/d   | g/d                | g/d   | %               | g/d  | %                  | g/d    | g/d                   | %          | g/d                  | %     | g/d                  | %     | g/d  |       |      |  |
| I           | ALPACA 3 | 413.36             | 1.28 | 5.29         | 18.95 | 394.41             | 5.05  | 162.60          | 1.13 | 1.84               | 271.71 | 0.32                  | 0.87       | 0.063                | 15.07 | 0.0096               | 63.48 | 3.20 | 46.09 | 2.33 |  |
| II          | ALPACA 1 | 587.89             | 1.28 | 7.52         | 6.69  | 581.19             | 7.44  | 235.36          | 1.10 | 2.59               | 414.71 | 0.34                  | 1.40       | 0.120                | 11.29 | 0.0136               | 65.18 | 4.85 | 46.24 | 3.44 |  |
| III         | ALPACA 2 | 569.52             | 1.28 | 7.29         | 9.09  | 560.42             | 7.17  | 206.08          | 1.28 | 2.64               | 335.75 | 0.23                  | 0.77       | 0.075                | 9.56  | 0.0072               | 63.20 | 4.53 | 52.34 | 3.75 |  |
| PREOMEDIO   |          | 523.59             | 1.28 | 6.70         | 11.58 | 512.01             | 6.55  | 201.35          | 1.17 | 2.36               | 340.73 | 0.30                  | 1.01       | 0.086                | 11.97 | 0.0101               | 63.95 | 4.20 | 48.22 | 3.17 |  |
| DES.V. EST. |          | 95.90              | 0.00 | 1.23         | 6.49  | 102.37             | 1.31  | 36.61           | 0.10 | 0.45               | 71.63  | 0.06                  | 0.34       | 0.030                | 2.82  | 0.0032               | 1.07  | 0.87 | 3.57  | 0.75 |  |
| C.V. %      |          | 18.32              | 0.00 | 18.32        | 56.10 | 19.99              | 19.99 | 18.18           | 8.19 | 18.91              | 21.02  | 19.42                 | 33.20      | 34.62                | 23.55 | 31.80                | 20.80 | 7.40 | 23.64 |      |  |

**PESO VIVO EN ALPACAS***Tabla 21. Registro de peso vivo en alpacas suri de un año de edad.***MEZCLA DE ALIMENTO 4%**

| ETAPA           | ALPACA    | PI Kg        | PF Kg        | Kg<br>W0.75  | GPV<br>Kg/7días | GPV g/d        | GPV g/kg     |
|-----------------|-----------|--------------|--------------|--------------|-----------------|----------------|--------------|
| <b>I</b>        | <b>A1</b> | 34.8         | 32           | 13.45        | -2.8            | -400           | -29.73       |
| <b>II</b>       | <b>A2</b> | 31           | 31           | 13.14        | 0               | 0              | 0.00         |
| <b>III</b>      | <b>A3</b> | 24.90        | 25.00        | 11.18        | 0.10            | 14.29          | 1.28         |
| <b>PROMEDIO</b> |           | <b>30.23</b> | <b>29.33</b> | <b>12.59</b> | <b>-0.90</b>    | <b>-128.57</b> | <b>-9.48</b> |

**MEZCLA DE ALIMENTO 6%**

| ETAPA           | ALPACA    | PI Kg        | PF Kg        | Kg<br>W0.75  | GPV<br>Kg/7días | GPV g/d      | GPV g/kg    |
|-----------------|-----------|--------------|--------------|--------------|-----------------|--------------|-------------|
| <b>I</b>        | <b>A2</b> | 30.1         | 31           | 13.14        | 0.9             | 128.57       | 9.79        |
| <b>II</b>       | <b>A3</b> | 24.4         | 25           | 11.18        | 0.6             | 85.71        | 7.67        |
| <b>III</b>      | <b>A1</b> | 34           | 33.5         | 13.92        | -0.5            | -71.43       | -5.13       |
| <b>PROMEDIO</b> |           | <b>29.50</b> | <b>29.83</b> | <b>12.75</b> | <b>0.33</b>     | <b>47.62</b> | <b>4.11</b> |

**MEZCLA DE ALIMENTO 8%**

| ETAPA           | ALPACA    | PI Kg        | PF Kg        | Kg<br>W0.75  | GPV<br>Kg/7días | GPV g/d      | GPV g/kg    |
|-----------------|-----------|--------------|--------------|--------------|-----------------|--------------|-------------|
| <b>I</b>        | <b>A3</b> | 25.3         | 24.4         | 10.98        | -0.9            | -128.57      | -11.71      |
| <b>II</b>       | <b>A1</b> | 34           | 34           | 14.08        | 0               | 0.00         | 0.00        |
| <b>III</b>      | <b>A2</b> | 30.4         | 33           | 13.77        | 2.6             | 371.43       | 26.98       |
| <b>PROMEDIO</b> |           | <b>29.90</b> | <b>30.47</b> | <b>12.94</b> | <b>0.57</b>     | <b>80.95</b> | <b>5.09</b> |

