

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
INGENIERÍA AGRONÓMICA**



**TESIS DE GRADO**

**EVALUACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD APARENTE DE RACIONES DE PASTOS  
NATIVOS Y ALFALFA (*Medicago sativa*) EN LLAMAS (*Lama glama*) EN LA  
LOCALIDAD DE CHOQUENAIRA- LA PAZ**

**ROBERTO CARLOS DORADO CHÁVEZ**

**LA PAZ - BOLIVIA**

**2008**

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**EVALUACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD APARENTE DE RACIONES DE PASTOS  
NATIVOS Y ALFALFA (*Medicago sativa*) EN LLAMAS (*Lama glama*) EN LA  
LOCALIDAD DE CHOQUENAIRA- LA PAZ**

**Tesis de Grado presentado como  
requisito parcial para optar  
el grado de Ingeniero Agrónomo**

**Roberto Carlos Dorado Chávez**

**Tutor:**

Ing. M. Sc. Einstein Henry Tejada Vélez .....

**Asesores:**

Ing. M. Sc. Eddy Diego Gutiérrez Gonzáles .....

Ing. Zenón Martínez Flores .....

**Tribunal Examinador:**

Ing. M. Sc. Edgar García Cárdenas .....

Ing. M. Sc. Máximo Flores Márquez .....

Ing. Miguel Nogales Soldevilla .....

**APROBADA**

Presidente Tribunal Examinador .....

**2008**

**Dedicatoria:**

A mi Señor Jesús, por todos los seres  
que amo y colaboraron en este trabajo.

## Agradecimientos

- A Dios, por la vida de mi esposa, Rosario Consuelo, y la de mi hija, Adriel Alejandra, que sacrificaron su bienestar, tiempo, salud y carencia de la compañía de su esposo y de su padre por ver cumplida esta meta.
- Por la vida de mi madre, Lourdes, cuyo sueño era ver profesional a su hijo. *“Gracias por confiar en mí”*.
- A Dios, por el Ing. M. Sc. Einstein Tejada, ya que mediante el conocimiento adquirido por los años, su persistencia y su sincera amistad aún en las circunstancias más inusuales, ayudó material y moralmente para que este proyecto salga adelante.
- Por el Ing. M. Sc Diego Gutiérrez, que a pesar de los obstáculos supo colaborar y aportar enfáticamente en aspectos de fondo, en el tema de tesis y administrativos. Gracias por su confianza.
- Por el Ing. M. Sc Máximo Flores, por su ayuda y paciencia, pues fue un guía clave en todos los temas de nutrición. Gracias a su persona y demás revisores.
- Por mis leales amigos de tesis Egr. Agr. Sergio Mendoza, Egr. Agr. Aldo Espinoza y Egr. Agr. Limber Calderón, ya que a pesar de su temprana experiencia mediante sus consejos, apoyo, solidaridad y compañía son los que aportaron a su manera en el desarrollo pleno del trabajo de campo, redacción e infinidad de detalles.
- Por el proyecto Cigac y la Ph. D. Olaf Mette, coordinadora a nivel latinoamérica, por los proyectos ENRECA y RUMIANTES MENORES DEL ALTIPLANO BOLIVIANO y a sus coordinadores, Ing. Moisés Quiroga e Ing. Zenón Martínez, y la Lic. Telma Caballero de la UMSS, ya que gracias a ellos y a sus aportes se viabilizó y se saldo económica, científica y académicamente gran parte del desarrollo y elaboración de la tesis.
- Por la Estación Experimental de Choquenaira y su director Ph. D. Bernardo Soliz, y por la estación de Letanías del Instituto Benson y el Ing. Grover Aruquipa y todo el personal, que a pesar de las dificultades nos acogieron y en ellas se desarrollo con éxito todo el trabajo de campo.

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>11</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>12</b>
2.1. OBJETIVO GENERAL .....	12
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
<b>3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>13</b>
3. 1 ASPECTOS GENERALES DE LOS CAMÉLIDOS .....	13
3. 2 CARACTERÍSTICAS ANATÓMICO-FISIOLÓGICAS DEL TRACTO DIGESTIVO EN LAS LLAMAS.....	15
3. 2.1 <i>Cavidad bucal</i> .....	15
3. 2. 2 <i>Estómago</i> .....	17
3. 3 DIGESTIÓN.....	18
3. 4 SELECTIVIDAD .....	21
3.5 CONSUMO .....	22
3. 5. 1 <i>Consumo de alimento</i> .....	22
3. 5. 2 <i>Consumo de agua</i> .....	24
3.6 EFICIENCIA ALIMENTICIA .....	25
3. 7 REQUERIMIENTOS NUTRITIVOS .....	27
3. 7. 1 <i>Proteína y energía</i> .....	27
3. 7. 2 <i>Minerales y vitaminas</i> .....	28
3. 8 VALOR NUTRITIVO DE LOS ALIMENTOS.....	28
3. 9 DIGESTIBILIDAD .....	30
3. 9. 1 <i>Formas de medir la digestibilidad</i> .....	31
3. 9. 2 <i>Factores que afectan a la digestibilidad</i> .....	32
3. 9. 3 <i>Diferentes métodos para medir la digestibilidad</i> .....	33
3. 9. 4 <i>Técnicas usadas en los ensayos de digestibilidad</i> .....	34
3. 9. 5 <i>Recolección de heces</i> .....	35
3. 10 PREPARACIÓN DEL ALIMENTO.....	35
3. 11 PASTOS NATIVOS .....	37
3. 11. 1 <i>Ichu (Stipa Ichu)</i> .....	39
3. 11. 2 <i>Chilliwa (Festuca dolychophylla)</i> .....	41
3. 11. 3 <i>Crespillo ( Calamagrostis heterophylla)</i> .....	42
3.11.2 <i>Suplementación</i> .....	42
<b>4. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>44</b>
4.1 LOCALIZACIÓN.....	44
4.1.1 <i>Ubicación geográfica</i> .....	44
4.1.2 <i>Características climáticas</i> .....	44
4.1.3 <i>Suelo</i> .....	46
4.1.4 <i>Vegetación</i> .....	46
4.2 MATERIALES.....	47
4.2.1 <i>Infraestructura</i> .....	47
4.2.2 <i>Semovivientes</i> .....	47
4.2.3 <i>Material Vegetal</i> .....	47
4.2.4 <i>Productos veterinarios e insumos</i> .....	49
4.2.5 <i>Materiales del experimento</i> .....	49
4.3 MÉTODOS.....	49

4.3.1	<i>Desparasitación y areteado</i>	49
4.3.2	<i>Preparación de las dietas</i>	51
4.3.3	<i>Etapa de acostumbramiento</i>	51
4.3.4	<i>Etapa de experimentación</i>	52
4.3.4.1	<i>Técnica de recolección en jaulas metabólicas</i>	52
4.3.4.2	<i>Técnica de recolección con arneses</i>	53
4.3.5	<i>Etapa de laboratorio y gabinete</i>	54
4.4	DISEÑO EXPERIMENTAL	56
4.4.1	<i>Modelo estadístico</i>	56
4.4.2	<i>Factores y variables de estudio</i>	56
<b>5.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIONES</b>	<b>59</b>
5.1	COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS ALIMENTOS	59
5.2	DIGESTIBILIDAD APARENTE COMPARADA ENTRE DOS MÉTODOS DE RECOLECCIÓN DE MUESTRAS	60
5.2.1	<i>Digestibilidad aparente de la MS a través de dos métodos de recolección de muestras</i>	61
5.2.2	<i>Digestibilidad aparente de la PC a través de dos métodos de recolección de muestras</i>	62
5.2.3	<i>Digestibilidad aparente de la FC a través de dos métodos de recolección de muestras</i>	64
5.2.4	<i>Digestibilidad aparente del EE a través de dos métodos de recolección de muestras</i>	65
5.2.5	<i>Digestibilidad aparente del ELN a través de dos métodos de recolección de muestras</i>	67
5.2.6	<i>Valor comparado de NDT través de dos métodos de recolección de muestras</i>	68
5.3	PESO VIVO, PRODUCCIÓN DE HECES Y CONSUMO DE MS Y AGUA A TRAVÉS DE DOS MÉTODOS DE RECOLECCIÓN DE MUESTRAS	50
5.4	PROMEDIO DE LOS COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDAD APARENTE DE CUATRO DIETAS CON DIFERENTES PROPORCIONES DE ALFALFA Y PASTO NATIVOS	54
5.4.1	<i>Promedio de los coeficientes de digestibilidad aparente de MS</i>	54
5.4.2	<i>Promedio de los coeficientes de digestibilidad aparente de PC</i>	57
5.4.3	<i>Promedio de los coeficientes de digestibilidad aparente de FC</i>	58
5.4.4	<i>Promedio de los coeficientes de digestibilidad aparente de EE</i>	61
5.4.5	<i>Promedio de los coeficientes de digestibilidad aparente de ELN</i>	63
5.5	RESULTADOS DE NDT	66
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>69</b>
<b>7.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>71</b>
<b>8.</b>	<b>LITERATURA CITADA</b>	<b>72</b>

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Porcentajes de mezcla de los diferentes pastos para la elaboración de dietas .....	35
Cuadro 2. Composición de las dietas en porcentaje (%) .....	36
Cuadro 3. Digestibilidad aparente comparativa de dos métodos de recolección .....	37
Cuadro 4. Consumo de MS en porcentaje de PV y agua .....	46
Cuadro 5. Comparación del peso vivo y producción de heces obtenido de los métodos de recolección.. .....	47
Cuadro 6. Análisis de medias de la Digestibilidad promedio de MS de las dietas por la prueba de Duncan .....	51
Cuadro 7. Análisis de medias de la Digestibilidad promedio de PC de las dietas por la prueba de Duncan .....	53
Cuadro 8. Análisis de medias de la Digestibilidad promedio de FC de las dietas por la prueba de Duncan .....	55
Cuadro 9. Análisis de medias de la Digestibilidad promedio de EE de las dietas por la prueba de Duncan.....	57
Cuadro 10. Análisis de medias de la Digestibilidad promedio de ELN de las dietas por la prueba de Duncan.....	59
Cuadro 11 . NDT, ED y EM de las diferentes dietas .....	61
Cuadro 12 . Requerimiento de PC y PC cubierto por las dietas .....	62
Cuadro 13 . Requerimiento de NDT y NDT cubierto por las dietas .....	63

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Comparación de la digestibilidad aparente de MS en dos métodos de recolección.....	38
Figura 2. Comparación de la digestibilidad aparente de la PC en dos métodos de recolección.....	40
Figura 3. Comparación de la digestibilidad aparente de FC por dos métodos de recolección.....	41
Figura 4. Comparación de la digestibilidad aparente del EE en dos métodos de recolección.....	43
Figura 5. Comparación de la digestibilidad aparente de ELN por dos métodos de recolección.....	44
Figura 6. Comparación del NDT de diferentes dietas por dos métodos de recolección.....	45
Figura 7. Producción de heces en jaulas y corrales.....	49
Figura 8. Promedio de digestibilidad de la MS de las dietas.....	50
Figura 9. Promedio de la digestibilidad de PC de las dietas.....	52
Figura 10. Digestibilidad promedio de la FC de las dietas.....	55
Figura 11. Promedio de la digestibilidad del EE de las dietas.....	58
Figura 12. Promedio de la digestibilidad del ELN de las dietas.....	60



## RESUMEN

En el altiplano boliviano la crianza de llamas viene impulsando el desarrollo del medio gracias a su rusticidad, generando beneficios a los criadores. Pero los pastos nativos de los que se alimentan no cubren los requerimientos nutricionales para producir óptimamente. Por tanto es necesario suplementar la dieta con un forraje de alta calidad nutritiva.

En este ensayo se han elaborado cuatro dietas con una mezcla en proporciones iguales de especies nativas (*Stipa ichu*, *Festuca dollichophylla* y *Calamagrostis heterophylla*), esta se combinó con alfalfa (*Medicago sativa*) en proporciones: 75-25%, 50-50%, 25-75% y 0-100%, respectivamente.

Se emplearon 12 llamas *K'ara* machos de 69.5 kg promedio, divididos en cuatro grupos según las dietas. Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo bifactorial, factores dieta y métodos de recolección de heces: jaulas metabólicas y corrales con arneses. Se tuvieron siete días de acostumbramiento y cálculo de consumo. Por cinco días se recolectaron por ambos métodos muestras de heces. Las alícuotas sometieron a Análisis Proximal.

Los resultados fueron altamente significativos (0.01) para los métodos de recolección. Las jaulas fueron más precisas con coeficientes de digestibilidad superiores al otro método ( $60.25 \pm 7\%$  y  $51.13 \pm 11.1$ , respectivamente).

Los coeficientes de digestibilidad para las dietas fueron, resaltando las superiores: 59.12; 63.24; 53.25 y 47.20%, en MS\*\* respectivamente. La PC\*\*: 65.73; 73.47; 72.23 y 34.88%. En FC\*: 60.62; 58.92; 33.90 y 59.68 %. Para EE\*\*: 49.27; 61.87; 58.82; 33.09%, respectivamente, y ELN\*\*: 59.66; 65.57; 56.40; 44.53%.

En conclusión la dieta II fue más apropiada para una digestibilidad óptima. Se pueden tomar los porcentajes como referencia. Pues a un consumo individual diario de pradera nativa de 50 al 75% se puede suplementar de 50 a 25% con alfalfa u otro forraje altamente nutritivo.

## 1. INTRODUCCIÓN

En el altiplano boliviano la crianza de camélidos es una de las principales actividades económicas que beneficia a las comunidades campesinas, particularmente la ganadería de llamas. Esta ofrece una diversidad de ventajas como rusticidad y su adaptación a las condiciones limitadas del medio como ser la altitud, clima y topografía que condicionan a su vez la baja disponibilidad de pastos y forrajes para el ganado.

Una cualidad que poseen los camélidos es el aprovechamiento de alimentos de mediana y baja calidad, debido al mecanismos fisiológicos de adaptación del aparato digestivo, en comparación con otros rumiantes introducidos al medio, ya que el altiplano esta cubierto por una gran variedad de praderas nativas compuesta por especies rústicas y de bajo valor nutritivo, pero que se constituye en la dieta básica de los camélidos sudamericanos como la llama. Sin embargo, la alimentación exclusiva con pastos nativos no cubre los requerimientos nutricionales de estos animales por lo que se necesita utilizar otros forrajes de mayor calidad.

La alfalfa (*Medicago sativa*) es una forrajera de alto valor proteínico que ha demostrado una adaptación a las condiciones de ciertas regiones altiplano en sus diferentes variedades. Esta especie combinada en distintas proporciones con pastos nativos como *Calamagrostis heterophylla*, *Festuca dolochtophylla* y *Stipa ichu*, frecuentemente consumidos en pastoreo, elevaría la calidad de la dieta ofrecida a los camélidos.

El alimento ofrecido a un animal pasa por distintos procesos de degradación para que los nutrientes sean asimilados a través de dicho proceso. La digestión de los alimentos varía de acuerdo a la especie, edad, sexo, estado fisiológico, estado de salud y otros, y también por diversas interacciones entre nutrientes.

Una forma de verificar la óptima asimilación de estos nutrientes en la dieta son las pruebas de digestibilidad para obtener el grado de aprovechamiento. Realizar

estudios de digestibilidad de alimentos de alta y baja calidad combinadas en distintas proporciones generaría conocimientos para optimizar el aprovechamiento nutricional real de forrajes en llamas.

El presente trabajo de investigación evaluó las diferentes dietas en base a forraje introducido de alta calidad nutritiva combinado con especies que forman parte de la dieta diaria de estos animales, para así generar una ración que optimice la utilización de los nutrientes.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. *Objetivo General*

- f* Evaluar la digestibilidad aparente de distintas dietas alternativas compuesta por pastos nativos y alfalfa en llamas.

### 2.2. *Objetivos Específicos*

- f* Determinar los coeficientes de digestibilidad de Materia Seca, Proteína Cruda, Fibra cruda, Extracto etéreo y Extracto libre de nitrógeno de las dietas compuestas por diferentes proporciones de pastos nativos y alfalfa.
- f* Comparar los coeficientes de digestibilidad aparente obtenidos con el empleo de jaulas metabólicas y arneses en la recolección de muestras.
- f* Determinar y comparar el efecto de las dietas compuestas por diferentes proporciones de pastos nativos y alfalfa en los coeficientes de digestibilidad de Materia Seca, Proteína Cruda, Fibra cruda, Extracto etéreo y Extracto libre de nitrógeno.
- f* Estimar la energía digestible y los nutrientes digestibles totales de las dietas compuestas por diferentes proporciones de pastos nativos y alfalfa.

### 3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Aspectos generales de los camélidos

Acerca del origen de los camélidos actuales existen restos arqueológicos procedentes de sitios ocupados hace 6 millones de años, inicio del proceso de domesticación. Estos aportan evidencias de que la alpaca es la vicuña domesticada y la llama el guanaco domesticado ( Wheeler) 1985 citado por Bonavia (1996).

Enrique (1996) citado por Magne (2005), menciona el que creciente interés por los camélidos se debe en gran parte a su rusticidad. Esto es porque se desarrollan y producen en condiciones ambientales muy desfavorables como lo son las del Altiplano Andino.

La crianza de los camélidos sudamericanos constituye una de las actividades más importantes para un considerable sector de la población rural, en especial, de las zonas andinas de Bolivia y Perú. Otros países que aprovechan esta actividad en menor escala son Argentina, Chile y Ecuador (Fernández ,1991),

Los camélidos son eficientes en transformar forrajes toscos y pobres en productos como carne, fibra cuero y subproductos como estiércol, además de servir como animales de carga (López y Raggi, 1992)

Achu (2003b), señala que la llama es considerada más eficiente que los ovinos por su eficacia y capacidad de utilizar alimento fibroso de bajo contenido proteico; particularidad de la llama por la cual es calificada ecológicamente más eficiente para convertir los alimentos fibrosos en producto animal.