**Tabla 22.** Consumo, perdida y balance de nitrógeno en alpacas

| VARIABLES  | 4% PC   | 6% PC   | 8% PC   |
|--|---------|---------|---------|
| <b>Peso vivo de Alpaca</b>                         |         |         |         |
| peso promedio final, kg                            | 29.33   | 29.83   | 30.47   |
| Peso Metabólico, kg W 0.75                         | 12.59   | 12.75   | 12.94   |
| Ganancia de Peso g/d                               | -128.57 | 47.62   | 80.95   |
| Ganancia de Peso g/kg W 0.75                       | -9.48   | 4.11    | 5.09    |
| <b>Materia Seca Consumida</b>                      |         |         |         |
| Materia Seca (MS) ofrecida, g/d                    | 541.65  | 521.13  | 523.59  |
| Materia Seca Residuo, g/d                          | 175.00  | 20.03   | 11.58   |
| Materia Seca Consumida, g/d                        | 366.65  | 501.10  | 512.01  |
| Materia Seca Consumida, g/kg W 0,75                | 29.12   | 39.31   | 39.56   |
| <b>Proteína Cruda Consumido</b>                    |         |         |         |
| Proteína Ofrecida, g/d                             | 21.67   | 31.27   | 41.89   |
| Proteína Consumida, g/d                            | 14.67   | 30.07   | 40.96   |
| Proteína Consumida, g/kg W 0,75                    | 1.16    | 2.36    | 3.16    |
| <b>Nitrógeno Consumido</b>                         |         |         |         |
| Nitrógeno Ofrecido, g/d                            | 3.47    | 5.00    | 6.70    |
| Nitrógeno Consumido, g/d                           | 2.35    | 4.81    | 6.55    |
| Nitrógeno Consumido, g/d W0.75                     | 0.19    | 0.38    | 0.51    |
| <b>Nitrógeno Excretada en Heces</b>                |         |         |         |
| Materia Seca excretada, g/d                        | 177.92  | 224.12  | 201.35  |
| Nitrógeno en heces, %                              | 0.96    | 1.03    | 1.17    |
| Nitrógeno Fecal, g/d                               | 1.66    | 2.27    | 2.36    |
| Nitrógeno Fecal, g/100g MSC                        | 0.4518  | 0.4522  | 0.4605  |
| Nitrógeno Fecal, g/kg W0.75                        | 0.0359  | 0.0355  | 0.0356  |
| Nitrógeno Metabólico Fecal (NMF),g/d (Consumo o N) |         | 1.3071  |         |
| Nitrógeno Metabólico Fecal (NMF),g/100g MSC        |         | 0.4459  |         |
| Nitrógeno Metabólico Fecal (NMF),g/Kg W0,75        |         | 0.0360  |         |
| <b>Nitrógeno Excretada en Orina</b>                |         |         |         |
| Orina Excreta, ml/d                                | 152.38  | 187.14  | 340.73  |
| Nitrógeno en Orina %                               | 0.77    | 0.58    | 0.30    |
| Nitrógeno Urinario g/d                             | 1.15    | 1.09    | 1.01    |
| Nitrógeno Urinario, g/kg W0.75                     | 0.09    | 0.09    | 0.08    |
| Nitrógeno Endógeno Urinario (NEU), g/d (Consumo)   |         | 1.2300  |         |
| Nitrógeno Endógeno Urinario, g/Kg W0.75            |         | 0.0990  |         |
| <b>Nitrógeno de Perdidas Dérmicas</b>              |         |         |         |
| Perdidas Dérmicas, g/d                             | 0.07    | 0.13    | 0.09    |
| Nitrógeno de Perdidas Dérmicas %                   | 14.51   | 10.50   | 11.97   |
| Nitrógeno de Perdidas Dérmicas, g/d                | 0.00942 | 0.01380 | 0.01010 |
| Nitrógeno de Perdidas Dérmicas, g/Kg W0.75         | 0.00075 | 0.00108 | 0.00078 |
| Nitrógeno Dérmico, g/d (N. Consumo)                |         | 0.0099  |         |
| Nitrógeno Dérmico, g/Kg W0.75                      |         | 0.0008  |         |
| <b>Balance de nitrógeno</b>                        |         |         |         |
| Nitrógeno Consumido g/d                            | 2.35    | 4.81    | 6.55    |
| Nitrógeno Fecal, g/d                               | 1.66    | 2.27    | 2.36    |
| Nitrógeno Urinario g/d                             | 1.15    | 1.09    | 1.01    |
| Nitrógeno Dérmico, g/d                             | 0.01    | 0.01    | 0.01    |
| Nitrógeno Digestible, g/d                          | 0.69    | 2.54    | 4.20    |
| Nitrógeno Digestible %                             | 29.15   | 52.46   | 63.95   |
| Blance de Nitrógeno, g/d                           | -0.47   | 1.44    | 3.17    |

**Tabla 23.** Contenido de nitrógeno en heces en el experimento de metabolismo convencional in vivo en alpaca.

| ETAPA I          | MUESTRAg | MS %  | MS g   | GASTO<br>ml<br>(H2SO4<br>al<br>0.099N) | N %   | PROMEDIO<br>N % | PT % |
|------------------|----------|-------|--------|--|-------|-----------------|------|
| <b>4 % PT</b>    | 0.2515   | 96.72 | 0.2433 | 2                                      | 1.151 |                 |      |
| <b>4% PT</b>     | 0.2515   | 96.72 | 0.2433 | 1.85                                   | 1.064 | 1.107           | 6.92 |
| <b>6% PT</b>     | 0.2535   | 96.72 | 0.2452 | 2.3                                    | 1.313 |                 |      |
| <b>6% PT</b>     | 0.2509   | 96.72 | 0.2427 | 1.7                                    | 0.980 | 1.147           | 7.17 |
| <b>8% PT</b>     | 0.2539   | 96.72 | 0.2456 | 2                                      | 1.140 |                 |      |
| <b>8% PT</b>     | 0.2565   | 96.72 | 0.2481 | 2                                      | 1.128 | 1.134           | 7.09 |
| <b>ETAPA II</b>  |          |       |        |  |       |                 |      |
| <b>8 % PT</b>    | 0.2544   | 97.72 | 0.2486 | 2.1                                    | 1.182 |                 |      |
| <b>8 % PT</b>    | 0.253    | 97.72 | 0.2472 | 1.8                                    | 1.019 | 1.101           | 6.88 |
| <b>4% PT</b>     | 0.2506   | 97.72 | 0.2449 | 1.8                                    | 1.029 |                 |      |
| <b>4% PT</b>     | 0.2513   | 97.72 | 0.2456 | 1.7                                    | 0.969 | 0.999           | 6.24 |
| <b>6% PT</b>     | 0.2512   | 97.72 | 0.2455 | 1.8                                    | 1.026 |                 |      |
| <b>6% PT</b>     | 0.2563   | 97.72 | 0.2505 | 1.8                                    | 1.006 | 1.016           | 6.35 |
| <b>ETAPA III</b> |          |       |        |  |       |                 |      |
| <b>6 % PT</b>    | 0.2504   | 97.89 | 0.2451 | 1.4                                    | 0.799 |                 |      |
| <b>6 % PT</b>    | 0.2595   | 97.89 | 0.2540 | 1.9                                    | 1.047 | 0.923           | 5.77 |
| <b>8% PT</b>     | 0.2513   | 97.89 | 0.2460 | 2.4                                    | 1.365 |                 |      |
| <b>8% PT</b>     | 0.2509   | 97.89 | 0.2456 | 2.1                                    | 1.197 | 1.281           | 8.01 |
| <b>4% PT</b>     | 0.2587   | 97.89 | 0.2532 | 1.6                                    | 0.884 |                 |      |
| <b>4% PT</b>     | 0.2509   | 97.89 | 0.2456 | 1.2                                    | 0.684 | 0.784           | 4.90 |

PORCENTAJE DE NITROGENO DE HEECES EN EL EXPERIMENTO DE METABOLISMO CONVENCIONAL IN VIVO EN ALPACAS

| ETAPA           | 4%   | 6%   | 8%   |
|-----------------|------|------|------|
| <b>I</b>        | 1.11 | 1.15 | 1.13 |
| <b>II</b>       | 1.00 | 1.02 | 1.10 |
| <b>III</b>      | 0.78 | 0.92 | 1.28 |
| <b>PROMEDIO</b> | 0.96 | 1.03 | 1.17 |

*Tabla 24. contenido de nitrogeno en orina en el experimento de metabolismo convencional in vivo en alpaca*

| ETAPA I          | DENSIDAD | MUESTRAg | GASTO ml<br>(H2SO4 al<br>0.049N) | N %   | PROMEDIO<br>N % | PT % |
|------------------|----------|----------|----------------------------------|-------|-----------------|------|
| 4 % PT           | 1.015    | 5.075    | 55.9                             | 0.760 |                 |      |
| 4% PT            | 1.015    | 5.075    | 56.9                             | 0.774 | 0.7670          | 4.79 |
| 6% PT            | 1.015    | 5.075    | 39                               | 0.530 |                 |      |
| 6% PT            | 1.015    | 5.075    | 74                               | 1.006 | 0.7684          | 4.80 |
| 8% PT            | 1.015    | 5.075    | 24.9                             | 0.339 |                 |      |
| 8% PT            | 1.015    | 5.075    | 22.1                             | 0.301 | 0.3196          | 2.00 |
| <b>ETAPA II</b>  |          |          |                                  |       |                 |      |
| 8 % PT           | 1.015    | 5.075    | 27.4                             | 0.373 |                 |      |
| 8 % PT           | 1.015    | 5.075    | 22.1                             | 0.301 | 0.3366          | 2.10 |
| 4% PT            | 1.015    | 5.075    | 34.2                             | 0.465 |                 |      |
| 4% PT            | 1.015    | 5.075    | 33.5                             | 0.456 | 0.4604          | 2.88 |
| 6% PT            | 1.015    | 5.075    | 37.8                             | 0.514 |                 |      |
| 6% PT            | 1.015    | 5.075    | 29.7                             | 0.404 | 0.459           | 2.87 |
| <b>ETAPA III</b> |          |          |                                  |       |                 |      |
| 6 % PT           | 1.015    | 5.075    | 35.4                             | 0.481 |                 |      |
| 6 % PT           | 1.015    | 5.075    | 38                               | 0.517 | 0.4991          | 3.12 |
| 8% PT            | 1.015    | 5.075    | 16.8                             | 0.228 |                 |      |
| 8% PT            | 1.015    | 5.075    | 17                               | 0.231 | 0.2298          | 1.44 |
| 4% PT            | 1.015    | 5.075    | 55.8                             | 0.759 |                 |      |
| 4% PT            | 1.015    | 5.075    | 52.8                             | 0.718 | 1.0968          | 6.85 |