Las características peculiares de los camélidos son tales como no arrancar de raíz los pastos gracias a su sistema bucal especializado, la adaptación de sus patas con almohadillas plantares no genera la degradación del suelo. De esta forma estarían adaptados el medio y al mismo tiempo evitarían daños al mismo, tales como

erosión o desaparición de la pastura (Montes, 2000).

Rossi (2004), afirma que otra característica propia de los camélidos, como la llama, es la delimitación de sectores del territorio familiar para área estercolera (deposición de heces) ya que todos los animales del grupo sólo defecan en lugares preestablecidos para este fin. Esto representa una gran ventaja desde el punto de vista sanitario por la difusión de parasitosis con las heces.

### *3. 2 Características anatómico-fisiológicas del tracto digestivo en las llamas*

#### 3. 2.1 Cavidad bucal

Los labios de los camélidos sudamericanos son estructuras de paredes delgadas, el labio superior está dividido por un surco medio (labio leporino) y el inferior es comparativamente más grande; ambos móviles, características que les permite una gran capacidad para seleccionar alimentos, bajo condiciones de pastoreo (San Martín, 1999).

Con los labios superiores partidos, cada parte del labio trabaja casi como un dedo moviendo para "abrazar" los pastos. Sus dientes incisivos son sumamente afilados, entonces cortan el pasto y no lo arrancan (Montes, 2000).

San Martín y Bryant (1987), con respecto a la dentadura de estos animales señalan que exhiben una diversidad de formas relacionadas con el procesamiento del alimento y funciones de defensa. Esta última esta relacionada con los caninos. Los incisivos con los que nacen cambian a una determinada edad y toda la dentadura la completan aproximadamente a los 4.5 años. Los premolares y molares jugarían un papel importante en la eficiencia del corte y molido del alimento. Durante la masticación los movimientos mandibulares y horizontales permiten un eficiente molido del alimento conduciendo a una reducción del tamaño de la partícula.

Una particularidad son los incisivos que se ubican oblicuamente y tienen un crecimiento continuo, semejante al de los roedores. Por esta cualidad son muy longevos, favorecidos por este tipo de sistema dentario que les permite seguir

cosechando forraje eficientemente a pesar del paso de los años (Rossi, 2004).

### 3. 2. 2 Estómago

Según San Martín (1999), el estómago de los camélidos se divide en tres compartimentos. El compartimiento 1 (C1) consta de un saco dorsal y otro craneal que están divididos por un pilar transversal. El C1 se conecta hacia la derecha con el segundo compartimiento (C2) que es de menor tamaño. En estos animales existe un surco ventricular, que tiene una función similar que el surco reticular en los rumiantes avanzados. Dicho surco ventricular es un simple labio muscular que va desde el saco craneal del C1 pasando por la curvatura menor del C2 y termina en el tercer compartimiento (C3). El C3 es un compartimiento tubular ligeramente dilatado en su porción final.

Dos tipos de mucosas se hallan en la superficie interna del C1 y C2. Así , los sacos glandulares cubiertos por una mucosa glandular localizados en la parte ventral; y la superficie expuesta cubierta por un epitelio escamoso estratificado localizada en la parte dorsal (San Martín y Bryant, 1987).

Eckerlin y Stevens (1973), citado por San Martín y Bryant (1987), señalan que los sacos glandulares pueden contribuir sustancialmente a la acción tamponadora de la digesta en el C1-C2.

La superficie del C3 esta cubierta con epitelio glandular. La parte terminal del C3 es bastante gruesa y corresponde al área de las glándulas gástricas (San Martín y Bryant, 1987).

Montes (2000), menciona que todo lo que los camélidos sudamericanos comen lo transforman en energía gracias a que tienen un numero mayor de ciclos de rumia y una mayor secreción de jugos gástricos lo que trae como consecuencia un aprovechamiento total de lo que comen. También pueden consumir cualquier tipo de vegetales que hasta los animales domésticos rechazan.



San Martín y Bryant (1987), afirman que la tasa de absorción en camélidos es superior, de 2 a 3 veces mayor a la observada en el rumen de ovinos y cabras. Esto es debido a las células absorptivas de la superficie ruminal.

### 3.3 Digestión

Además del factor tiempo de retención, la mayor eficiencia de digestión en los camélidos sudamericanos puede ser debida a la mayor frecuencia de contracciones en el estómago y presencia de sacos glandulares en el estómago. Estas peculiaridades del sistema digestivo de los camélidos sudamericanos les permitirían una más eficiente maceración, mezclado y absorción de la digesta. Por otro lado, la mayor digestibilidad de los alimentos de baja calidad por los camélidos sudamericanos podría también deberse a la habilidad de estos animales de mantener una mayor concentración de  $\text{NH}_3$  en el C1- C2 comparado con el ovino. Esto proveería a las llamas más nitrógeno disponible para la síntesis microbiana, mejorando la digestibilidad (San Martín, 1999)

Chiri (2002), señala que factor importante para la digestibilidad de la celulosa es la lenta degradación microbial, los camélidos, sin embargo, tienen un tiempo mayor de retención microbial y de partículas en las cámaras fermentativas del estómago. El tiempo de retención en el tracto digestivo para llamas es de 62 horas para alpacas 50.3 horas en comparación de 41 horas para ovinos. Afectando también el tamaño de partículas. Por ejemplo, partículas de 0.2 a 0.1 cm es de 52 horas, mientras que para partículas de 2.5 a 4.0 cm es de 60 horas.

Varias pruebas comparativas de digestibilidad *in vivo* han sido conducidas entre alpacas y ovinos, así entre llamas y ovinos. En una revisión de pruebas comparativas de digestibilidad *in vivo* entre alpacas y ovinos, las digestibilidades en aquellas pruebas en que el alimento suministrado tenía menos de 7, 5 % de proteína cruda fueron mayores y favorables a la alpaca y, en aquellas en que el contenido proteico fue mayor de 10, 5 % no se obtuvo diferencias. Adicionalmente, pruebas comparativas de digestibilidad *in vivo* entre llamas y ovinos mostraron

mayores coeficientes de digestión en llamas que en ovinos para dietas de baja y

mediana calidad proteínica, así como comparables coeficientes de digestión entre las dos especies para la dieta de alta calidad (San Martín y Bryant, 1987).

Fernández (1991), reporta que al evaluar diferencias en la capacidad digestiva entre llamas y ovinos, proporcionando dietas de diferente calidad nutritiva en términos de proteína y energía, así como dietas isoproteicas con diferentes niveles de fibra, halló que en ambos experimentos, con la excepción del tratamiento de alta calidad nutritiva, la llama mostró mayores coeficientes de digestibilidad que el ovino.

Los resultados de una prueba de digestibilidad *in situ* de forrajes nativos del altiplano árido realizados por Genin *et al.* (1995) citado por Magne (2005), en llamas y ovinos, muestran una clara superioridad de la llama para la digestión de los forrajes. En gramíneas duras los coeficientes de digestibilidad van desde 36.6 a 65.% en llamas y desde 25.7 a 55 % en ovinos, siendo mucho más marcadas las diferencias cuando se trata de forrajes poco digeribles.

Según Chiri (2002), en un estudio entre ovinos y alpacas se encontró que las digestibilidades de la materia seca, proteína cruda y fibra cruda de las dietas con un contenido proteico igual o superior a 10.5 % en otros estudios también la llama presentó mayores coeficientes de digestibilidad que el ovino.

En pruebas de digestibilidad en llamas con pastos nativos se han obtenido para *Festuca dolochtophylla* y *Calamagrostis heterophylla*, una digestibilidad del 68% y 52% respectivamente(López y Raggi, 1992).

Ávalos, (2003) señala que la digestibilidad de pastos nativos en alpacas pastoreadas en diferentes lugares, se registra en época seca menor con 55.93%.

Además de un factor de retención, la mayor eficiencia de la digestión en los camélidos puede ser debida a la mayor frecuencia de contracciones en el estómago y ciclos de rumia, la más amplia relación flujo salival y tamaño del estomago y presencia de sacos glandulares en el estomago. Las peculiaridades del sistema

digestivo de los camélidos sudamericanos permitirían una más eficiente maceración, mezclado y absorción (Fernández, 1991)

San Martín (1999), concluye que los camélidos sudamericanos son más eficientes que los ovinos en la digestión de alimentos de mediana y baja calidad. Esta mayor eficiencia digestiva en los camélidos sudamericanos está relacionada con el mayor tiempo de retención del alimento en el tracto digestivo.

### *3. 4 Selectividad*

Según Ávalos (2003) los camélidos han demostrado no ser muy exigentes en su alimentación por tener como fuente de nutrientes a pastos de baja calidad. Esto debido al hábitat natural en el cual viven, ya que son lugares con poca vegetación a consecuencia de sus suelos pobres.

Los camélidos sudamericanos, bajo pastoreo en la región andina y durante la época seca se enfrentan a serias limitaciones de disponibilidad de forraje, así mismo esta época corresponde a los meses de mayo a octubre cuando la precipitación pluvial es mínima y por lo tanto la producción de forraje es reducida (San Martín, 1987)

Chiri (2002), menciona que el período de mayor provisión de alimento en las canapas para los camélidos son los meses de diciembre a abril, época de lluvias. Enfrentándose el resto del tiempo a condiciones limitadas por la escasa disponibilidad de forraje.

Este período seco está compuesto por una vegetación de plantas muertas (secas) con escaso contenido celular, predominando los órganos de sostén, reduciéndose la calidad como la cantidad de forraje, provocando una reducción en el consumo de nutrientes (Bollati, 1994, citado por Magne, 2005).

San Martín (1999), hace referencia a estudios sobre la composición nutritiva de la dieta seleccionada por los camélidos sudamericanos bajo libre pastoreo e indica

que, durante los meses secos, la calidad de la dieta alcanza los valores más bajos en términos de proteína cruda y digestibilidad (San Martín, 1999)

Las llamas no varían respecto al consumo ni en selectividad, la calidad de proteína consumida es generalmente baja y consumen pocas leguminosas (Flores, 1990).

San Martín y Bryant (1991), mencionan que la composición botánica de la dieta de la llama mantiene un porcentaje de aproximadamente 83% del consumo de gramíneas y menos del 20% de leguminosas, en cualquier época del año.

Entre las gramíneas consumidas por la llama fluctúan entre 40 a 45% gramíneas altas y 40 y 55% gramíneas bajas, existiendo un porcentaje de 70% de selección de hojas, respecto al consumo de las partes de la planta (San Martín y Bryant, 1987).

Van Soest (1967), indica respecto al alimento rechazado por un animal selector, que usualmente contiene un mayor nivel de partes lignificadas, remarcando que si este factor no es cuantificado y corregido, se podrían considerar de manera errónea coeficientes de digestión más altos en los animales que practican una mayor selección.

### *3.5 Consumo*

#### *3.5.1 Consumo de alimento*

La información sobre el consumo es muy importante en la formulación de estrategias de manejo del pastizal y del ganado. La mayor parte de la información disponible sobre consumo en los camélidos sudamericanos proviene de estudios comparativos con ovinos bajo condiciones estabuladas. Así, consumos comparativos entre alpacas y ovinos y entre llamas y ovinos muestran un consumo promedio de materia seca en alpacas y llamas de 1.8 % y 2.0 % del peso vivo, respectivamente. El consumo promedio de materia orgánica por kg de peso metabólico (g/kg PV 75) en llamas es de 5.3 kg en general, el consumo diario de los

camélidos sudamericanos es menos que el del ovino (San Martín, 1999).

Achu (2003a), menciona que las llamas consumen en mayor proporción las especies gramíneas (80.13 %), hierbas y arbustos, 8.64 % y 8.37 %, respectivamente, los cuales son menos seleccionados.

Mc Collum (1985) citado por San Martín (1987), menciona que el consumo en época seca es similar o mayor al de la época lluviosa, aún cuando la calidad de las dietas registradas en esta época fueron mayores que las de época seca, debiéndose a que los animales incrementaron su capacidad gástrica en respuesta al consumo de baja calidad.

En llamas estabuladas alimentadas con heno de alfalfa y cebada se determinó un consumo de 1.8 % y 1.9% de MS con relación al peso vivo. Se estableció en llamas al libre pastoreo un consumo de 1.7 de MS en relación al peso vivo (Cardozo, 1968, citado por San Martín, 1996).

### 3. 5. 2 Consumo de agua

Los camélidos sudamericanos, en comparación con los ovinos, son más resistentes al déficit hídrico. La llama es más resistente que la alpaca ya que requiere menor ingestión de agua por Kg de materia seca consumida (Flores, 1990).

Schneider y Flatt (1975), respecto al consumo de agua, señala que este debe ser continuo y de libre acceso para tomarla, pues es importante para tener un máximo consumo de alimento.

Sin embargo, varían dependiendo del contenido de MS, sales y minerales de la dieta, así como de la temperatura ambiental elevada, por que los camélidos sudamericanos carecen de la habilidad del camello para tolerar la elevación de temperatura corporal. El agua se pierde a través de fecas, orina, leche, respiración y evaporación del tracto digestivo. El camello es el más eficiente en el control de su agua corporal ya que controla el agua que elimina por medio de fecas y orina (Fowler, 1989).

Rubsamen y Engelhardt (1975) citado por Rios (1991) determinaron que el 76% del peso corporal de la llama es agua y 60 % en la cabra. Ambos porcentajes son similares pero se demostró que ante la restricción de agua en ambos animales únicamente la llama continuó con el consumo de alimentos a diferencia de la otra especie que ante la falta de agua no ingirió más alimentos.

Fernández (1989) citado por San Martín (1990) señala que ante un privación de agua en alpacas y ovinos, los primeros redujeron menos el consumo de alimentos, perdieron menos peso y tuvieron mayor capacidad de recuperación del stress hídrico.

Los requerimientos pueden ser suplidos por libre consumo de agua, por el contenido del alimento o por agua producida en procesos oxidativos asociados con el metabolismo de la energía. Al relacionar el consumo de agua por unidad de peso metabólico con el consumo de alimento por unidad de peso metabólico y con el peso vivo de los animales no fue posible encontrar ninguna relación entre estos tres aspectos. El consumo de agua fue muy variable entre los animales con un rango que iba desde 0.802 l/día a 4.14 l/día que en términos de peso metabólico  $48 \text{ ml/kg}^{0.75}$  a  $225 \text{ ml/kg}^{0.75}$ . Consumo de agua 2.08 y 11.6 veces mayor al MS (Rios, 1991)

Forbes (1968) citado por el NRC (1985) establece que al relacionar el consumo de alimento (MS en base a % PV) con el consumo de agua ml/consumo de alimento (g), se obtiene que a medida que se disminuye el consumo de alimento en % del peso vivo, aumenta la cantidad de agua ingerida por gramo de alimento consumido, lo cual podría estar dado por un efecto de llenado ruminal.

### *3.6 Eficiencia alimenticia*

Según San Martín (1999) el término de eficiencia alimentaria describe la relación de producto obtenido por alimento consumido. Esta eficiencia es mayormente determinada por el nivel de consumo. En llamas, alpacas y ovinos sometidos a engorde estabulado durante 8 semanas, se logró demostrar que el ovino tiene



mayor eficiencia que las llamas y estas que las alpacas, pero en condiciones como

las del altiplano, los camélidos sudamericanos, por tener un bajo potencial de consumo y un alta eficiencia digestiva para dietas de baja calidad, son los animales ecológicamente más eficientes.

### *3. 7 Requerimientos nutritivos*

#### *3. 7. 1 Proteína y energía*

Según San Martín (1999), los requerimientos nutritivos para una llama adulto son de 7.5 % de PC, 1. 84 ED Mcal/kg. La energía varía de acuerdo al trabajo que el animal realice, teniendo un 25%, 40%, 50% y 75% de mantenimiento, la cantidad de energía es de 2, 40, 2.46, 2.50 y 2.60 ED Mcal/kg , respectivamente.

El requerimiento de energía metabolizable es de 61.2 kcal/ kg  $W^{0.75}$  para el mantenimiento en llamas (Engelhardt, 1977, citado por López y Raggi, 1992)

Las limitaciones energéticas pueden derivar de un inadecuado consumo o la ingestión de dietas de baja calidad. El inadecuado consumo a su vez puede ser producto de una pobre disponibilidad de forraje o dietas con coeficientes de digestión reducidas, que impedirían a los camélidos sudamericanos cubrir sus requerimientos (San Martín, 1999)

Chiri (2002), indica que los camélidos pastorean 25% más que los ovinos lo que incrementaría el requerimiento energético de 25 a 50 % en comparación a los animales estabulados. Este gasto energético estaría sujeto a condiciones ambientales tales como temperatura y condiciones de pastoreo (agua, distancia al lugar de pastoreo y otros).

También se tiene un mayor requerimiento de proteína y energía digestible en etapas de crecimiento donde según el crecimiento de 50, 100, 150, 200 gramos por día es de 7.8, 8.0, 8.7, 9.0 en energía digestible y de 2.4, 2.5, 2.6, 2.7 en porcentaje de proteína (San Martín, 1999).

### 3. 7. 2 Minerales y vitaminas

Según San Martín (1999), la deficiencia de minerales son difíciles de diagnosticar debido a que pueden tratarse de cuadros de deficiencia energética, parasitismo o rendimiento insatisfactorio del animal. Incluso, las pasturas alto andinas presentan generalmente niveles críticos de fósforo y cobre y a veces en época seca alcanzan valores por debajo de lo recomendado (0.17 %) para las necesidades de los camélidos.

En forma natural no se han presentado deficiencias de minerales ni vitaminas. Sin embargo estudios en Perú señalan bajos contenidos de fósforo y cobre durante la estación seca o estiaje en alpacas. En la estación seca se encontró 4.5 mg este valor tiene alta correlación con el contenido de fósforo de la pastura (Chiri, 2002).

Con respecto al Cu, se han encontrado concentraciones desde 46 a 70 ppm de Cu en el hígado de las alpacas, concentraciones que en otros rumiantes es considerado como diagnostico de deficiencia de Cu (Fernández, 1991).

### 3. 8 *Valor nutritivo de los alimentos*

La calidad de los alimentos se determina a través de tres aspectos principales: la composición química, digestibilidad y consumo voluntario (Tovar, 1991).