**PORCENTAJE DE NITROGENO DE ORINA EN EL EXPERIMENTO DE METABOLISMO CONVENCIONAL IN VIVO EN ALPACAS**

| ETAPA           | 4%   | 6%   | 8%   |
|-----------------|------|------|------|
| <b>I</b>        | 0.77 | 0.77 | 0.32 |
| <b>II</b>       | 0.46 | 0.46 | 0.34 |
| <b>III</b>      | 1.10 | 0.50 | 0.23 |
| <b>PROMEDIO</b> | 0.77 | 0.58 | 0.30 |

*Tabla 25. Contenido de nitrógeno en pérdidas cutáneas en el experimento de metabolismo convencional in vivo en alpaca*

| ETAPA I          | MUESTRA<br>g | MS %  | MS g   | GASTO<br>ml<br>(H2SO4<br>al<br>0.99N) | N %    | PROMEDIO<br>N % | PT %  |
|------------------|--------------|-------|--------|---------------------------------------|--------|-----------------|-------|
| 4 % PT           | 0.207        | 93.62 | 0.1938 | 19.7                                  | 14.226 |                 |       |
| 4% PT            | 0.2155       | 93.62 | 0.2018 | 17.3                                  | 12.000 | 13.11           | 81.96 |
| 6% PT            | 0.2005       | 93.62 | 0.1877 | 12                                    | 8.946  |                 |       |
| 6% PT            | 0.2046       | 93.62 | 0.1915 | 15.2                                  | 11.105 | 10.03           | 62.66 |
| 8% PT            | 0.2043       | 93.62 | 0.1913 | 20.6                                  | 15.072 |                 |       |
| 8% PT            |              |       |        |                                       |        | 15.07           | 94.20 |
| <b>ETAPA II</b>  |              |       |        |                                       |        |                 |       |
| 8 % PT           | 0.2028       | 93.02 | 0.1886 | 18.5                                  | 13.724 |                 |       |
| 8 % PT           | 0.2193       | 93.02 | 0.2040 | 12.9                                  | 8.850  | 11.29           | 70.54 |
| 4% PT            | 0.2192       | 93.02 | 0.2039 | 20.8                                  | 14.276 |                 |       |
| 4% PT            | 0.2103       | 93.02 | 0.1956 | 21.7                                  | 15.524 | 14.90           | 93.12 |
| 6% PT            | 0.202        | 93.02 | 0.1879 | 14.5                                  | 10.799 |                 |       |
| 6% PT            |              |       |        |                                       |        | 10.80           | 67.50 |
| <b>ETAPA III</b> |              |       |        |                                       |        |                 |       |
| 6 % PT           | 0.2093       | 92.02 | 0.1926 | 16.5                                  | 11.989 |                 |       |
| 6 % PT           | 0.206        | 92.02 | 0.1896 | 12.7                                  | 9.376  | 10.68           | 66.77 |
| 8% PT            | 0.2025       | 92.02 | 0.1863 | 12.3                                  | 9.237  |                 |       |
| 8% PT            | 0.2001       | 92.02 | 0.1841 | 13                                    | 9.880  | 9.56            | 59.74 |
| 4% PT            | 0.202        | 92.02 | 0.1859 | 20.6                                  | 15.509 |                 |       |
| 4% PT            |              |       |        |                                       |        | 15.51           | 96.93 |

**PORCENTAJE DE NITROGENO DE LAS PERDIDAS CUTANEAS EN EL EXPERIMENTO DE METABOLISMO CONVENCIONAL IN VIVO EN ALPACAS**

| ETAPA           | 4%    | 6%    | 8%    |
|-----------------|-------|-------|-------|
| <b>I</b>        | 13.11 | 10.03 | 15.07 |
| <b>II</b>       | 14.90 | 10.80 | 11.29 |
| <b>III</b>      | 15.51 | 10.68 | 9.56  |
| <b>PROMEDIO</b> | 14.51 | 10.50 | 11.97 |

### ANÁLISIS ESTADÍSTICO

**Tabla 26.** Consumo de materia seca (g/día) en el experimento de metabolismo a diferentes niveles de proteínas total. diseño cuadrado latino 3x3.