La información composicional puede obtenerse en dos formas: a partir de valores tabulados o por el análisis químico de los alimentos (Shimada, 2005).

Alzerreca (1991) menciona el método de análisis químico de Weende, ideado en la Estación Experimental de Weende, Alemania, por Henneberg y Stohman en 1864, el cual se usa actualmente, pese a sus imprecisiones en la determinación de la proteína y fibra. Este constituye un método útil, ampliamente usado y de gran aproximación a los objetivos que se procuran con los análisis de alimentos.

Cañas (1998), señala que este método es proximal por que no determina

sustancias químicamente definibles, sino que asocia combinaciones orgánicas que

responden a determinadas reacciones analíticas. Por ello se habla de grupos nutritivos que son: a) Agua o Materia Seca (MS), b) Extracto Etéreo (EE), c) Proteína Cruda (PC), d) Cenizas, e) Fibra Cruda (FC) y d) Extracto no Nitrogenado (ENN).

Los métodos de análisis modernos persiguen diferenciar las fracciones correspondientes a la pared celular y el contenido celular. El contenido celular de los forrajes se determina por la extracción con una solución detergente neutra; el residuo de dicha extracción (fibra detergente neutro) se considera formado, predominantemente, por las paredes celulares. La fracción pared celular, puede fraccionarse en hemicelulosa (que puede extraerse con una solución detergente ácida) y hemicelulosa más lignina (es decir, fibra ácido detergente)(McDonald, 1991).

Según Lloyd (1991), para el caso de los rumiantes particularmente señala esquemas de error como en los carbohidratos complejos, los cuales son demasiados altos debido a la absorción de nutrientes por pérdidas gaseosas. También existen pérdidas en el extracto libre de nitrógeno. La fibra cruda tiene controversia debido a que los residuos pueden ser desdoblados lo suficiente como para aparecer en el ELN de las heces. La grasa tiende a variar en rumiantes por el método de extracto etéreo. Pero errores que no son de gran importancia en digestibilidad por lo pequeño de las fracciones erróneas del total, siendo útiles aún los coeficientes de digestibilidad a pesar de estas limitaciones.

### *3. 9 Digestibilidad*

La digestibilidad de los alimentos puede definirse, con cierto grado de exactitud, como la cantidad consumida que no se excreta en la heces y que, por lo tanto, se considera absorbida por el animal ( McDonald, 1991).

La digestibilidad implica cuantificar los nutrientes consumidos y las cantidades que se eliminan en las heces. Es importante que las heces recolectadas representen en

forma cuantitativa el residuo no digerido del alimento consumido previamente medido (Lloyd, 1991)

Según Maiza y Cardozo (1992), señalan coeficientes de digestibilidad de *Stipa ichu* en llamas comparada con alpacas y ovejas. Respectivamente son de 47.32 %, 31.71%, 28.51% en PC, siendo la relación 1: 0.67: 0.6. En fibra 73.18%, 56.79%, 64.21% con una relación de 1: 0.77: 0.88. Estos resultados muestran una clara ventaja de los camélidos sobre las otras especies en digestibilidad de especies duras como la *Stipa ichu*.

La digestibilidad en llamas, con respecto a una especie de la pastura nativa, aumenta de la época húmeda a la seca, haciéndose más eficiente en esta última. En todos los nutrientes existe una variación de la digestibilidad de manera significativa. En comparación con ovinos, durante la época húmeda bajan notoriamente la digestibilidad de la FC compensándola en época seca pero en menor grado que las llamas (Abasto, 2003).

Bardales (1969) señala en relación a forrajes de alto contenido nutritivo como la alfalfa que las llamas tienen una digestibilidad similar a otras especies nativas (67.4%), aprovechando de nutrientes como la FC con un coeficiente significativamente más alto (57.03%) que otra especie como el ovino Corriedale (49.55%).

Los coeficientes de digestibilidad obtenidos indican la digestibilidad de cada uno de los componentes. El término nutrientes digestibles totales (NDT) se usa para la suma de los componentes. Sin embargo, se considera que la grasa tiene un valor mayor, por su índice energético; es decir, la grasa, vale energéticamente 2.25 veces más que la proteína, o fibra (Shimada, 2005)

### 3. 9. 1 Formas de medir la digestibilidad

En los experimentos de digestibilidad, el alimento en estudio se administra a los animales en cantidades conocidas, determinándose la excreción fecal. Se emplean

varios animales, debido a que los animales aunque sean de la misma especie, edad y sexo, presentan pequeñas diferencias en su capacidad digestiva y porque las repeticiones permiten detectar los posibles errores en las determinaciones (McDonald, 1991).

El cálculo matemático de la digestibilidad aparente se hace mediante la diferencia entre la cantidad de alimento consumido y la cantidad de alimento excretado en las heces fecales. Se expresa en términos de materia seca y porcentaje como el coeficiente de digestibilidad (Cañas, 1998).

Según Rispal (1992), los diferentes coeficientes de digestibilidad se obtienen mediante la fórmula:

$$D. \% = \frac{(MS \text{ consumida} - MS \text{ excretada en heces})}{MS \text{ consumida}} \times 100$$

Se dejan transcurrir algunos días como período preliminar de adaptación para permitir la eliminación de cualquier material no digestible existente en el tracto digestivo, que provenga del alimento consumido antes de iniciar la ingestión constante del alimento en estudio, entonces se inicia la recolección de heces y se continua a través de todo el periodo de recolección (Lloyd, 1990).

Los animales de la prueba deberán estar libres de parásitos su estado general y de salud debe ser evaluado antes de iniciar el período experimental. Los animales deben ser pesados al empezar y al terminar la prueba (Church, 1987).

Cañas (1998), afirma que se debe analizar y medir el consumo por 5 a 6 días como mínimo para disminuir la variación diaria.

### 3. 9. 2 Factores que afectan a la digestibilidad

La composición química del alimento afecta la digestibilidad, el estado de madurez al momento de la cosecha parece ser el factor de mayor importancia que influye en

la composición de los forrajes. Conforme la planta madura, aumenta el contenido de la pared celular, el contenido celular se reduce y la planta se vuelve menos digestible (Lloyd, 1990).

La digestibilidad varía por los factores propios del alimento, los animales que lo consumen o por ambas cosas. En general la digestibilidad de los granos de cereales y otras fuentes de azúcares o almidones es grande para todas las especies de animales de granja; posiblemente los granos menos digestibles son la avena y cebada, por su gran porción fibrosa. Las pastas proteicas y harinas de carne y pescado son también de una digestibilidad grande para todas las especies, no así las harinas de sangre, pluma y pelo (Shimada, 2005).

McDonald (1991) afirma que la especie animal es importante, aunque no tanto como el alimento. Los rumiantes digieren mejor la fibra, los monogástricos asimilan de mejor manera los alimentos protéicos.

La influencia de la interrelación entre los nutrientes de la ración, se muestra mejor por los resultados que se obtuvieron al emplear alimentos con diversas relaciones nutritivas. Conforme la relación se hace más amplia, la digestibilidad de todo los nutrientes tiende a ser menor (Lloyd, 1990).

Firkins (2001) citado por Huhtanen *et al* (2006) menciona que la digestibilidad de MO es un factor importante determinando que la concentración de ED de un alimento está principalmente limitado por las características de la pared celular. La importancia primaria de las características de la pared celular evaluando la digestibilidad de MO de la dieta no implica que otros componentes dietéticos no son importantes. Por ejemplo, la digestibilidad de almidón se influencia por el origen del grano y el proceso físico al que es sometido (tamaño de molido).

### 3. 9. 3 Diferentes métodos para medir la digestibilidad

Para el estudio de la digestibilidad se emplean dos métodos generales: La digestibilidad real y la digestibilidad aparente. En el caso de la digestibilidad



aparente, sólo se considera el análisis de heces que dan una aproximación significativa de la digestibilidad real. Además la simplicidad del método y los equipos hace más útil su uso (Alzerreca, 1991).

La digestibilidad verdadera de un nutrimento es aquella proporción del consumo dietético que se absorbe en el aparato digestivo, y que no incluye ninguna contribución de otras fuentes del organismo (Church, 1987).

Según McDonald (1991), en animales monogástricos, se pueden identificar las heces de un determinado alimento ya ingerido mediante la adición de alguna sustancia coloreada, indigestible, como el óxido férrico o el carmín, a las primeras y últimas comidas del periodo experimental. El comienzo y el final del periodo de recogida de heces, se retrasan hasta que el colorante aparece y desaparece. Pero este método no es adecuado en rumiantes ya que los alimentos marcados se mezclan en el rumen con los no marcados y se concede un tiempo arbitrario para la eliminación de los restos alimenticios.

#### 3. 9. 4 Técnicas usadas en los ensayos de digestibilidad

Para el ensayo se utilizan jaulas de digestibilidad que disminuyen la movilidad del animal. Estas deben tener el piso ranurado para evitar el exceso de humedad y recoger las heces fecales (Cañas, 1998).

Lloyd (1990), menciona un dispositivo para recoger la orina consistente en un embudo de hule que se ajusta a la panza del animal por medio de un arnés del que cuelga un tubo hasta el piso. Esto permitiría la recolección cuantitativa de orina, como se requiere en los estudios de balance.

Según Schneider y Flatt (1975) los puntos importantes a ser considerados al planificar el uso de aparatos y técnicas para experimentos son: La alimentación de los animales experimentales, provisión de agua potable, colección de heces, separación de orina y heces, uso de animales machos o hembras, comodidad de los animales, limpieza y sanidad, materiales para los ambientes, economía y

métodos a usar, conveniencia y exactitud de los diferentes métodos y uso de equipos o construcción para otros propósitos.

### 3. 9. 5 Recolección de heces

La recolección de heces también se ha hecho en novillos y borregos castrados, mediante el empleo de un saco que se fija al animal. Este método tiene ventajas cuando se utiliza con ciertos propósitos, en especial para recolectar heces de animales en pastoreo. (McDonald, 1991)

Schneider y Flatt (1975), menciona que antes de la colección manual de heces para pruebas de digestibilidad es necesario trabajar y planificar el usar sacos o bolsas para captar las heces de los animales experimentales. Estas deben estar sujetas por arneses que hagan fácil y rápida la colección diaria, cada 24 horas. El largo de la bolsa debe captar la excreta en su totalidad sin incomodar al animal.

Las características como el color de las heces proviene de pigmentos minerales y del estercobilinógeno, que es el producto de la reducción de los pigmentos biliares efectuadas por las bacterias. El olor de las mismas proviene de las sustancias aromáticas principalmente indol y escatol, los cuales son derivados que se obtienen de la desaminación y descarboxilación del triptófano en el intestino grueso (Magne, 2005).

Urra (2000), menciona que las heces una vez recolectadas y pesadas, pueden ser congeladas empleando una temperatura de  $-20^{\circ}\text{C}$ . Además, el tiempo de acostumbramiento debe ser aproximadamente 10 días y la recolección de heces dura 5 días.

### 3. 10 Preparación del alimento

Los tratamientos más corrientes a los que se someten los alimentos son el picado, troceado, aplastamiento, molienda y cocción. Los alimentos groseros se someten a

diversos tratamientos para reducir su tamaño y así indirectamente impedir la

selección de las partes más digestibles por los animales. El proceso más suave es el picado y tiene poco efecto sobre la digestibilidad (McDonald, 1991).

Arias (2001), señala que el alimento debe ser administrado en un 90 % de lo registrado como consumo voluntario, para evitar la selección.

Para pruebas de digestibilidad, el alimento ofrecido debe ser el 90% del consumo voluntario únicamente cuando se tiene una ración que contenga diferentes elementos que puedan ser seleccionados (Tejada, 2007)<sup>1</sup>.

Según McDonald (1991) el alimento debe mezclarse homogéneamente y con antelación para una composición uniforme.

### 3. 11 *Pastos nativos*

Fernández (1991), menciona que en la nutrición de los Camélidos Sudamericanos es necesario tener en cuenta la total dependencia alimenticia a la pradera altoandina, la predominancia de crianzas mixtas en los sistemas de producción, así como algunas características nutricionales particulares de estos animales.

La alimentación de los animales es un problema altamente prioritario en el desarrollo de la ganadería; del alimento dependen funciones vitales de sus organismos, entre estas, la reproducción y producción que son intensamente influenciadas. Se ha considerado que la ganadería andina es subnutrida, debido al sobre pastoreo de la praderas en algunos casos, a la estacionalidad de la producción, al bajo potencial natural de la mayoría de los campos nativos de pastoreo y a la insuficiente utilización de los recursos alimenticios (Alzerreca, 1991).

Zapata (2006), menciona respecto a los tipos de praderas del altiplano, que se destacan el bofedal, gramadal y pajonal, por el hecho de proveer forraje permanente, lo que definitivamente es beneficioso para la alimentación animal durante la época seca.

---

<sup>1</sup> Tejada, E. 2007. Puntos varios sobre nutrición animal. (Entrevista). La Paz, BO, Proyecto Cigac-

Enreca.

La puna húmeda corresponde a una pradera con gramíneas y arbustos. La gramíneas constituyen pajonales extensos, cuya especie más característica es el "ichu" (*Stipa ichu*), aunque también se conoce con el nombre de ichu a otras gramíneas de apariencia similar de los géneros *Stipa*, *Festuca* y *Calamagrostis* (OAS, 2003).

Achu (2003b) menciona que en época lluviosa, los sitios del pastizal son pastoreados en forma intensa y continua (sobrepastoreo); por eso los pastos no completan el desarrollo de su ciclo fenológico con reserva energética insuficiente para asegurar el rebrote en el próximo inicio de la época lluviosa.

Según Zapata (2005), la *Stipa ichu* y la *Festuca orthophylla* están entre las más consumidas por los camélidos, tanto en época húmeda como en época seca en el altiplano central.

Respecto al aporte nutritivo de la *Festuca dolichophylla* esta tiene un 8.3 % de PC y un 41.3 % de FC juntamente con un valor de 0.090 % de calcio y 0.0.40 de fósforo, este dato tomado después de la floración. La *Stipa ichu* presenta valores de 6.5 % de PC y 32.5 % de FC. *Calamagrostis sp.* presentaba un contenido de 7.9% de PC y 36.7 % de FC, en un 68.4% de MS ( NRC, 1987).

Shimada (2005), señala que la alfalfa en estado de heno, sin floración, presenta 14 % de PC, y las hojas secas de es misma presentan un 23% de PC.

### 3. 11. 1 Ichu (*Stipa Ichu*)

Magne (2005), se refiere a esta planta como una gramínea que forma praderas características. Erecta, tufosa, de hojas duras y de bajo valor forrajero. Resistente a la quema. Invade rápidamente áreas agrícolas y áreas de pastos introducidos, permaneciendo durante las épocas críticas de sequías.

La *Stipa ichu* es, por lo tanto, una especie extremadamente tolerante al pastoreo, a pesar de su bajo rendimiento y alta frecuencia de cortes se presta por su tolerancia

a la defoliación para esquemas de pastoreo de alta intensidad y frecuencia de

manera de compensar cantidad con calidad (más de 10% de PC) y por otra parte, para cosechas manuales o mecánicas y sometimientos a tratamientos químicos para mejorar la palatabilidad (Alzerreca, 2004).

Villca (1993), señala que el Ichu (*Stipa Ichu*) forma asociaciones con la paja brava (*F. orthopylla*) conformando conjuntamente con la Thola (*Parastrephya lepidophylla*) y otros géneros, cubriendo gran extensión del altiplano árido y semiárido.

El Ichu es una gramínea de escaso valor forrajero. Esta es consumida en estado tierno y en cualquier otro periodo incluso de sequía. Forma, por lo tanto, pajonales asociado con frecuencia con *Tajtis*, *Bouteloua* y *Muhlenbergia*. Las Geranaceas, como *Geranium sessiflorum*, y otras como *Erodium cicutarum*, *Bidens andicola*, *Hypochoeris taraxacoides*, *Aristida aplundii*, y otras (Tichit, 1994).

### 3. 11. 2 Chilliwá (*Festuca dolichophylla*)

Las praderas poco extensas dominadas por la gramínea *Festuca dolichophylla* (chillihua) son denominados chillihuales o chilliguales, desarrolladas sobre suelos profundos, húmedos y de buena calidad para la agricultura. Otras especies propias del chillihual son la gramínea rizomatosa *Muhlenbergia fastigiata* (chiji) y en los lugares más húmedos la rosácea estolonífera *Lachemia pinnata* (sillo sillo). Dispersas en los chillihuales se encuentran *Poa horridula*, *P. gilgiana* y, ocasionalmente, la leguminosa *Trifolium amabile*, especie de gran valor nutritivo (OAS, 2003).

Según Martínez (2004) la vegetación que componía un pajonal de chilliwá, era conformada por dos capas o estratos de vegetación, diferenciados principalmente por el tamaño o altura de planta, donde crecían más de 14 especies vegetales, entre las que se destacan: el *Trifolium amabile* (layu layu), La *Lachemia pinnata* (sillu sillu) en el estrato bajo, además de la chilliwá.



### 3. 11. 3 Crespillo ( *Calamagrostis heterophylla*)

Flores (1987) citado por la Revista Chloris chilensis (s.f.), describe botánicamente al crespillo como hierba perenne, crespitosa. Caracterizándola de otras especies mediante la inflorescencia en panícula de 2.4 a 8.9 cm. Glumas iguales. Espiguillas unifloras y pedunculadas. Lemma y pálea iguales. Fruto, una cariósida. Uso preponderantemente forrajero para alpacas y llamas. Ecológicamente reverdece y florece en la época de las lluvias. Forma parte de los tolares-pajonales, crece en suelos arenoso-pedregosos. A los 3000-4200 m en toda la sierra, 3900-4600. En Tambo y Cañahuas (Chasquipampa), 4040 m.

### 3.11.2 Suplementación

Un importante aporte nutritivo en época de estiaje es la inclusión de residuos de cultivos andinos tales como quinua y cebada en la alimentación camélida, los cuales se aprovechan por su contenido proteico que es mayor al 10% (Blancour, 1996).

Flores (1987), menciona que es imprescindible el uso de materiales para suplementar, el desbalance en la población camélida originado por el estrés hídrico de la época seca en la pradera nativa.