| ETAPA                        | COLUMNA (N° DE ALPACAS) |          |          |            |          |            | TOTAL DE FILAS (ETAPAS) |
|------------------------------|-------------------------|----------|----------|------------|----------|------------|-------------------------|
|                              | ALPACA 1                |          | ALPACA 2 |            | ALPACA 3 |            |                         |
| <b>I</b>                     | 4%                      | 236.05   | 6%       | 443.48     | 8%       | 394.41     | 1073.942                |
| <b>II</b>                    | 8%                      | 581.19   | 4%       | 419.20     | 6%       | 441.72     | 1442.118                |
| <b>III</b>                   | 6%                      | 618.09   | 8%       | 560.42     | 4%       | 444.70     | 1623.216                |
| <b>TOTAL DE COLUMNAS</b>     |                         | 1435.33  |          | 1423.10686 |          | 1280.83493 | 4139.275                |
| <b>TOTAL DE TRATAMIENTOS</b> | 4%                      | 1099.951 | 6%       | 1503.297   | 8%       |            | 1536.026                |

**Tabla 27.** analisis de varianza para el consumo de materia seca (g/día) en el experimento a diferentes niveles de proteína total. diseño cuadrado latino.

| F de V                       | GL | SC        | CM       | F Cal | F Tab 0.05 | Sign |
|------------------------------|----|-----------|----------|-------|------------|------|
| <b>Filas (Etapas)</b>        | 2  | 52227.94  | 26113.97 | 5.09  | 19         | ns   |
| <b>Columnas (Alpacas)</b>    | 2  | 4917.84   | 2458.92  | 0.48  | 19         | ns   |
| <b>Tratamiento (Niveles)</b> | 2  | 39324.48  | 19662.24 | 3.83  | 19         | ns   |
| <b>Error (Observaciones)</b> | 2  | 10257.13  | 5128.56  |       |            |      |
| <b>Total</b>                 | 8  | 106727.39 |          |       |            |      |

| TRATAMIENTOS (Niveles)         | 4%     | 6%     | 8%     |
|--------------------------------|--------|--------|--------|
| <b>PROMEDIO DE TRATAMIENTO</b> | 366.65 | 501.10 | 512.01 |

| ETAPAS                    | I      | II     | III    |
|---------------------------|--------|--------|--------|
| <b>PROMEDIO DE ETAPAS</b> | 357.98 | 480.71 | 541.07 |

**Tabla 28.** Digestibilidad de la materia seca (%) en el experimento de metabolismo a diferentes niveles de proteína total. diseño cuadrado latino 3x3.

| ETAPA                        | COLUMNA (N° DE ALPACAS) |        |          |        |          |        | TOTAL DE FILAS (ETAPAS) |
|------------------------------|-------------------------|--------|----------|--------|----------|--------|-------------------------|
|                              | ALPACA 1                |        | ALPACA 2 |        | ALPACA 3 |        |                         |
| <b>I</b>                     | 4%                      | 59.06  | 6%       | 60.65  | 8%       | 58.77  | 178.49                  |
| <b>II</b>                    | 8%                      | 59.50  | 4%       | 47.52  | 6%       | 50.98  | 158.01                  |
| <b>III</b>                   | 6%                      | 54.49  | 8%       | 63.23  | 4%       | 51.17  | 168.88                  |
| <b>TOTAL DE COLUMNAS</b>     |                         | 173.05 |          | 171.40 |          | 160.92 | 505.38                  |
| <b>TOTAL DE TRATAMIENTOS</b> | 4%                      | 157.75 | 6%       | 166.12 | 8%       |        | 181.51                  |

**Tabla 29.** Análisis de varianza para la digestibilidad de materia seca (%) en el experimento a diferentes niveles de proteína total. diseño cuadrado latino 3x3.

| F de V                       | GL | SC     | CM    | F Cal | F Tab 0.05 | Sign |
|------------------------------|----|--------|-------|-------|------------|------|
| <b>Filas (Etapas)</b>        | 2  | 70.02  | 35.01 | 2.33  | 19         | Ns   |
| <b>Columnas (Alpacas)</b>    | 2  | 28.85  | 14.43 | 0.96  | 19         | Ns   |
| <b>Tratamiento (Niveles)</b> | 2  | 96.76  | 48.38 | 3.21  | 19         | Ns   |
| <b>Error (Observaciones)</b> | 2  | 30.10  | 15.05 |       |            |      |
| <b>Total</b>                 | 8  | 225.73 |       |       |            |      |

|                                |           |           |           |
|--------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| <b>TRATAMIENTOS (Niveles)</b>  | <b>4%</b> | <b>6%</b> | <b>8%</b> |
| <b>PROMEDIO DE TRATAMIENTO</b> | 52.58     | 55.37     | 60.50     |

**Tabla 30.** Nitrógeno ingerido (g/día) en el experimento de metabolismo de diferentes niveles de proteína total. diseño cuadrado latino 3x3

| FILAS                        | COLUMNA (N° DE ALPACAS) |        |          |        |          |        | TOTAL DE FILAS (ETAPAS) |
|------------------------------|-------------------------|--------|----------|--------|----------|--------|-------------------------|
|                              | ALPACA 1                |        | ALPACA 2 |        | ALPACA 3 |        |                         |
| <b>I</b>                     | 4%                      | 1.511  | 6%       | 4.257  | 8%       | 5.048  | 10.817                  |
| <b>II</b>                    | 8%                      | 7.439  | 4%       | 2.683  | 6%       | 4.241  | 14.363                  |
| <b>III</b>                   | 6%                      | 5.934  | 8%       | 7.173  | 4%       | 2.846  | 15.953                  |
| <b>TOTAL DE COLUMNAS</b>     |                         | 14.884 |          | 14.114 |          | 12.135 | 41.132                  |
| <b>TOTAL DE TRATAMIENTOS</b> | 4%                      | 7.0397 | 6%       | 14.432 | 8%       |        | 19.661                  |