Toda suplementación de forraje debe superar las limitantes que imponen estos por tres vías: el incremento de la provisión de nutrientes, optimización de la fermentación ruminal y balance de los productos disponibles para el animal (Bollati, 1994, citado por Magne, 2005).

Suma Tama (2005), cita a la cebada y la alfalfa como forrajes introducidos que han dado resultados óptimos en épocas críticas en el altiplano para la alimentación del ganado utilizándolo como alimento complementario ante la escasa vegetación que genera mortalidad en camélidos.

Zapata (2005), como referencia afirma que en las poblaciones del altiplano central utilizan un 67.7 % de forrajeras introducidas y sólo un 32.3 % del forraje producido por pradera nativa.

La siembra de forraje introducido, tales como la alfalfa (*Medicago sativa*) o falaris (*Phalaris sp.*), es una alternativa para mejorar el rendimiento y asegurar la alimentación en las zonas de diferentes comunidades para reducir las enfermedades y problemas ante carencia de alimentos en especial en época de estiaje (Zapata, 2006).

## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 Localización

El presente experimento se realizó en la Estación Experimental de Choquenaira de la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés y en la Estación Experimental de Letanías del Instituto Benson, ubicados en la primera Sección del Cantón Viacha, Provincia Ingavi del Departamento de La Paz.

#### 4.1.1 Ubicación geográfica

La Estación Experimental de Choquenaira se encuentra a una altitud de 3850 m.s.n.m. ubicada a los 16° 42' 5" latitud sur y 68° 15' 15" longitud oeste (SENAMHI, 2004, citado por Arguedas, 2005) a una distancia de aproximada de 32 km de La Paz 5 km de Viacha.

La Estación Experimental de Letanías esta a una altitud de 3895 m.s.n.m. a 16°37' latitud sur y 68°23' longitud oeste a una distancia de 32 km de la Ciudad de La Paz (Instituto Benson, s.f.).

#### 4.1.2 Características climáticas

En la E.E. de Choquenaira la temperatura media registrada en verano es 10.1 °C, en invierno, 5.6°C y la temperatura media general registrada es de 8.3 °C. Presenta una humedad: máxima 60% y un 43.3% como humedad mínima.

La precipitación precipitación pluvial alcanza a 559 mm con vientos en dirección Este 52%, Oeste 27%, Norte 19%, Sur 3% (Iturri, 2004).

Por su parte, Letanías presenta una temperatura media de 8.3 °C, humedad relativa de 50.8% (Benson, 1995, citado por Paye, 2006)

La precipitación pluvial registrada es de 517.6 mm, temperatura máxima de 10.5°C, temperatura mínima de - 8.1°C (SENAMHI, 2003-2004, citado por Paye, 2006).

#### 4.1.3 Suelo

Callisaya (1994), describe el suelo con una profundidad efectiva de 25 a 32 cm, color gris en seco y pardo grisáceo oscuro en húmedo. Textura arcillo limoso y franco arcilloso limoso. Estructura bloque subangular, consistencia adherente en mojado, friable en húmedo y ligeramente duro en seco. el subsuelo presenta una elevada cantidad de arcilla.

#### 4.1.4 Vegetación

Callisaya (1994) menciona que la pradera de la E. E. Choquenaira presenta características de una estepa subhúmeda montano (herbical gramíneo bajo con sinusia arbustiva montano semiárida). Las especies más preponderantes son: ichu (*Stipa ichu*), chillihua (*Festuca dolichophylla*), cebadilla (*Bromus unioloides* HBK), chiji blanco (*Distichlis humilis*), k'cora (*Malvastrum sp.*), totorilla (*Scirpus rigidus*), thola (*Lephydophyllum quadrangulare* y *Parastrephia quadrangulare* A.), cola de ratón (*Hordeum andicola*), llapa (*Boutelona simplex*), layu (*Trifolium amabile*) cachu chiji o chiji negro (*Muhlenbergia fastigiata*), paja brava (*Festuca orthophylla*), sillu sillu (*Lackmilla pinnata*) y otras de menor importancia.

Según Paye (2006), en la región de Letanías existen especies tales como : cebadilla, ichu, cola de ratón, thola muni muni (*Bidens pilosa*), lirio lirio (*Sisyrinchium andicola*), reloj reloj (*Erodium cicutarium*), diente de león (*Taraxacum officinalis*), k'anapaqu (*Sonchus oleraceus*), paiqu (*Chenopodium ambrosioides*), quinua silvestre (*Chenopodium sp.*) y otras especies menores.

El mismo autor señala que existen otras especies introducidas que son cultivadas como forraje en ambas estaciones como: avena (*Avena sativa*), alfalfa (*Medicago sativa*), Triticale (*Triticale sp.*), Quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) Otras en menor escala como el atriplex (*Atriplex halimus*) como forraje.

## 4.2 Materiales

### 4.2.1 Infraestructura

El presente trabajo se desarrollo en dos ambientes adecuados donde se cuidó los factores que puedan afectar al experimento, realizando un control de ajustes externos. El galpón de la Estación Experimental de Choquenaira esta equipada para pruebas de digestibilidad, con corrales individuales metálicos desmontables de 2 x2.5 m de área, provistos de amplios comederos, recipientes de agua *ad libitum* y almacén para forraje seco. En este galpón se realizó la recolección de heces y orina con arneses.

El ambiente de la Estación de Letanías, cuenta con jaulas metabólicas individuales las cuales fueron modificadas para la recolección y separación de heces y orina.

Las medidas de las jaulas eran: 40 cm del suelo a la rejilla base, 75 cm de ancho, 180 cm de largo y 70 cm de alto de laterales. Comederos: 75 por 40 cm, y bebedero de 25 cm de diámetro.

### 4.2.2 Semovivientes

-Se utilizaron Ocho Llamas macho tipo *K'ara* de una edad aproximada de 2 años, de con 62 kg peso vivo en promedio.

### 4.2.3 Material Vegetal

- *Stipa ichu*, o Ichu (*Stic*) en estado de paja.
- *Calamagrostis heterophylla*, Crespillo (*Cahe*), en estado de paja.
- *Festuca dolychophylla*, Chilliwa (*Fedo*), en estado de paja.

- *Medicago sativa* henificado (*Mesa*). Cortado en estado de prefloración.

#### 4.2.4 Productos veterinarios e insumos

- Zulatel, antiparasitario en base a Closantel 3 ml/10 kg PV.
- Jeringas desechables de 10 ml.
- Aretes.

#### 4.2.5 Materiales del experimento

- 3 Arnesees de cuatro piezas para recolección de heces y orina.
- 3 Jaulas metabólicas modificadas para la separación de orina y heces.
- 6 Jaulas metálicas desmontables.
- Balanza digital en gramos.
- Balanza digital para ganado con un decimal.
- Recipientes graduados.
- Lonas para mezcla de alimentos.
- Registros.

### 4.3 Métodos

#### 4.3.1 Desparasitación y areteado

- Los animales tuvieron una etapa de acostumbramiento a su nuevo recinto superior a 30 días después de llegar a la Estación Experimental.
- Al ingreso se tomaron datos de su peso vivo, color, edad estimada. Al mismo



tiempo se realizó la primera dosificación antiparasitaria.

- Posterior a los 15 días de la primera desparasitación se aplicó la segunda dosis.

- En el acostumbramiento en la fase inicial, los animales fueron alimentados con avena fresca. Posteriormente se llevó al pastoreo complementándose su ración con heno de cebada y avena.
- Antes del inicio del experimento se administró por espacio de 30 días heno de cebada.

#### 4.3.2 Preparación de las dietas

- La recolección de los pastos fue de forma manual y henificados bajo sombra.
- El forraje fue fraccionado a un tamaño de 3 a 4 cm para evitar la selección y desperdicio.
- La mezcla de las dietas se realizó de manera manual utilizando una lona teniendo en cuenta las proporciones indicadas.
- Una vez obtenida la mezcla se almacenó en sacos para todo el estudio.
- Las muestras fueron cuarteadas extrayendo de cada saco de las dietas almacenadas una parte para obtener una alícuota final para su análisis en laboratorio.
- Con excepción de la dieta cuatro, la composición química de las demás fue obtenida mediante cálculo matemático en función a los resultados pastos nativos y alfalfa obtenidos mediante laboratorio.

#### 4.3.3 Etapa de acostumbramiento

- Durante la etapa de acostumbramiento se proporcionó la dieta correspondiente a cada grupo de animales, tres por cada tratamiento, durante siete días.
- El alimento ofrecido fue calculado tomando en cuenta el 2.5 % del Peso Vivo.

- Durante los días previos a la fase de recolección se registró el consumo mediante la fórmula, según Rispal (1992):

$$\text{Alimento consumido} = \text{alimento ofrecido} - \text{alimento rechazado}$$

- Después de promediar el alimento consumido a lo largo de los días, se fue rebajando la cantidad hasta que no exista rechazo.

#### 4.3.4 Etapa de experimentación

- Se proveyó al animal el alimento a las 8 h 00 min y a las 13 h 00 min a todos por igual.

- El agua se proveía *ad libitum* únicamente a las 8 h 00 min del día.

- Se ofreció 90% de lo registrado para evitar todo rechazo durante el experimento y genere variación en la dieta consumida debido a alguna selección en los pastos por parte del animal.

- La recolección de heces fue a las 7 h 00 min, o sea, una hora antes la provisión del alimento, registrándose peso total de heces, cantidad total de orina excretada y consumo de agua.

- Durante la etapa de recolección se registró el peso de entrada y de salida, la cantidad de orina excretada, el peso de heces, la cantidad de agua ingerida.

##### 4.3.4.1 Técnica de recolección en jaulas metabólicas

- La etapa experimental inició con la recolección de heces de la dieta I, posteriormente continuaron en orden las dietas II, III y IV, todas por espacio de cinco días, cada una con un grupo diferente de llamas.

- Las jaulas metabólicas tenían una red seleccionadora de las heces que las conducía hasta un pequeño depósito separado en la parte de atrás de la jaula.

La orina caía en un embudo de base rectangular que cubría toda la superficie inferior del piso.

- Todos los días se procedía a limpiar la red y depósito recolector de heces de manera manual con una pala de mano y un cepillo, para pesarlos y cuartearlos.

- La orina que quedaba era vertida a un envase plástico el cual se desacoplaba del embudo y se vaciaba en una jarra graduada para la medición del volumen. Posteriormente se colocaba un envase limpio.

- El suministro de las dietas se realizaba pesando la ración diaria y depositándola en los comederos de las jaulas. El agua se cambiaba diariamente después de medir el consumo anterior.

#### 4.3.4.2 Técnica de recolección con arneses

- Con cada grupo de llamas de las diferentes dietas recolectadas en jaulas metabólicas, se procedió a la recolección con arneses en corrales individuales con las mismas dietas ya asignadas y en orden: I, II, III y IV, respectivamente, también por cinco días.

- Cada animal tenía un arnés especialmente diseñado el cual se colocaba al rededor de este para sujetar una bolsa en la parte de atrás la cual colectaba las heces.

- Al arnés tenía un cinturón el cual llevaba sujeto un embudo de goma muy flexible. Este se adhería al rededor prepucio del animal para recolectar la orina en un compartimiento de goma ubicado bajo el vientre del animal.

- La recolección de heces consistía en vaciar la bolsa trasera. Esta tenía una abertura en la parte inferior la cual se podía abrir para depositar las heces en una bolsa plástica.

- La orina era desalojada abriendo el extremo libre del compartimiento de goma y vaciarla en una jarra graduada para su medición.

#### 4.3.5 Etapa de laboratorio y gabinete

- Las heces pesadas se cuartearon y se almacenaban 100 g en una bandeja para cada tratamiento y a su vez para cada animal. Todas las bandejas estaban cubiertas para evitar la contaminación y el sitio donde se almacenaban era un lugar habilitado especialmente para el secado y la adecuada ventilación.

- Al finalizar las etapas de recolección se cuartearon las muestras de cada bandeja para obtener una muestra de 200g y enviarlos a laboratorio para su análisis respectivo.

- El secado para la obtención de la materia seca tanto de heno como de la alícuota de heces fue según los procedimientos de Rispal (1992) en mufla a 65°C hasta que el peso sea constante. Cada alícuota contenía una muestra de 5 g .

- Las alícuotas de 200 g de heces fueron llevadas a la Universidad de San Simón, Cochabamba, a la Facultad de Agronomía para que sean sometidas a Análisis proximal de Weende para la obtención de porcentaje de materia seca, proteína cruda, fibra cruda, extracto etéreo y extracto libre de nitrógeno de los alimentos y heces.

- Los resultados de las muestras se usaron para determinar los coeficientes de digestibilidad de los diferentes nutrientes mediante la fórmula matemática citada por Rispal (1991):

$$D. \% = \frac{MS \text{ consumida} - MS \text{ excretada en heces}}{MS \text{ consumida}} \times 100$$

MS consumida

- Posteriormente, se realizaron las evaluaciones estadísticas mediante análisis de varianza y prueba de media de Duncan para las cuatro dietas, el cual obtuvo las

medias y las organizó por grupos estadísticamente similares entre sí y evidenciar diferencias significativas en sus efectos en los animales.

- Los nutrientes digestibles totales, se determinaron bajo la siguiente ecuación que señala Cañas (1995):

$$\text{NDT} = \text{PCD}(\%) + \text{FCD}(\%) + \text{EED}(\%) * 2.25 + \text{ENND}(\%)$$

Donde:

PD = CDpc \* PC alimento

EED = CDde \* EE alimento

FD = CDfc \* FC alimento

ENND = CDenn \* ENN alimento

- Finalmente se obtuvo un resumen de las energías teóricamente obtenidas mediante la constante de la fórmula descritas por el mismo autor:

$$1\text{g NDT} = 4.4 \text{ kcal/ ED}$$

#### 4.4 Diseño experimental

##### 4.4.1 Modelo estadístico

El diseño experimental aplicado en el estudio es un Diseño completamente al azar con arreglo bifactorial, con el siguiente modelo lineal aditivo:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \epsilon_{n(ij)}$$

Donde:

$\mu$  = Media general del experimento

$\alpha_i$  = i-esimo efecto de las diferentes técnicas de recolección.

$\beta_j$  = j-esimo efecto de las dietas.

$\alpha\beta_{ij}$  = Interacción de técnicas de recolección y dietas.

$\epsilon_{n(ij)}$  = Error experimental.

##### 4.4.2 Factores y variables de estudio

Los factores que se tomaron en cuenta fueron:

**Factor a** = métodos de recolección

$a_1$  = corrales con arneses  $a_2$  = jaulas metabólicas

**Factor b** = cuatro dietas

$b_1$  =dieta I    $b_2$  =dieta II    $b_3$  =dieta III    $b_4$  =dieta IV



En el cuadro 1 se muestran los niveles del factor "b". Estas se definen en función a las diferentes proporciones de los pastos que se utilizaron para la elaboración de las dietas, en este caso para 10 kg de cada una de las mismas.

**Cuadro 1. Porcentajes de mezcla de los diferentes pastos para la elaboración de dietas**

Factor b	RELACIÓN(%)		RELACIÓN (kg)				Total (kg)
	P. Nativo	Introducido	P. Nativo			Introducido	
			<i>Fedo</i>	<i>Cahe</i>	<i>Stic</i>		
b1	75%	25%	2.50	2.50	2.50	2.5	10
b2	50%	50%	1.70	1.70	1.70	5	10
b3	25%	75%	0.83	0.83	0.83	7.5	10
b4	100%	0%	3.33	3.33	3.33	0	10

**Fuente:** Elaboración propia. *Fedo* = *Festuca dollichophylla*. *Cahe* = *Calamagrostis heterophylla*. *Stic* = *Stipa ichu*.

Cada tratamiento contó con tres repeticiones, o sea, tres animales seleccionados al azar.

Se tomó como variables de respuesta los coeficientes de digestibilidad de:

- Materia Seca (MS)
- Proteína Cruda (PC)
- Fibra Cruda (FC)
- Extracto Etéreo (EE)
- Extracto No Nitrogenado (ENN) o Extracto Libre de Nitrógeno (ELN)

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 5.1 Composición química de los alimentos

La composición química de los alimentos utilizados en el experimento se puede apreciar en el Cuadro 2.

**Cuadro 2. Composición de las dietas en porcentaje (%)**

	<b>Ceniza</b>	<b>PC</b>	<b>EE</b>	<b>FC</b>	<b>MS</b>	<b>ELN</b>
<b>Dieta 1</b>	8,12	9,32	1,02	33,82	94,21	47,7
<b>Dieta 2</b>	9,7	13,51	1,2	28,88	94,03	46,76
<b>Dieta 3</b>	11,18	17,71	1,38	23,93	93,84	45,80
<b>Dieta 4</b>	6,6	5,13	0,84	38,76	94,4	48,62

**Fuente:** Análisis proximal de Weende, Laboratorio UMSS. PC = proteína cruda, EE = extracto etéreo, FC = fibra cruda, MS = materia seca, ELN = extracto libre de nitrógeno.

Las dietas alcanzaron diferentes valores en sus nutrientes de acuerdo a la proporción de pastos nativos y de alfalfa que contenían.

El porcentaje de PC se ha incrementado en las dietas a medida que el porcentaje de alfalfa aumentaba en estas. Por ello, la dieta III tuvo la mayor cantidad de PC(17.71%), seguida de la II (13.51%) y de la I (9.32%). Finalmente, la dieta IV obtuvo el menor porcentaje(5.13%).

La dieta III (1.38%) tuvo el más alto porcentaje de Extracto Etéreo (EE), seguido de la dieta II (1.2%) y de la I (1.02%). La dieta IV tuvo el más bajo porcentaje (0.84%).

Respecto a Fibra Cruda (FC), el mayor porcentaje en las dietas fue el de la dieta IV (38.76%), continúan en orden descendente, la dieta I (33.82%) y la II (28.88%) y por último la dieta III (23.93%).

Según Crampton (1974) citado por Flores (1990), se considera alimento grosero a aquellos productos desecados que contienen más de 18% de FC, por lo cual todas las dietas presentan esta característica en su composición nutritiva.

La MS en todas las dietas no ha variado en su porcentaje llegando a ser en todos los casos valores muy próximos, entre 93.03 y 94.4 %.

Respecto a Extracto Libre de Nitrógeno (ELN), la dieta IV tuvo un porcentaje superior con 48.62%, seguida por la dieta I (47.7%), la dieta II (46.76%) y por último la dieta III (45.80%).

### 5.2 Digestibilidad aparente comparada entre dos métodos de recolección de muestras

Los valores expresados en el Cuadro 3 muestran los coeficientes de digestibilidad aparente de los nutrientes obtenidos en jaulas metabólicas y arneses.

**Cuadro 3. Digestibilidad aparente comparativa de dos métodos de recolección**

D.	Jaulas						Arneses					
	MS** (%)	PC** (%)	FC* (%)	EE* (%)	ELN* * (%)	NDT (%)	MS** (%)	PC** (%)	FC* (%)	EE* (%)	ELN* * (%)	NDT (%)
I	66.1 ±0.7	70.7 ±0.9	66.9 ±1.1	66.8 ±6.38	66.7 ±0.7	62.5	52.1 ±2.4	60.8 ±1.0	54.3 ±2.4	31.7 ±6.9	52.7 ±2.6	49.9
II	64.2 ±9.0	73.7 ±7.5	59.7 ±9.7	67.2 ±7.76	66.9 ±8.1	60.3	62.2 ±4.4	73.2 ±5.2	58.1 ±4.0	56.5 ±5.5	64.3 ±3.8	58.3
III	52.4 ±3.2	74.0 ±7.5	30.6 ±3.7	59.8 ±7.8	55.6 ±5.5	47.7	54.1 ±7.9	70.5 ±5.9	37.1 ±9.9	57.9 ±14.3	57.2 ±7.1	49.4
IV	58.4 ±3.3	52.1 ±8.1	67.3 ±2.9	40.1 ±5.9	56.8 ±5.3	57.1	36.0 ±6.1	17.6 ±13.9	52.0 ±5.3	26.0 ±16.7	32.2 ±5.9	37.3
X	60.3 ±7.1	67.6 ±11.0	56.1 ±16.4	58.5 ±12.9	61.5 ±7.2	56.9 ±6.51	51.1 ±11.0	55.5 ±24.3	56.4 ±9.8	43.0 ±18.1	51.6 ±13.2	48.7 ±8.64

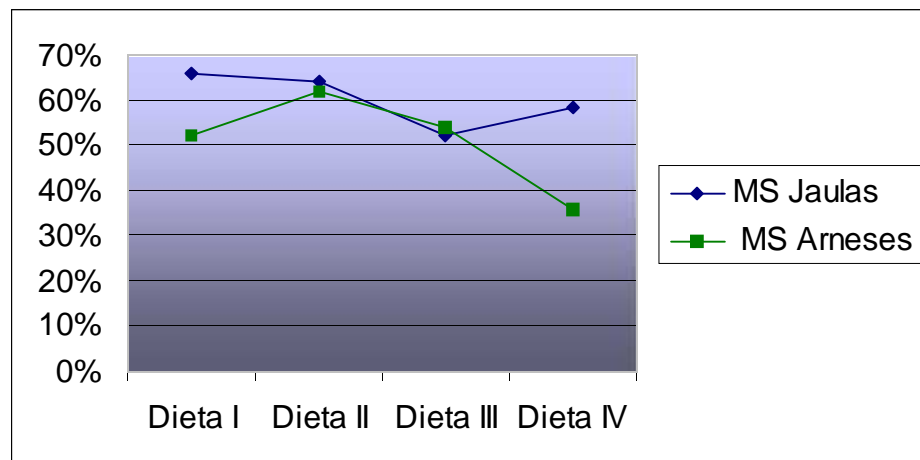
Fuente: Elaboración propia. D.= dietas; \* significancia al 0.05; \*\* significancia al 0.01

La Materia Seca (MS), Proteína Cruda (PC) y Extracto Libre de Nitrógeno (ELN) presentaron digestibilidades con diferencias altamente significativas entre si (P< 0.01).

La fibra cruda (FC) y extracto etéreo (EE) han obtenido diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre si para la digestibilidad de dietas con diferentes métodos de recolección.

### 5.2.1 Digestibilidad aparente de la MS a través de dos métodos de recolección de muestras

Las diferencias que se han obtenido en la digestibilidad de la MS de las dietas con diferentes métodos de recolección se puede apreciar en la Figura 1.



**Figura 1. Comparación de la digestibilidad aparente de MS en dos métodos de recolección**

En general los valores de MS obtenidas en jaulas metabólicas son mayores a los obtenidos en llamas utilizando arneses. Esta diferencia es de 8.14% a favor de jaulas metabólicas.

Analizando entre las mayores diferencias se encuentran la dieta I y IV con un 14% y 22.34% respectivamente. La mínimas diferencias se registran en la dieta II y III con 2.02% y 1.71% respectivamente. Sin embargo, este ultimo valor fue obtenido a favor de arneses.

Las diferencias de la digestibilidad entre dietas señalan que los valores de las dietas I y IV han sido altamente afectados por el método de recolección empleado.

A diferencia de las jaulas metabólicas, los arneses se usaron en corrales en los cuales los animales tenían libertad de movimiento lo que sugiere un gasto extra de energía.

Además, existía una natural incomodidad que los arneses causaban en las llamas a pesar de ya haberlas probado con anticipación, lo que provocó un stress en un nivel que afectó la digestibilidad y al existir mayor gasto de energía.

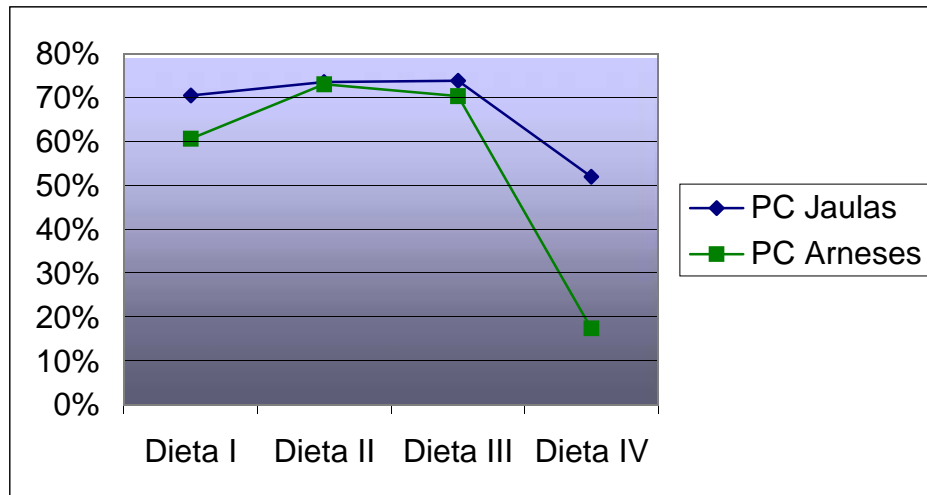
Fleiber (1935, mencionado por Scheinder y Flatt, 1975) menciona que el nerviosismo en animales es un factor que puede influenciar grandemente el metabolismo, entonces, todas las previsiones para una determinación química exacta serian casi inútiles sin una observación adecuada de los resultados biológicos.

Scheineider y Flatt (1975), afirman que es necesario tomar en cuenta la observación para el factor “psicológico” en animales de experimento por metabolismo energético, por tanto, el factor de comodidad es vital para llevar a cabo dichas pruebas.

La digestibilidad en las dietas II y III, con 50% y 75% de alfalfa respectivamente, son las que se mantienen relativamente constantes en ambos métodos pero sólo la dieta II es la que tiene una alta digestibilidad. Esto indica que esta fue la dieta que generó una óptima asimilación a pesar de la diferencia de condiciones en los métodos de recolección.

#### 5.2.2 Digestibilidad aparente de la PC a través de dos métodos de recolección de muestras

En la Figura 2 se muestran los valores comparativos de la digestibilidad de la PC de las dietas elaboradas con pasto nativo y alfalfa en diferentes métodos de recolección.



**Figura 2. Comparación de la digestibilidad aparente de la PC en dos métodos de recolección**

En promedio, la digestibilidad de la PC mediante jaulas (67.62%) es un valor superior al obtenido por el método de arneses (55.53%). Esta diferencia es de 14.10%, debido a que en corrales hubo un mayor requerimiento de energía desnivelándose la relación proteína- energía, existiendo un requerimiento y carencia en particular en la dieta IV cuyo porcentaje de PC era muy bajo.

Entre dietas, las mayores diferencias se observan en las dietas I y IV obtenidos mediante jaulas comparadas con los resultados obtenidos por arneses. Esto ocurre en dietas con alta proporción de alfalfa (75%) y de Pastos nativos (100%). Sin embargo se observan diferencias mínimas en las dietas II y III.

Los valores de digestibilidad de PC fueron mayores en proporción a la cantidad de alfalfa. Las diferencias de la dieta I y IV se atribuyen a la relación Energía/ Proteína.

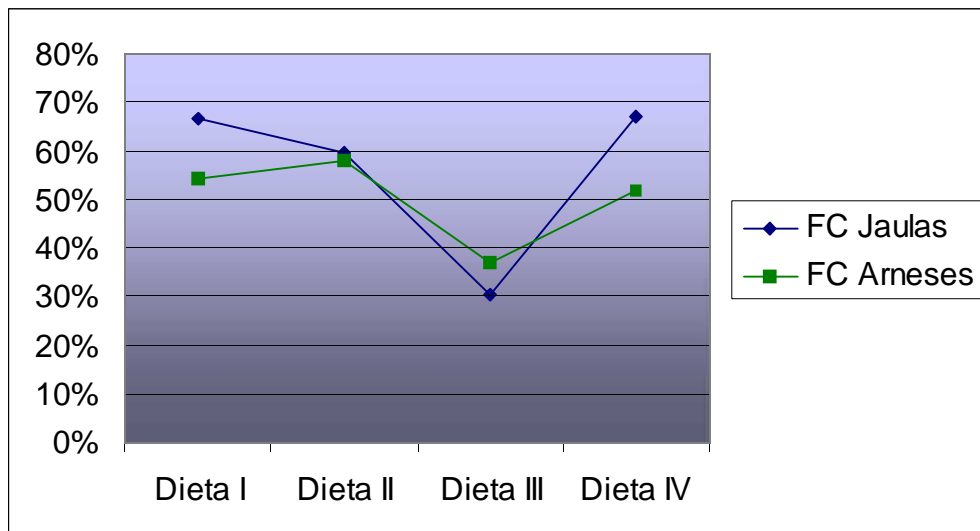
Cañas (1991), menciona que para que la proteína utilizada en forma eficiente, es necesario que exista una relación entre energía y proteína.

Por lo tanto, ante un mayor gasto de energía como el realizado en corrales de recolección con arneses la digestibilidad de esta fue menor.

En general, los mayores valores de digestibilidad para las dietas se registran en llamas sometidas a jaulas metabólicas.

### 5.2.3 Digestibilidad aparente de la FC a través de dos métodos de recolección de muestras

Los valores para la digestibilidad de FC de dietas elaboradas con Pastos nativos y alfalfa por diferentes métodos de recolección se muestran en la Figura 3.



**Figura 3. Comparación de la digestibilidad aparente de FC por dos métodos de recolección**

El comportamiento es similar al observado con la MS. En promedio, los valores de digestibilidad de la FC son similares a los obtenidos por el método de jaulas metabólicas (56.12%) y el método de arneses (56.43%).

Entre dietas las mayores diferencias se observan en la dieta I (12.54%) y dieta IV (15.22%) a favor del método de las jaulas metabólicas. En cambio las dieta II y dieta III muestran valores con poca diferencia.

La variación en las dietas I y IV se debe al alto porcentaje de componentes con Fibra Cruda (75% de alfalfa-25% pasto nativo y 100% de pasto nativo, respectivamente).

Según San Martín y Bryant (1987, 1991) y San Martín (1999), las llamas digieren mejor alimentos de mediana y baja calidad.

La FC potencial de la dieta I fue asimilada lo que demuestra que el nitrógeno presente en la alfalfa estimula a la flora bacteriana para la asimilación de la FC.

Según San Martín y Bryant (1987), los camélidos tienen la capacidad de retener el nitrógeno ( $\text{NH}_3$ ) para la generación de síntesis bacteriana y así asimilar los alimentos de baja calidad.

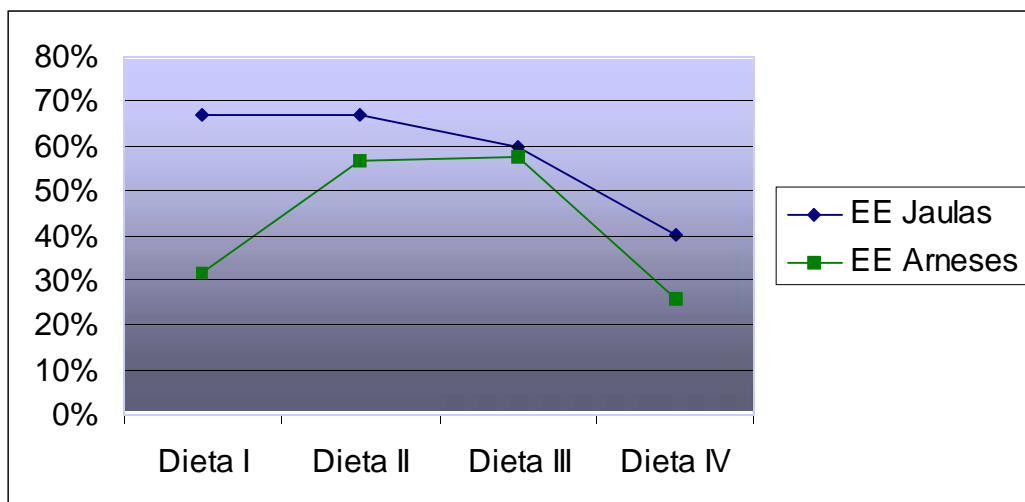
La digestibilidad obtenida para IV (67.3%) es la que más se aproxima a los obtenidos por San Martín (1982) citado por San Martín y Bryant (1987), los cuales son superiores (73.2%) para FC de pastura nativa en época seca. Los demás valores son inferiores a este dato.

#### 5.2.4 Digestibilidad aparente del EE a través de dos métodos de recolección de muestras

Según Cañas (1991), las grasas se caracterizan por ser altamente energéticas, le confieren mejor sabor a la ración y aportan los ácidos grasos esenciales, favorecen la absorción de nutrientes y constituyen la fuente de ácidos grasos esenciales, además de ser fuente y reserva de energía. Por lo tanto dicha aporte es importante.

La digestibilidad del EE de las diferentes dietas para jaulas metabólicas y arneses se muestran en la Figura 4.





**Figura 4. Comparación de la digestibilidad aparente del EE en dos métodos de recolección**

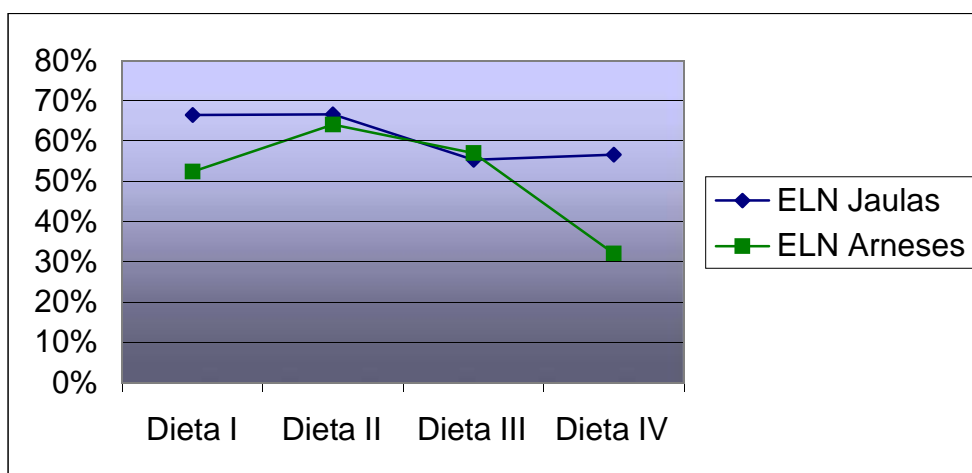
En general los valores de digestibilidad de las dietas son superiores para jaulas (58.48%) e inferiores para arneses (43.03%) y las diferencias de las dietas entre los métodos de recolección son amplias, 35.13%, 10.52% y 7.9%, en las dietas I, II y IV respectivamente. La dieta III presentó poca variación comparado con el resultado del otro método de recolección. Las dietas cuyas muestras fueron recolectadas con jaulas presentan valores superiores en comparación a los arneses.

La diferencia de los valores entre métodos ha ido disminuyendo en función a la cantidad de alfalfa. Mientras más alfalfa contenía la dieta, menor la diferencia. Esto indica que existiría una mayor aprovechamiento de este nutriente en función a la proteína contenida en la alfalfa, tomando en cuenta que con el método de arneses existió un gasto superior de energía.

Debido al requerimiento energético existente, sobre todo con el método de recolección de arneses, la dieta II (50% alfalfa-50% pasto nativo) ha compensado de manera más óptima que las otras dietas ya que es el valor más alto en jaulas y presenta la menor diferencia con el valor del método de arneses

### 5.2.5 Digestibilidad aparente del ELN a través de dos métodos de recolección de muestras

En la Figura 5 se pueden observar los valores obtenidos para ELN de las dietas para jaulas metabólicas y arneses.