**Tabla 31.** Análisis de varianza para el nitrógeno ingerido (g/día) en el experimento a diferentes niveles de proteína total. diseño cuadrado latino 3x3

| F de V                       | GL | SC     | CM     | F Cal  | F Tab 0.05 | Sign |
|------------------------------|----|--------|--------|--------|------------|------|
| <b>Filas (Etapas)</b>        | 2  | 4.610  | 2.305  | 10.537 | 19         | ns   |
| <b>Columnas (Alpacas)</b>    | 2  | 1.340  | 0.670  | 3.064  | 19         | ns   |
| <b>Tratamiento (Niveles)</b> | 2  | 26.810 | 13.405 | 61.283 | 19         | sig  |
| <b>Error (Observaciones)</b> | 2  | 0.437  | 0.219  |        |            |      |
| <b>Total</b>                 | 8  | 33.198 |        |        |            |      |

|                                |           |           |           |
|--------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| <b>TRATAMIENTOS (Niveles)</b>  | <b>4%</b> | <b>6%</b> | <b>8%</b> |
| <b>PROMEDIO DE TRATAMIENTO</b> | 2.347     | 4.811     | 6.554     |

**Tabla 32.** Digestibilidad de nitrógeno (%) en el experimento de metabolismo a diferentes niveles de proteínas total. diseño cuadrado latino 3x3

| ETAPA                        | COLUMNA (N° DE ALPACAS) |        |          |        |          |        | TOTAL DE FILAS (ETAPAS) |
|------------------------------|-------------------------|--------|----------|--------|----------|--------|-------------------------|
|                              | ALPACA 1                |        | ALPACA 2 |        | ALPACA 3 |        |                         |
| <b>I</b>                     | 4%                      | 29.16  | 6%       | 53.00  | 8%       | 63.48  | 145.64                  |
| <b>II</b>                    | 8%                      | 65.18  | 4%       | 18.11  | 6%       | 48.12  | 131.41                  |
| <b>III</b>                   | 6%                      | 56.24  | 8%       | 63.20  | 4%       | 40.18  | 159.62                  |
| <b>TOTAL DE COLUMNAS</b>     |                         | 150.58 |          | 134.31 |          | 151.78 | 436.68                  |
| <b>TOTAL DE TRATAMIENTOS</b> | 4%                      | 87.46  | 6%       | 157.37 | 8%       |        | 191.86                  |

**Tabla 33.** Análisis de varianza para la digestibilidad de nitrógeno (%) en el experimento a diferentes niveles de proteína total. diseño cuadrado latino 3x3.

| F de V                | GL       | SC             | CM     | F Cal | F Tab 0.05 | Sign |
|-----------------------|----------|----------------|--------|-------|------------|------|
| Filas (Etapas)        | 2        | 132.65         | 66.33  | 1.59  | 19         | ns   |
| Columnas (Alpacas)    | 2        | 63.48          | 31.74  | 0.76  | 19         | ns   |
| Tratamiento (Niveles) | 2        | 1886.37        | 943.18 | 22.66 | 19         | sig  |
| Error (Observaciones) | 2        | 83.24          | 41.62  |       |            |      |
| <b>Total</b>          | <b>8</b> | <b>2165.73</b> |        |       |            |      |

| TRATAMIENTOS (Niveles)         | 4%    | 6%    | 8%    |
|--------------------------------|-------|-------|-------|
| <b>PROMEDIO DE TRATAMIENTO</b> | 29.15 | 52.46 | 63.95 |

**Tabla 34.** Balance de nitrógenos (g/día) en el experimento de metabolismo a diferentes niveles de proteínas total. diseño cuadrado latino 3x3.

| ETAPA                        | COLUMNA (N° DE ALPACAS) |       |          |       |          |      | TOTAL DE FILAS (ETAPAS) |
|------------------------------|-------------------------|-------|----------|-------|----------|------|-------------------------|
|                              | ALPACA 1                |       | ALPACA 2 |       | ALPACA 3 |      |                         |
| <b>I</b>                     | 4%                      | -1.34 | 6%       | 0.67  | 8%       | 2.33 | 1.67                    |
| <b>II</b>                    | 8%                      | 3.44  | 4%       | -0.11 | 6%       | 1.19 | 4.51                    |
| <b>III</b>                   | 6%                      | 2.45  | 8%       | 3.75  | 4%       | 0.04 | 6.25                    |
| <b>TOTAL DE COLUMNAS</b>     |                         | 4.56  |          | 4.32  |          | 3.56 | 12.43                   |
| <b>TOTAL DE TRATAMIENTOS</b> | 4%                      | -1.40 | 6%       | 4.31  | 8%       | 9.52 |                         |