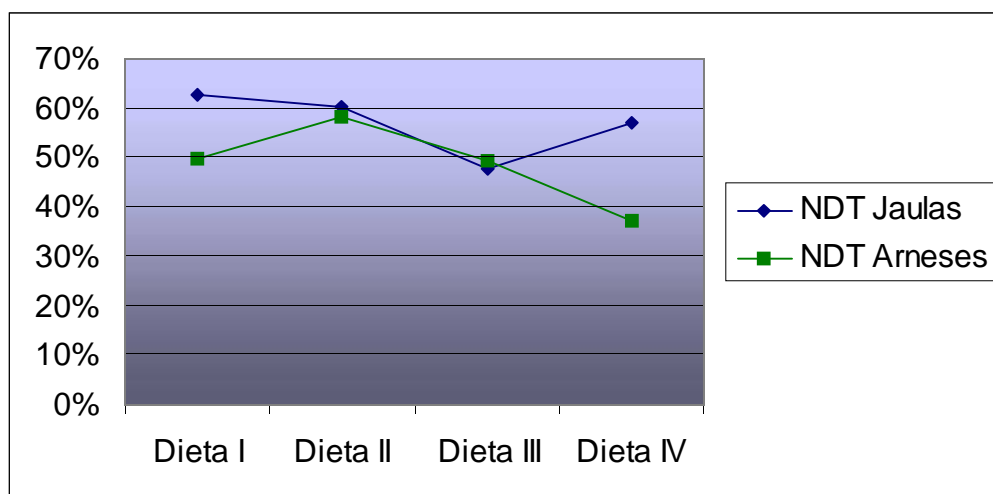
**Figura 5. Comparación de la digestibilidad aparente de ELN por dos métodos de recolección**

Estos valores son muy similares a los de PC en donde existe diferencia en las dietas con los métodos de jaulas y arneses. Esta diferencia se ve en las dietas I y IV (13.98% y 24.58%, respectivamente), cuyos valores son los más elevados para el método de jaulas.

Las dietas II y III presentaron diferencias de 2.58% y 1.67%, respectivamente, esta última a favor de arneses. Estas dietas se mantuvieron constantes en ambos métodos. La dieta II presentó el mayor de todos los valores (66.86%), esta digestibilidad indica que existió un mayor aprovechamiento en ambos métodos existiendo una baja diferencia entre los valores de estos.

### 5.2.6 Valor comparado de NDT través de dos métodos de recolección de muestras

Los valores obtenidos de NDT de cada dieta en los distintos métodos de recolección son los que a continuación se muestran en la Figura 6.



**Figura 6. Comparación del NDT de diferentes dietas por dos métodos de recolección**

Al igual que en los valores para la PC y ELN, existen diferencias entre los métodos de recolección de las dietas I y IV (12.6% y 19.7%, respectivamente).

El promedio general indica que las jaulas presentaron valores superiores (56.9%) con rangos de variación inferiores y en comparación con los arneses (48.7%).

Según Shimada (2005), los Nutrientes Digestibles Totales son una medida aproximada de la digestibilidad de los alimentos, por lo que a mayor NDT teóricamente será mejor el valor nutritivo de dicho alimento.

La dieta I y la II compuestas por 25%-75% y 50%-50% de alfalfa y pasto nativo, respectivamente, son las que presentan una mayor asimilación. El valor más

superior lo obtuvo la dieta I (62.5%) pero con grandes rangos de diferencia entre métodos de jaulas y arneses( 12.6%). Un valor constante y aproximado al de la dieta I, es el de la dieta II (57.1%). Ambas dietas son las que presentan el mayor aprovechamiento cuyas características de asimilación son similares como lo indican los datos de medias para los coeficientes de digestibilidad que se verán más adelante.

### 5.3 Peso vivo, producción de heces y consumo de MS y agua a través de dos métodos de recolección de muestras

En el Cuadro 4 se muestra el consumo de MS y de agua de cada dieta en los diferentes métodos de recolección.

**Cuadro 4. Consumo de MS en porcentaje de PV y agua**

D.	Jaulas			Arneses		
	MS (kg)	%PV	Agua (ml)	MS (kg)	%PV	Agua (ml)
I	1.1	1.9	1381.2	1.1	1.8	673.3
II	1.2	1.8	1522.7	1.2	1.9	1484.0
III	1.1	1.8	1783.7	1.1	1.9	2298.3
IV	1.1	1.9	1835.3	1.0	1.7	1739.7
X	1.1	1.9	1630.8	1.1	1.8	1548.8
DS	0	0.1	596.2	0.09	0.1	1033.9

**Fuente:** Elaboración propia. PV = Peso vivo; D. = dietas; X = Promedio; DS = desviación estándar.

El consumo promedio fue de 1.9% en relación al PV (1.1 kg) en Jaulas metabólicas y similar en arneses 1.8%(1.095 kg). Estos datos no reportan diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) por tanto el consumo de MS no fue afectada por el método de recolección de muestras.

El agua provista de manera *ad libitum* en general presenta una diferencia de 81.80 ml, lo cual no representa un dato significativo ya que existiendo mayor gasto de energía en corrales con arneses considerando que los animales necesitarían mayor

consumo de agua pero los datos indican que no existe relación en los valores de las dietas de los métodos de recolección. Esto lo confirma el coeficiente de correlación los cuales son cero para jaulas y de 0.28 para arneses.

El consumo de agua no mostró relación con el consumo de MS, como lo afirma Ríos (1991), que indica que la relación del consumo de agua con el peso metabólico y el consumo de MS, no presentaba relación entre estos tres aspectos.

Según los datos sometidos a análisis estadísticos, los métodos de recolección y las dietas no afectaron al consumo de agua ni a la producción de orina en las llamas.

En el siguiente Cuadro 5 se puede apreciar la diferencia de peso inicial y final, como la producción de heces de las diferentes dietas en jaulas y arneses.

**Cuadro 5. Comparación del peso vivo y producción de heces obtenido de los métodos de recolección**

Dietas	Jaulas				Arneses			
	PV inicial	PV final	Dif.	Heces	PV inicial	PV final	Dif.	Heces
I	60,37	60,22	-0,15	589.01	59,67	58,93	-0,73	605.08
II	65,77	64,9	-0,87	697.25	67,10	65,77	-1,33	653.11
III	62,20	62,87	0,66	687.31	67,5	62,20	-5,30	656.50
IV	57,23	62,20	4,97	642.85	63,23	57,25	-5,98	783.73
<b>Prom.</b>	61,39	62,55	1,15	654.11	64,38	61,04	-3,34	674.60

**Fuente:** Elaboración propia. Prom. = promedio, PV = peso vivo

En el Cuadro 5 se aprecia que hubieron diferencias de un método de recolección a otro respecto al peso vivo (PV) inicial y final durante el experimento. En jaulas metabólicas, las dietas I y II, el peso vivo de los animales ha disminuido en 0.15 y 0.87 kg respectivamente, pero se observó un incrementó de peso en las dietas III y IV en 0.66 y 4.97 kg, respectivamente.

La recolección por el método de arneses mostró que el peso vivo ha disminuido en todas las dietas observándose que animales de la dieta 3 y 4 tuvieron una pérdida de peso apreciable con respecto a la dieta 1 y 2.

En promedio, se observa que en llamas sometidas a jaulas metabólicas se tuvo un aumento de peso del 1.15 kg. Con el método de arneses en general tuvieron una disminución del peso en 3.34 kg. Como se había mencionado anteriormente, la disminución de peso indica que el método generó un mayor gasto de energía.

El coeficiente de correlación de la diferencia de peso en función al porcentaje de alfalfa contenido en las dietas fue del 90% ( $r = 0.9$ ). Esto es teóricamente proporcional a la cantidad de pastos nativos, a mayor cantidad de pastos nativos en la dieta el peso vivo aumenta. Pero, realizando un análisis en función de estos resultados y la digestibilidad de las dietas, la que obtuvo el mas alto coeficiente es la dieta II (50% alfalfa, 50% pastos nativos) la cual resultó estadísticamente similar a la dieta I (25% alfalfa y 75% pasto nativo), tal como lo corrobora López (2000), el cual obtuvo una respuesta favorable de una dieta compuesta en un 100, 75 y 50% por alfalfa en llamas, obteniendo resultados de 56.3; 53.6 y 51.9%, lo que demuestra la aceptación de la alfalfa por un animal como la llama.

Por lo tanto, la disminución de peso en función a la cantidad de alfalfa es sólo relativa debido a la complejidad del experimento, el cual genera que los animales disminuyan de peso. Al respecto Valenza (1991), señala que el peso vivo en un experimento de digestibilidad, en las que se utilizaron jaulas metabólicas, existieron fluctuaciones considerables que van de 0.5 a 3.5 kg a excepción de pocos animales que mantuvieron su peso inicial. Estas pérdidas estarían relacionadas con el valor nutritivo de la dieta utilizada, así como el aspecto físico del animal.

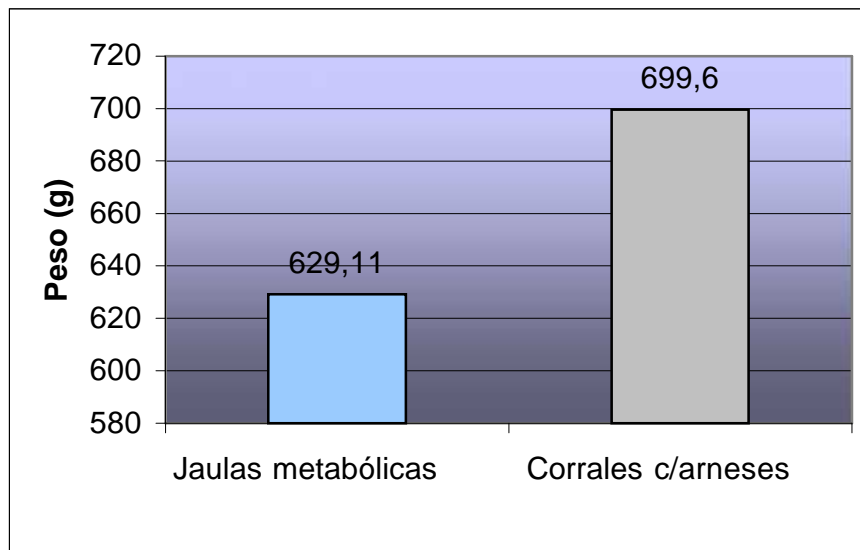
En promedio, la producción de heces tuvo valores superiores en el método de arneses (674.60 g) y fue menor en jaulas (654.11g).

La producción en cada método de recolección fue irregular y no existe correlación con la producción de heces, tampoco existiendo diferencias significativas para los tratamientos.

La producción de heces sometida a análisis de varianza mostró resultados significativos ( $P < 0.01$ ) únicamente para el factor de métodos de recolección con un nivel de confianza afectable ( $CV = 10.2\%$ ).

De esta forma se explica que la medición de la producción de heces ha sido afectada por la técnica de recolección de las mismas, ya que las jaulas metabólicas generan menor variabilidad ( $\pm 99.63$ ) en relación a las DS de arneses en corrales ( $\pm 124.63$ ).

Estas diferencias se aprecian en la Figura 7 y son relativas en relación a las desviaciones.



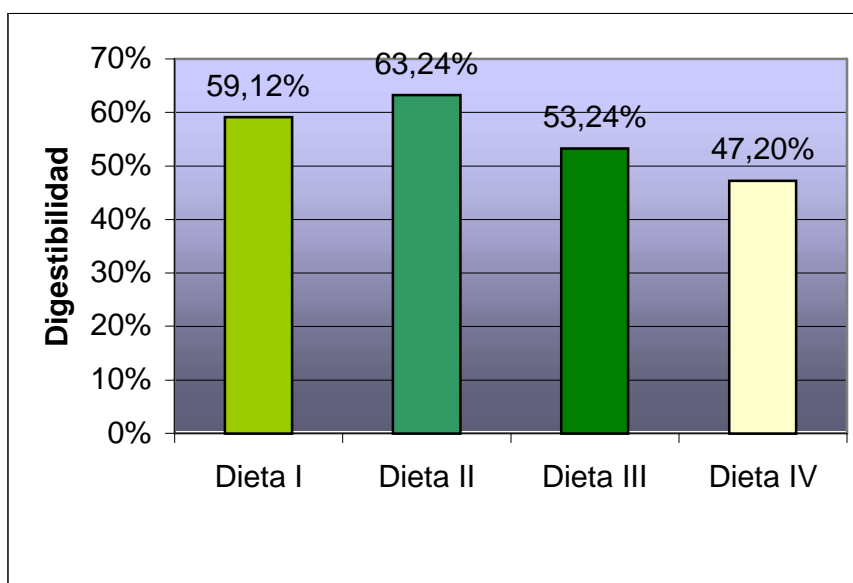
**Figura 7. Producción de heces en jaulas y corrales**

La producción de heces registrada fue mayor (699.6g) en corrales con arneses que en jaulas (629.11g), pero con un desvío significativamente mayor ( $\pm 124.63$  y  $\pm 99.63$ , respectivamente).

#### 5.4 Promedio de los coeficientes de digestibilidad aparente de cuatro dietas con diferentes proporciones de alfalfa y pasto nativos

##### 5.4.1 Promedio de los coeficientes de digestibilidad aparente de MS

En la Figura 8 se aprecian los coeficientes de digestibilidad de cada dieta en general.



**Figura 8. Promedio de digestibilidad de la MS de las dietas**

En la Figura 8 se aprecia que la segunda dieta (50% pasto nativo y 50% alfalfa) es la que alcanzó el nivel más alto con una baja DS (6.39) en comparación a la cuarta (100% pasto nativo) que tuvo el menor porcentaje de digestibilidad y la mayor DS (12.97).

Los valores de la dieta I son próximos a los de la dieta II. La diferencia con los demás coeficientes es que presentan diferencias altamente significativas, como se puede ver en el Cuadro 6 donde se encuentran los grupos de significancia obtenidos mediante análisis de medias de Duncan y la Desviación Standart (DS)



de las dietas.

**Cuadro 6. Análisis de medias de la Digestibilidad promedio de MS de las dietas por la prueba de Duncan**

<b>Dieta</b>	<b>Digestibilidad (%)</b>	<b>Grupos de sig. (0.05%)</b>	<b>DS</b>
I	59.12	a b	± 7.85
II	63.24	a	± 6.39
III	53.24	c b	± 5.42
IV	47.2	c	± 12.97

**Fuente:** Elaboración propia. sig = significancia

Analizando los grupos de medias mostrados en el Cuadro 6, estadísticamente la dieta II es similar a la dieta I. Esto se debe a la composición de ambas dietas las cuales fueron asimiladas de manera óptima por el animal, ya que estas composiciones (75-25 % y 50-50%, respectivamente) son proporciones útiles para una adecuada alimentación en llamas por la asimilación de la PC contenida en la alfalfa haciendo que la degradación de la FC coadyuve a una mejor asimilación.

San Martín y Bryant (1987), señalan que debido a la FC presente en los alimentos que consumen los camélidos se genera un mayor tiempo de degradación para una mejor asimilación.

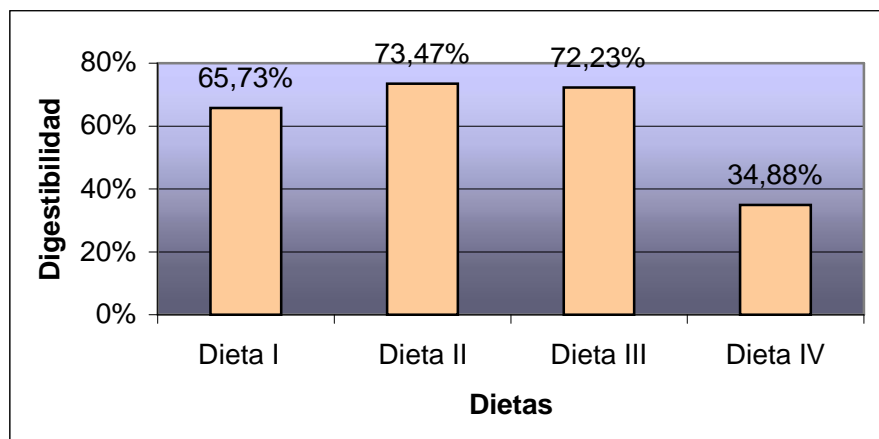
Como la dieta II es estadísticamente óptima (63.24%) y esta es similar a la dieta I (59.12%) el porcentaje de pasto nativo y alfalfa debe ser cercano al 50% en ambos casos en una dieta y no sobre pasar el 75% de pasto nativo.

El porcentaje de alfalfa no debería sobre pasar el 50% en su participación en la elaboración de una dieta para camélidos y ser menor pero no inferior al 25%. Una mayor cantidad de alfalfa obtiene una digestibilidad menor a la óptima, como la dieta III. Un porcentaje de alfalfa inferior, como en la dieta I (25%) tampoco aporta lo requerido para alcanzar mayores valores de digestibilidad.

Según resultados obtenidos por Urra (2000), los coeficientes de digestibilidad de la alfalfa en llamas son más altas (73%). Explicaría que la dieta II (50% pasto nativo y 50% alfalfa) habría obtenido un mayor grado de digestibilidad ya que los componentes estaban en una proporción equilibrada: 50% de forraje en baja calidad y 50% de alta calidad.

#### 5.4.2 Promedio de los coeficientes de digestibilidad aparente de PC

Las dietas han mostrado que generan digestibilidades de PC notoriamente diferentes. En la Figura 9 se ve la comparación entre los coeficientes de digestibilidad de PC de las mismas.



**Figura 9. Promedio de la digestibilidad de PC de las dietas**

El mayor porcentaje se ha obtenido de la dieta II (73.47%) seguido de la dieta III (72.23%).

Los niveles de PC de estas dietas, II y III, fueron los más altos debido a la cantidad de alfalfa que fue superior al de las demás dietas. (Esto se apreció en el Cuadro 2). Así se explican los resultados obtenidos ya que ambas tenían mayor cantidad de PC, por lo tanto, la ventaja de proporcionar mayor cantidad de este nutriente es para generar una superior asimilación.

Las dietas I, II y III presentan coeficientes cuyos valores son próximos y diferentes a los de la dieta IV. Esta última dieta careció de mayor digestibilidad de PC debido a su bajo nivel de proteína ya que su composición fue 100% pasto nativo, pastos en estado de paja. Se aprecia esta diferencia en el Cuadro 7.

**Cuadro 7. Análisis de medias de la Digestibilidad promedio de PC de las dietas por la prueba de Duncan**

<b>Dieta</b>	<b>Digestibilidad (%)</b>	<b>Grupos de sig. (0.05%)</b>	<b>DS</b>
I	65.73	a	± 5.48
II	73.47	a	± 5.76
III	72.23	a	± 6.42
IV	34.88	b	± 21.48

**Fuente:** Elaboración propia. sig = significancia

En dicho cuadro se aprecia que la dieta II obtuvo un mayor porcentaje de digestibilidad (73.47%) y un bajo desvío ( $\pm 5.76$ ) en comparación al mayor ( $\pm 21.48$ ) de la dieta IV que también obtuvo el menor porcentaje (34.88%) debido a su bajísimo nivel proteico registrado (5.13% de PC en dieta).

En una dieta donde los Pastos nativos y la alfalfa estaban en una combinación de 50%, coadyuvaron a la absorción. El nivel de FC (50% de pasto nativo) genera una degradación más efectiva para lograr romper los enlaces químicos de la fibra y así asimilarla. El 50%, que corresponde a alfalfa que al mismo tiempo es degradada y asimilada de manera óptima favoreciendo a la digestibilidad y a los requerimientos de la llama.

Acostumbrados los camélidos a una dieta alta en FC, la suplementación de un forraje de alta calidad generó mayor aceptación de los animales.

En época seca, estación en la que la pradera del Altiplano presenta un forraje pobre y cuando la digestibilidad es inferior al 55% (Ávalos, 2003), la provisión no es óptima y se requiere de otro forraje que complemente la carencia de volumen y

nutrientes (Zapata, 2006). Por lo tanto, al provisión de alfalfa de un 25 a 50% en la dieta diaria de las llamas incrementaría los resultados obtenidos (73.47%).

Por otra parte la interacción de nutrientes (Lloyd, 1991) ha sido un principal factor para la obtención de un alto porcentaje de digestibilidad (73.47%) en comparación a las demás dietas (72.23%, 65.73% y 34.88%, respectivamente).

Urra (2000), menciona que obtuvo altos coeficientes de digestibilidad con proporciones cada vez mayores de alfalfa. Estos no concuerdan con los registrados en el experimento.

Estos resultados se verían afectados debido a la alta cantidad de PC de la alfalfa usada en dicho experimento. Aunque la digestibilidad más alta de PC (73.5%) de la dieta (75% alfalfa y 25% de paja de trigo) corresponde al encontrado en este experimento (73.47%), pero en una dieta de 50% pasto nativo y 50% alfalfa.

En comparación con los resultados hallados por San Martín y Bryant (1987), donde las llamas alcanzaron un digestibilidad de PC del 68% y ovinos 73% ante una dieta de alta calidad nutritiva. Los resultados obtenidos en este ensayo coinciden con esos resultados (73.47% PC), ya que las llamas asimilaron una cantidad de nutrientes de alta calidad en comparación a otras especies de una dieta equilibrada (50%-50%), pero no lo hicieron con una dieta con PC en proporciones altas como los ovinos los cuales aprovechan al máximo este tipo de dieta.

#### 5.4.3 Promedio de los coeficientes de digestibilidad aparente de FC

Los análisis estadísticos muestran una diferencia altamente significativa para las dietas en relación al efecto de estas en la digestibilidad de la FC con un nivel de confiabilidad aceptable (10.79%).

En este caso el mayor porcentaje de digestibilidad (60.62%) ha obtenido la primera dieta (75% pasto nativo y 25% alfalfa). Otro valor es el de la cuarta dieta (59.68 %, para 100% pasto nativo), debido a su alto nivel de FC. En tercer lugar se hallaría la

segunda dieta (58.92%). Estas tres dietas son estadísticamente diferentes a la dieta

III la cual únicamente alcanzó un 53.8% de digestibilidad en FC. Lo anteriormente mencionado se aprecia en el Cuadro 8.

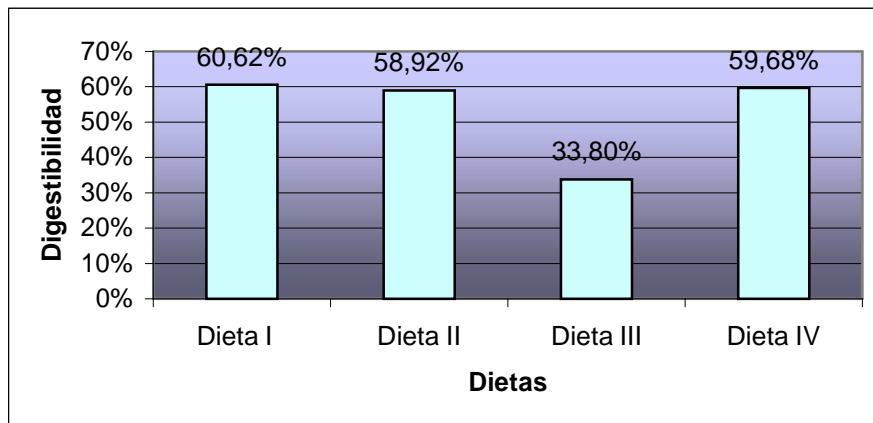
**Cuadro 8. Análisis de medias de la Digestibilidad promedio de FC de las dietas por la prueba de Duncan**

<b>Dieta</b>	<b>Digestibilidad (%)</b>	<b>Grupos de sig. (0.05%)</b>	<b>DS</b>
I	60.62	a	± 7.07
II	58.92	a	± 6.70
III	33.90	b	± 7.55
IV	59.68	a	± 9.17

**Fuente:** Elaboración propia. sig = significancia

Los valores de las digestibilidades FC estadísticamente son similares, tal como se mostraron en los grupos de medias. Sólo en la dieta IV se aprecia un nivel más alto de desviación, el cual presenta mayor variación, que no afectó de manera significativa a los resultados.

En la Figura 10 se muestra la comparación de los coeficientes de digestibilidad de FC obtenidos por las cuatro dietas.



**Figura 10. Digestibilidad promedio de la FC de las dietas**

En la dieta I (75% pasto nativo, 25% alfalfa) el bajo porcentaje de alfalfa (25%) ha afectado a la digestibilidad de esta dieta, ya que la dieta IV (59.68%) con 100% de pasto nativo, tiene el mayor nivel de FC (38.76%) y no obtuvo un resultado mayor al de la dieta I (60.62%) y ocurrió lo mismo con la dieta II (58.92%). Estas dietas son estadísticamente similares.

La dieta III no ha generado una óptima digestibilidad de FC debido a su bajo nivel de FC (23.9%) y alto en PC (17.7%) en comparación las demás dietas pues las llamas asimilan mejor alimentos de mediana y baja calidad (San Martín y Bryant, 1981, 1991; San Martín, 1997 y Fernández 1999) .

Magne (2005), utilizando Urea para el tratamiento de ablandamiento *Stipa ichu* y así elevar la digestibilidad de la PC y para una asimilación óptima de la FC, obtuvo valores proporcionales al porcentaje de Urea usada. Mientras mayor el nivel de Urea, mayor digestibilidad de FC. En comparación con los resultados obtenidos en este experimento se tiene un nivel límite en cada dieta debido también a la diferente composición cada una y como es el caso de la dieta III, esta carece de FC en la misma por el bajo porcentaje de pasto nativo lo que genera un menor porcentaje de energía en el mismo.

Vélez (2006) menciona una digestibilidad proporcional de la FC en Pasto brasilero (*Phalaris tuberoarundinacea*) con 17.44% de FC y avena (*Avena sativa*) con 27.68% de FC. Estos presentaron porcentajes de digestibilidad en llamas del 47.7% y 52.51% respectivamente. Se observa que ante una mayor cantidad de FC en la dieta eleva la digestibilidad de esta nutriente.

#### 5.4.4 Promedio de los coeficientes de digestibilidad aparente de EE

En el Cuadro 9 se observan los resultados obtenidos para la Digestibilidad de EE de las dietas usadas en el presente experimento sometidos a un análisis de medias de la prueba de Duncan.



**Cuadro 9. Análisis de medias de la Digestibilidad promedio de EE de las dietas por la prueba de Duncan**

<b>Dieta</b>	<b>Digestibilidad (%)</b>	<b>Grupos de sig. (0.05%)</b>	<b>DS</b>
I	49.27	b	± 20.14
II	61.87	a	± 8.37
III	58.82	a b	± 10.35
IV	33.09	c	± 13.64

**Fuente:** Elaboración propia. sig = significancia

Se observa que la dieta II alcanzó el mayor valor de digestibilidad con 61.87%, la cual es similar a la dieta III (58.82%), ambas con niveles altos de alfalfa y porcentajes de EE similares en las dietas (1.2 y 1.38%, respectivamente).

La dieta III también tiene similitud estadística con la dieta I. La cuarta dieta es ampliamente diferente a las demás. Esto se debió a su composición de 100% de pasto nativo por tener el porcentaje más bajo de dicho nutriente (0.84%). Los coeficientes de las dietas II y III no indican que una dieta con mayor cantidad de alfalfa tiene mayor absorción de EE ya que las cantidades de este nutriente en las mencionadas dietas, no era significativamente diferente.

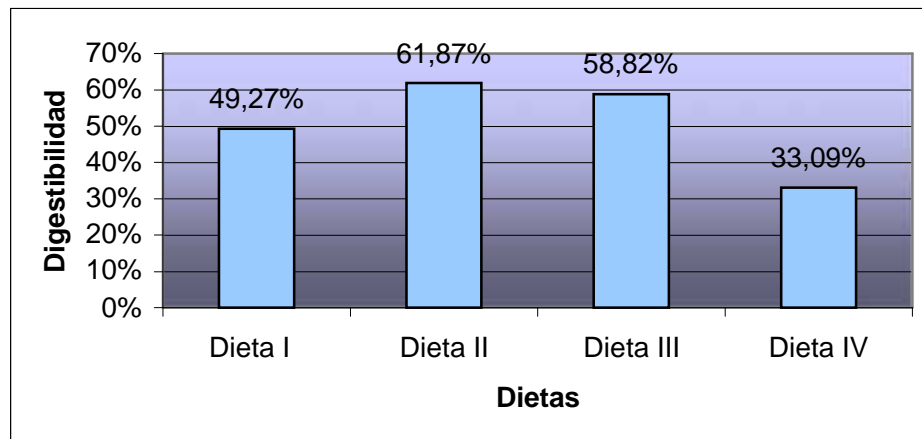
Vélez (2006), menciona coeficientes de digestibilidad de EE para Pasto brasilero y avena frescos (62.64% y 53.11%, respectivamente) los cuales también son proporcionales a la cantidad de EE en cada forraje (2.11 % y 1.35%).

Ávalos (2003) obtuvo resultados similares por épocas, 72.53 % y 47.96% en épocas lluviosa y seca, respectivamente. La relación de la digestibilidad es similar ya que en época lluviosa los animales tienen acceso a una mayor cantidad de alimentos con un nivel superior de nutrientes.

Los resultados obtenidos en laboratorio por Análisis proximal para las dietas I, II, III y IV nos muestran que las diferencias de la cantidad de lípidos EE no es de amplia

magnitud (1.02; 1.2; 1.38; y 0.84, respectivamente) habiendo una diferencia de 0.56 % entre los valores mencionados.

En la Figura 11, se aprecia la digestibilidad de los valores anteriormente señalados para cada dieta.



**Figura 11. Promedio de la digestibilidad del EE de las dietas**

Las diferencias de asimilación de EE de cada dieta se observan claramente.

Se puede constatar que las diferentes proporciones de alfalfa y pasto nativo generan diferentes resultados al momento de asimilar los compuestos lipídicos.

Existió un asimilación óptima de la dieta II (61.67%) debido a una equilibrada composición de alfalfa y Pastos nativos (50% - 50%, cada uno), a diferencia de las demás dietas que presentaron valores de digestibilidad de EE diferentes y más bajos.

#### 5.4.5 Promedio de los coeficientes de digestibilidad aparente de ELN

Sometidos los coeficientes de digestibilidad de ELN a una prueba de Duncan, los resultados del análisis de medias de la digestibilidad del ELN se hallan resumidos en Cuadro 10.

**Cuadro 10 . Análisis de medias de la Digestibilidad promedio de ELN de las dietas por la prueba de Duncan**

<b>Dieta</b>	<b>Digestibilidad (%)</b>	<b>Grupos de sig. (0.05%)</b>	<b>DS</b>
I	59.66	a b	± 5.80
II	65.57	a	± 7.84
III	56.40	b	± 5.73
IV	44.53	c	± 14.36

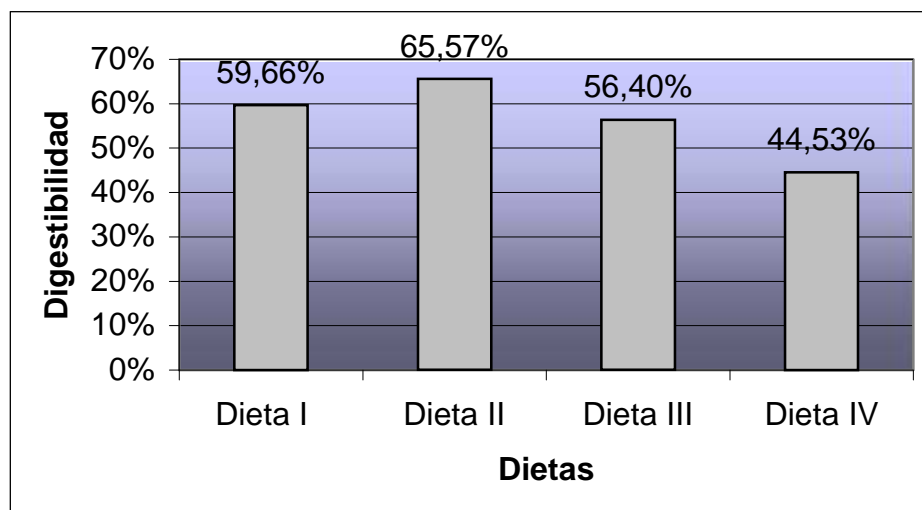
**Fuente:** Elaboración propia. sig. = significancia

La dieta II presentó un valor favorable (65.57%) en comparación a las dietas I, III y IV (59.66%, 56.40% y 44.53%, respectivamente) los cuales son inferiores al coeficiente de la mencionada dieta.

Los valores de la dieta II y la dieta III son próximos, por lo cual estadísticamente son valores similares.

El ELN viene a ser un factor importante ya que en él estarían algunos elementos nutricionales no analizados que incluso estarían generando sobreestimaciones de este nutrimento debido a que el ELN se obtiene por diferencia en el análisis proximal del 100% de los demás nutrientes (Shimada, 2005).

En la Figura 7 se observan los coeficientes de digestibilidad de ELN de las dietas. Se puede verificar que las llamas han digerido mejor los carbohidratos de la segunda dieta. Esto indica que la proporción 50% pasto nativo y 50% alfalfa complementan una dieta aprovechable. Lo mismo se ve para la primera dieta la cual se complementa con un 25% de alfalfa.



**Figura 12. Promedio de la digestibilidad del ELN de las dietas**

Según Shimada (2005), el ELN se compone en gran parte de azúcares, almidones altamente digestibles y otras como pectinas y hemicelulosa.

Ante resultados altamente significativos las dietas generan una mayor y menor digestibilidad de este nutriente.

Al tener relación la FC con el ELN, según Lloyd (1991) esta relación no es amplia, por tanto la digestibilidad de ELN es alta como de FC.

Según datos obtenidos por San Martín y Bryant (1987) los coeficientes de digestibilidad para ELN hallados en la presente prueba son superiores en relación a heno de alfalfa (54.4% entero y 57.4% picado), similar en los de pastos nativos (65% y 60.5% en época seca y húmeda) y menor a otros forrajes como *L perenne*, *L multiflorum*, *F. rubra*, *T repens* (85.2%) y mezclas similares.

### 5.5 Resultados de NDT

En el Cuadro 11 se aprecia el aprovechamiento de las cuatro dietas expresadas en NDT como en Energía Digestible y Energía Metabolizable.

**Cuadro 11. NDT, ED y EM de las diferentes dietas**

Dieta	NDT (%)	NDT (kg)	ED (Mcal/kg MS)	EM (Mcal/kg MS)	Dieta
I II	56.22	0.62	2.72	2.22	56.22
III	59.27	0.68	2.99	2.45	59.27
IV	48.56	0.53	2.35	1.92	48.56
	47.20	0.49	2.15	1.77	47.20

**Fuente:** Elaboración propia. NDT = Nutrientes Digestibles Totales; ED = Energía Digestible; EM = Energía Metabolizable.

Las dietas que lograron NDT superior al 50% son las dietas I y II ( 59.27% y 56.22%, respectivamente), las dietas III y IV obtuvieron un valor por debajo del 50% aprovechable del alimento (48.56% y 47.20, respectivamente).

Según Shimada (2005), los nutrientes digestibles totales (NDT) es la medida aproximada de su digestibilidad, por lo que a mayor NDT, teóricamente será mejor el valor nutritivo de dicho alimento.

Esto nos indica que en las dietas I y II más de la mitad del alimento se aprovecha de manera óptima y se convierte en energía. En el caso de la dieta II aproximadamente 3 Mcal/kg MS (2.99 Mcal/kg MS) y 2.77 Mcal/kg MS en la dieta I. Los valores de las dietas III y IV generaron niveles muy por debajo de los obtenidos por las dietas I y II.

Estos valores de energía van asociados a la absorción de PC. Para que la proteína de la dieta sea utilizada de forma eficiente, es necesario que exista una relación entre el contenido de energía y proteína (Cañas, 1995)

Dicha aprovechamiento es importante debido a los requerimientos que presenta cada especie animal los cuales generalmente se presentan como Energía digestible, Energía metabolizable y PC.

En el Cuadro 12 se muestran el requerimiento de PC de llamas según su peso para cada dieta, el aporte respectivo de esta y la diferencia entre el aporte de la dieta y el requerimiento.