**Tabla 35.** Análisis de varianza para el balance nitrógeno (g/día) en el experimento a diferentes niveles de proteína total. diseño cuadrado latino 3x3.

| F de V                | GL       | SC           | CM   | F Cal  | F Tab 0.05 | Sign |
|-----------------------|----------|--------------|------|--------|------------|------|
| Filas (Etapas)        | 2        | 3.57         | 1.79 | 19.02  | 19         | ns   |
| Columnas (Alpacas)    | 2        | 0.18         | 0.09 | 0.97   | 19         | ns   |
| Tratamiento (Niveles) | 2        | 19.91        | 9.95 | 105.95 | 19         | sig  |
| Error (Observaciones) | 2        | 0.19         | 0.09 |        |            |      |
| <b>Total</b>          | <b>8</b> | <b>23.85</b> |      |        |            |      |

| TRATAMIENTOS (Niveles)         | 4%    | 6%   | 8%   |
|--------------------------------|-------|------|------|
| <b>PROMEDIO DE TRATAMIENTO</b> | -0.47 | 1.44 | 3.17 |

**Tabla 36.** Excreción de nitrógeno fecal (g/día) en el experimento de metabolismo a diferentes niveles de proteínas total. diseño cuadrado latino 3x3.

| ETAPA                        | COLUMNA (N° DE ALPACAS) |          |    |          |    |      | TOTAL DE FILAS (ETAPAS) |
|------------------------------|-------------------------|----------|----|----------|----|------|-------------------------|
|                              | ALPACA 1                | ALPACA 2 |    | ALPACA 3 |    |      |                         |
| I                            | 4%                      | 1.07     | 6% | 2.00     | 8% | 1.84 | 4.91                    |
| II                           | 8%                      | 2.59     | 4% | 2.20     | 6% | 2.20 | 6.99                    |
| III                          | 6%                      | 2.60     | 8% | 2.64     | 4% | 1.70 | 6.94                    |
| <b>TOTAL DE COLUMNAS</b>     |                         | 6.26     |    | 6.84     |    | 5.75 | 18.84                   |
| <b>TOTAL DE TRATAMIENTOS</b> | 4%                      | 4.970    | 6% | 6.797    | 8% |      | 7.074                   |

**Tabla 37.** Análisis de varianza para la excreción de nitrógeno fecal (g/día) en el experimento a diferentes niveles de proteína total. diseño cuadrado latino 3x3

| F de V                | GL | SC   | CM   | F Cal | F Tab 0.05 | Sign |
|-----------------------|----|------|------|-------|------------|------|
| Filas (Etapas)        | 2  | 0.93 | 0.47 | 10.56 | 19         | ns   |
| Columnas (Alpacas)    | 2  | 0.20 | 0.10 | 2.25  | 19         | ns   |
| Tratamiento (Niveles) | 2  | 0.87 | 0.44 | 9.87  | 19         | ns   |
| Error (Observaciones) | 2  | 0.09 | 0.04 |       |            |      |
| <b>Total</b>          | 8  | 2.09 |      |       |            |      |

|                                |           |           |           |
|--------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| <b>TRATAMIENTOS (Niveles)</b>  | <b>4%</b> | <b>6%</b> | <b>8%</b> |
| <b>PROMEDIO DE TRATAMIENTO</b> | 1.66      | 2.27      | 2.36      |

**Tabla 38.** Excreción de nitrógeno urinario (g/día) en el experimento de metabolismo a diferentes niveles de proteínas total. diseño cuadrado latino 3x3.

| ETAPA                        | COLUMNA (N° DE ALPACAS) |          |    |          |    |      | TOTAL DE FILAS (ETAPAS) |
|------------------------------|-------------------------|----------|----|----------|----|------|-------------------------|
|                              | ALPACA 1                | ALPACA 2 |    | ALPACA 3 |    |      |                         |
| I                            | 4%                      | 1.77     | 6% | 1.58     | 8% | 0.87 | 4.21                    |
| II                           | 8%                      | 1.40     | 4% | 0.59     | 6% | 0.85 | 2.83                    |
| III                          | 6%                      | 0.85     | 8% | 0.77     | 4% | 1.10 | 2.72                    |
| <b>TOTAL DE COLUMNAS</b>     |                         | 4.02     |    | 2.93     |    | 2.81 | 9.76                    |
| <b>TOTAL DE TRATAMIENTOS</b> | 4%                      | 3.45     | 6% | 3.28     | 8% |      | 3.04                    |

**Tabla 39.** Análisis de varianza para la excreción de nitrógeno urinario (g/día) en el experimento a diferentes niveles de proteína total. diseño cuadrado latino 3x3.

| F de V                | GL | SC   | CM   | F Cal | F Tab 0.05 | Sign |
|-----------------------|----|------|------|-------|------------|------|
| Filas (Etapas)        | 2  | 0.46 | 0.23 | 0.87  | 19         | ns   |
| Columnas (Alpacas)    | 2  | 0.29 | 0.15 | 0.56  | 19         | ns   |
| Tratamiento (Niveles) | 2  | 0.03 | 0.01 | 0.05  | 19         | ns   |
| Error (Observaciones) | 2  | 0.52 | 0.26 |       |            |      |
| <b>Total</b>          | 8  | 1.30 |      |       |            |      |

|                                |           |           |           |
|--------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| <b>TRATAMIENTOS (Niveles)</b>  | <b>4%</b> | <b>6%</b> | <b>8%</b> |
| <b>PROMEDIO DE TRATAMIENTO</b> | 1.15      | 1.09      | 1.01      |

*Tabla 40. Excreción de nitrógeno por pérdida dérmica (g/día) en el experimento de metabolismo a diferentes niveles de proteínas total. diseño cuadrado latino 3x3*

| ETAPA                        | COLUMNA (N° DE ALPACAS) |        |          |        |          |        | TOTAL DE FILAS (ETAPAS) |
|------------------------------|-------------------------|--------|----------|--------|----------|--------|-------------------------|
|                              | ALPACA 1                |        | ALPACA 2 |        | ALPACA 3 |        |                         |
| <b>I</b>                     | 4%                      | 0.0111 | 6%       | 0.0056 | 8%       | 0.0096 | 0.0263                  |
| <b>II</b>                    | 8%                      | 0.0136 | 4%       | 0.0136 | 6%       | 0.0052 | 0.0323                  |
| <b>III</b>                   | 6%                      | 0.0306 | 8%       | 0.0072 | 4%       | 0.0036 | 0.0414                  |
| <b>TOTAL DE COLUMNAS</b>     |                         | 0.0552 |          | 0.0264 |          | 0.0184 | 0.1000                  |
| <b>TOTAL DE TRATAMIENTOS</b> | 4%                      |        | 6%       |        | 8%       |        | 0.0303                  |

*Tabla 41. Análisis de varianza para la excreción de nitrógeno por pérdida dérmica (g/día) en el experimento a diferentes niveles de proteína total. diseño cuadrado latino 3x3*

| F de V                       | GL | SC       | CM       | F Cal    | F Tab 0.05 | Sign |
|------------------------------|----|----------|----------|----------|------------|------|
| <b>Filas (Etapas)</b>        | 2  | 3.84E-05 | 1.92E-05 | 1.84E-01 | 19         | ns   |
| <b>Columnas (Alpacas)</b>    | 2  | 2.50E-04 | 1.25E-04 | 1.20E+00 | 19         | ns   |
| <b>Tratamiento (Niveles)</b> | 2  | 3.33E-05 | 1.67E-05 | 1.60E-01 | 19         | ns   |
| <b>Error (Observaciones)</b> | 2  | 2.08E-04 | 1.04E-04 |          |            |      |
| <b>Total</b>                 | 8  | 5.31E-04 |          |          |            |      |

|                                |           |           |           |
|--------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| <b>TRATAMIENTOS (Niveles)</b>  | <b>4%</b> | <b>6%</b> | <b>8%</b> |
| <b>PROMEDIO DE TRATAMIENTO</b> | 0.0094    | 0.0138    | 0.0101    |

*Tabla 42. Análisis de regresión de pérdidas de nitrógeno fecal en alpacas suri.*

|                  | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Promedio de los cuadrados | F          | Valor crítico de F | F Tab 0.05 | Sign |
|------------------|--------------------|-------------------|---------------------------|------------|--------------------|------------|------|
| <b>Regresión</b> | 1                  | 3.3849E-05        | 3.3849E-05                | 2.27450283 | 0.3727445          | 161.447639 | ns   |
| <b>Residuos</b>  | 1                  | 1.4882E-05        | 1.4882E-05                |            |                    |            |      |
| <b>Total</b>     | 2                  | 4.8731E-05        |                           |            |                    |            |      |

**Tabla 43.** Análisis de regresión de pérdidas de nitrógeno urinario en alpacas suri

|                  | <i>Grados de libertad</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i>   | <i>Valor crítico de F</i> | <i>F Tab 0.05</i> | <i>Sign</i> |
|------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------------|------------|---------------------------|-------------------|-------------|
| <b>Regresión</b> | 1                         | 8.2534E-05               | 8.2534E-05                       | 26.2688787 | 0.1226697                 | 161.447639        | ns          |
| <b>Residuos</b>  | 1                         | 3.1419E-06               | 3.1419E-06                       |            |                           |                   |             |
| <b>Total</b>     | 2                         | 8.5676E-05               |                                  |            |                           |                   |             |

**Tabla 44.** Análisis de regresión de pérdidas de nitrógeno dérmico en alpacas suri

|                  | <i>Grados de libertad</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i>   | <i>Valor crítico de F</i> | <i>F Tab 0.05</i> | <i>Sign</i> |
|------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------------|------------|---------------------------|-------------------|-------------|
| <b>Regresión</b> | 1                         | 2.3317E-09               | 2.3317E-09                       | 0.03549624 | 0.88144768                | 161.447639        | ns          |
| <b>Residuos</b>  | 1                         | 6.5687E-08               | 6.5687E-08                       |            |                           |                   |             |
| <b>Total</b>     | 2                         | 6.8019E-08               |                                  |            |                           |                   |             |