**Cuadro 12. Requerimiento de PC y PC cubierto por las dietas**

<b>Dieta</b>	<b>PV (kg)</b>	<b>Req PC (g)<sup>1</sup></b>	<b>PCD(%)</b>	<b>Req PCD%</b>	<b>Diferencia</b>
<b>I</b>	59.6	95,5	6,13	4,95	1,18
<b>II</b>	65.33	97,18	9,93	4,68	5,26
<b>III</b>	62.53	96,74	12,79	4,77	8,02
<b>IV</b>	59.72	95,5	1,79	4,95	-3,16

**Fuente:** Elaboración propia. <sup>1</sup> Mansilla (1989). Req = Requerimiento. PCD = Proteína Cruda Digestible.

Las dietas I, II y III (6.13%, 9.93% y 12.79%, respectivamente) llegaron a cubrir óptimamente el requerimiento de PC Digestible (4.95%, 4.68% y 4.77%, respectivamente). La dieta IV (1.79%), debido a su bajo contenido de PC según lo mostrado en el Cuadro 2, no obtuvo valores que pudieran cubrir el requerimiento (4.95%).

Esto indica que los niveles de alfalfa adicionados a la dieta de llamas logran cubrir efectivamente los requerimientos de PC y que no se encuentran en una dieta compuesta en un 100% de pasto nativo.

En el Cuadro 13 se aprecian los requerimientos de Energía Digestible, Energía Metabólica y NDT en base a Peso metabólico con un 40% y 15% de incremento por concepto de pastoreo y trabajo, respectivamente, además de lo cubierto por las dietas elaboradas con diferentes niveles de alfalfa y Pastos nativos.

**Cuadro 13. Requerimiento de NDT y NDT cubierto por las dietas**

	<b>Dieta I</b>	<b>Dieta II</b>	<b>Dieta III</b>	<b>Dieta IV</b>
<b>PV (kg)</b>	59,6	65,33	62,53	59,72
<b>PM (kg<sup>0.75</sup>)</b>	21,45	22,98	22,24	21,48
<b>Consumo (%)</b>	2	2	2	2
<b>Consumo MS (kg)</b>	1,192	1,31	1,25	1,19
<b>Req<sup>1</sup> Kcal EM/kgPV<sup>0.75</sup></b>	61,2	61,2	61,2	61,2
<b>Req EM (Mcal) base</b>	1,31	1,41	1,36	1,31
<b>Req EM (Mcal) pastoreo (40%)</b>	0,53	0,56	0,54	0,53
<b>Req EM (Mcal) trabajo (15%)</b>	0,197	0,21	0,20	0,20
<b>Req EM (Mcal) total</b>	2,03	2,18	2,11	2,04
<b>EM (Mcal/kg MS)</b>	1,71	1,67	1,69	1,71
<b>ED (Mcal/kg MS)</b>	2,08	2,03	2,06	2,08
<b>NDT (%)</b>	47,31	46,24	46,75	47,29
<b>Dietas Mcal/ kg MS</b>	2,23	2,45	1,92	1,76
<b>Dietas NDT(%)</b>	56,22	59,27	48,56	47,2
<b>Diferencia NDT(%)</b>	8,91	13,03	1,81	-0,09

**Fuente:** Elaboración propia. <sup>1</sup> Engelhardt y Schneider (1977) citado por Baptista (1997)

Los valores de NDT obtenidos por las dietas I, II y III (56.22%, 59.27% y 48.56%, respectivamente) han logrado cubrir efectivamente los requerimientos calculados (47,31%, 46.24% y 46.75%, respectivamente). Estos requerimientos fueron obtenidos considerando el gasto de energía de pastoreo y de trabajo, que teóricamente es 40% y 15%, respectivamente. Eso significa que las dietas que cubren estos requerimientos son efectivas en llamas pastoreadas en campo y no solo en ambiente de laboratorio.

La dieta IV, compuesta 100% por pasto nativo, no ha logrado cubrir los requerimientos de energía de las llamas. Este valor nos indica que una dieta basada en pasto nativo no es efectiva para una buena nutrición de camélidos ya que se no logra cubrir los niveles necesarios de energía, ni de PC indispensables para el desarrollo y producción en toda especie.

## 6. CONCLUSIONES

- Las dietas compuestas por diferentes proporciones de pastos nativos y alfalfa generaron diferentes coeficientes de digestibilidad en materia seca, proteína cruda, fibra cruda, extracto etéreo y extracto libre de nitrógeno, hallándose en todos los casos que las dietas I y II (75% P. nativos, 25% *Mesa*; 50% P. nativos, 50% *Mesa*) han sido los de mayor asimilación (59.12% y 63.24%, respectivamente) y por lo tanto de mayor provecho nutricional para las llamas que las dietas III y IV (25% P. nativo, 75% *Mesa*; 100% P. nativo) que han generado menor digestibilidad (53.24% y 47.20%, respectivamente).
- La dieta que aproximadamente cubre los requerimientos necesarios para la manutención y producción en llamas fue la dieta II compuesta por 50% de pastos nativos y 50% de alfalfa, seguida por la dieta I compuesta por 25% de alfalfa y 75% de pastos nativos.
- Debido a que la dieta compuesta por 50% de alfalfa y 50% de pastos nativos (dieta II) generó un alto coeficiente de digestibilidad (63.24%) y que el coeficiente de la dieta compuesta por 75% de pastos nativos y 25% alfalfa (dieta I) es muy similar (59.12%). Por tanto, se concluye que las llamas que pastorean praderas con predominancia de especies como *Stipa* (*Stipa ichu*), Chillihua (*Festuca dolychophylla*) y Crespillo (*Calamagrostis heterophylla*), deberían ser suplementadas con una proporción de alfalfa (*Medicago sativa*) del 25 al 50% de la totalidad de la dieta ingerida diariamente.
- La complementación de los pastos nativos con forrajes de alta calidad nutritiva generan una mejor digestibilidad cuando estos son combinados en proporciones que entre el 25 y 50% en alfalfa y 50% a 75% en pastos nativos.



- Los métodos de recolección para experimentos de digestibilidad generan variación según la técnica empleada en función de los materiales empleados, entre los cuales las jaulas responden mejor a las necesidades en cuanto a efectividad, tiempo y precisión obteniéndose valores en NDT superiores a los obtenidos mediante arneses (56.7% y 48.7%, respectivamente) y diferencias altamente significativas entre dietas, donde las dietas con mayor porcentaje de Pastos nativos en su composición tendían a presentar alta diferencia (dietas I y IV, 12.6% y 19.7%, respectivamente).

## 7. RECOMENDACIONES

- Implementar y perfeccionar modelos más apropiados de arneses los cuales de tener un diseño final y adecuado generarían mejores resultados a menor precio.
- Es indispensable, ante los nuevos desafíos de la producción en el altiplano, la implementación de alternativas y planificación técnica de alimentación como la producción de forrajes para la suplementación de la alimentación del ganado en época de estiaje y generación de nuevos datos científicos que ayuden a dichas alternativas y llenen los vacíos del conocimiento de los camélidos sudamericanos en nuestro país.
- Es necesario implementar proyectos de crianza de camélidos sudamericanos, nuevos o en vigencia, donde se capacite al productor y se fomente en las comunidades a la suplementación de animales en pastoreo o estabulados con forrajes de alta calidad nutritiva como alfalfa u otros en una proporción no menor a un cuarto (25%), ni mayor a la mitad (50%) de la cantidad de las pasturas consumidas diariamente.
- Siendo la producción camélida una alternativa de gran importancia en el país, es imperativo seguir investigando para dar luces y solventar nuevas opciones en la nutrición animal ante los nuevos desafíos y fomentar de diversas formas la difusión y aplicación práctica de dichas investigaciones para un desarrollo técnico-científico en las comunidades en las que se crían llamas.

## 8. LITERATURA CITADA

- Abasto, P. 2003. Composición química y digestibilidad de forrajes nativos en llamas y ovinos en el altiplano desértico. Tesis Lic. Ing. Agro. La Paz , BO. Universidad Mayor de San Andrés. P 80-85.
- Achu, C. 2003a. Composición Botánica y química de la dieta seleccionada por la llama (*Lama glama*) en pastoreo durante la época lluviosa en la comunidad Pujrata. *In* Trabajos de investigación: Camélidos. UCB. Tihuanacu, BO. P 50-54.
- \_\_\_\_\_. 2003b. Composición de partes de la planta en la dieta seleccionada por la llama (*Lama glama*) en pastoreo durante la época lluviosa en la comunidad Pujrata. *In* Trabajos de investigación: Camélidos. UCB. Tihuanacu, BO. P 76-80.
- Alzerreca, H. 1991. Valor de los alimentos para la ganadería andina. Copia fotostática, La Paz, BO. s. Ed. P 11-69.
- Alzerreca, H. 2004. Efecto de la frecuencia y altura de corte en el rendimiento del ichu (*Stipa ichu*). *In* Memorias de ABOPA XV. Cochabamba, BO. P 253- 259.
- Alzerreca, R. y Cardozo, R. 1990. Valor nutritivo de los alimentos y forrajes. La Paz, BO. IBTA. P 11,69.
- Arguedas R. 2006. Suplementación con afrecho y jipi de quinua a llamas gestantes en el primer y segundo tercio. Tesis Lic. Ing. Agro. La Paz , BO. Universidad Mayor de San Andrés. P 68-74.
- Arias, M. 2001. Ingestión y digestibilidad aparente de forrajes por la llama (*Lama glama*) II.- Heno de trébol rosado (*Trifolium pratense*), heno de ballica (*Lolium multiflorum*), paja de poroto (*Phaseolus vulgaris*) y paja de avena (*Avena sativa*) (en línea). Santiago, CL. Consultado 10 de ago. 2006. Disponible en: Arch. med. vet. v.33. n2. Valdivia 2001.

- Ávalos, C. 2003. Digestibilidad aparente en alpacas (*Lama Pacos*) pastoreadas en bofedales de Ulla Ulla, Bolivia. *In* Trabajos de investigación: Camélidos. UCB. Tihuanacu, BO. P 50-54.
- Bardales, J. 1969. Estudio comparativo de la digestibilidad de la MS y FC entre alpacas y ovinos "*in vitro*" e "*in vivo*". Tesis de Bachiller. Lima, PE. s Ed. 25p.
- Baptista, D. 1997. Estudio proximal en requerimientos nutritivos (proteína , energía) de llamas lactantes. Tesis Lic. Ing. Agro. Potosí, BO. Unversidad Autónoma Tomás Frías. 61p.
- Blancour, T. 1996. Suplemento alimenticio en Lamas (*Lama glama*) a base de residuos de cosecha. Tesis Lic. Ing. Agro. Oruro, BO. Universidad Técnica de Oruro. 85-90p.
- Bonavia, D. 1996. Los camélidos sudamericanos: Una introducción a su estudio. Lima, PE. Instituto Francés de Estudios Andinos. P 12, 20.
- Bustanza, V. 2001. Conocimientos de Gran Potencial Andino. Espanis. Lima, PE. 343 p.
- Callizaya, I. 1994 Caracterización de las tierras de la Estación Experimentación de Choquenaira, según su capacidad y uso y aptitud para riego. Tesis Lic. Ing. Agro. La Paz, BO. Universidad Mayor de San Andrés. P 77-80.
- Cañas, R. 1998. alimentación y nutrición animal. Facultad de Agronomía. Pontífica Universidad Católica de Chile. P71, 83.
- Chiri, R. 2002. Camélidos sudamericanos. Oruro, BO. UTO, BO. P 56-58.
- Chloris chilensis. s.f. Revista chilena de botánica (en línea). Cl. Consultado 10 ene. 2007. Disponible en : [www. Chloris chilensis. org](http://www.Chloris chilensis. org).

- Church, W. 1987. Nutrición animal. México D.F, Mc Graw Hill. 214 p.
- Fernández, S. 1991. Avances y perspectivas en el conocimiento de los Camélidos Sudamericanos. Santiago, CL. FAO. P 215, 248.
- Flores, A. 1990. Logros de investigación en camélidos (1980- 1989). Lima, PE. INIAA. P 13-16.
- Flores, J. 1987. Manual de alimentación animal. Lima, PE. Universidad Agraria La Molina. 185p.
- Flores, M. 1990. Evaluación de la broza de quinua, afrechillo y harina de tarwi en la alimentación de llamas. Tesis Lic. ing. Agro. Cochabamba, BO. Universidad Mayor de San Simón. 147p.
- Fowler, E. 1989. Feeding and nutrition in medicine and surgery of south American Camelids. US. Iowa State University. P 9, 23.
- Huhtanen, P; Ahvenjärvi, S; Weisbjerg, MR. y Norgaard, P. 2006. Digestion and passage of fibre in ruminant. *In* Ruminant Physiology. Frederiksberg, DK. The Royal Veterinary and Agricultural University. P 87-125.
- Iturri, L. 2004 . Evaluación y disponibilidad y aprovechamiento de recursos hídricos en la comunidad de Choquenaira, subcuenca Pallina, La Paz-Bolivia (en línea). Consultado 30 ene. 2007. Disponible en disponible en: [benson.byu.edu](http://benson.byu.edu).
- López, A. y Raggi, L. 1992. Requerimientos nutritivos de camélidos sudamericanos: Llamas (*Lama glama*) y alpacas (*Lama Pacos*)(en línea). Santiago, CL. Consultado 10 ago. 2006. Disponible en : Arch. med. vet.24:121-130.CH.
- Lloyd, M. 1991. Fundamentos de nutrición animal. Buenos Aires, AR. Acribia. 245p.

- Magne, N. 2005. Digestibilidad aparente en llamas (*Lama glama*) alimentadas con (*Stipa ichu*) tratada con úrea y melaza en el C.E.A.C. Tesis Lic. Ing. Agro. Oruro, BO. Universidad Técnica de Oruro. 67p.
- Maiza, R y Cardozo, A. 1992. Digestibilidad de broza de quinua en ovinos corridale. In IX Reunión de ABOPA, Potosí, BO. P71, 74.
- Mansilla, A. 1989. Método de formulación de raciones. Santiago de Chile. Universidad de Chile. 74p.
- Martinez, Z. 2004. Estudio y altura en chilliwa (*Festuca dolichophylla*). In Memorias de ABOPA XV, Cochabamba, BO. P261- 296.
- Mc Donald, D. 1991. Nutrición animal. Buenos Aires, AR. Acribia. 456 p.
- Montes, C. 2000. Los camélidos (en línea). PE. Consultado 10 de ago. 2006. Disponible en: [www.losartesanos.com](http://www.losartesanos.com)
- NRC (National Reserch Council). 1985. Nutritient requerements to sheep. Washington, D.C. 99p.
- NRC (National Reserch Council).1987. Tablas Nutricionales para animales domésticos: caprinos. Washington, D.C. P53-57.
- OAS.2003. El altiplano: descripción del medio natural (en línea). La Paz, BO. Consultado 30 de ene. 2007. Disponible en: [www.Oas.org](http://www.Oas.org).
- Paye, F. 2006. Evaluación agronómica y comparación de rendimiento en seis especies forrajeras plurianuales, bajo condiciones de secano, en Letanías, provincia Ingavi. Tesis Lic. Ing. Agro. La Paz, BO. Universidad Mayor de San Andrés. P220, 221.
- Rispa. 1992. Rumiand Nutrition research: Methodological guidelines. San José, CR. RISPAL. 350p.

- Rios, J. 1991. Requerimientos de mantención y digestibilidad y consumo de agua en alpacas. Tesis Lic. Ing. Agro. Santiago de Chile. SIBUC. 150p.
- Rossi, C. 2004. Camélidos sudamericanos (en línea). Buenos Aires-ARG. Consultado 30 de ene. 2007. Disponible en: [www.tecnocampo.com](http://www.tecnocampo.com)
- San Martín, F y Bryant, F. 1987. Nutrición de camélidos sudamericanos: Estado de nuestro conocimiento. Lima-PE. Programa de colaboración de apoyo a la investigación en rumiantes menores. 67p.
- San Martín, F. 1996. Nutrición en alpacas y llamas. La Raya, PE. Universidad Mayor de San Marcos. P 114-117.
- San Martín, F. 1999. Nutrición y alimentación de camélidos sudamericanos. *In* Cardozo, A; Zapata, A. Seminario de Reproducción y Nutrición de camélidos sudamericanos. La Paz, BO, Unepca. P10-15.
- San Martín, F; Bryant, F. 1991. Consumo voluntario de Paja de Cebada entera, picada y tratada con úrea en llamas, alpacas y ovinos. *In* Investigaciones sobre pastos y forrajes de Texas Tech University en el Perú. P 97-102.
- Schneider, B. y Flatt W. (1975). The evaluation of Feeds through Digestibility Experiments. The University of Georgia Press Athens, US. P1-47.
- Shimada, A. 2005. Nutrición animal. México DF. Trillas. 388p.
- Suma Tama. 2005. Pastos y forrajes: ya se agotan los pastos. 1(1): P 15.
- Tichit, M. 1994. La asociación de camélidos-ovinos en un sistema pastoril del altiplano de Turco. La Paz, BO. IBTA. Publicaciones técnicas no7. P 153-156.

- Tovar, A. 1991. Consumo voluntario de Paja de Cebada entera, picada y tratada con úrea en llamas, alpacas y ovinos. *In* Investigaciones sobre pastos y forrajes de Texas Tech University en el Perú. P 55-66.
- UNEPCA. 1999. Censo Nacional de llamas y alpacas. La Paz, BO. 176p.
- Urra, 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(en línea). Santiago, CL. Consultado 10 de ago. 2006. Disponible en: Arch. med. vet. v.32.n2
- Valenza, D. 1991. Digestibilidad comparativa entre ovinos, alpacas y llamas de la mezcla de broza de quinua (*Quenopodium quinoa* Wild) y heno de avena (*Avena sativa*), y broza de haba (*Vicia faba*). *In* Investigaciones sobre pastos y forrajes de Texas Tech University en el Perú. P 67-77.
- Van Soest P. 1967. Development of a comprehensive system for the feed analysis and its application to forages. US. J. Anim Sci. 26:119.
- Vélez, W: 2006. Digestibilidad aparente en llamas (*Lama glama*), alimentadas con pasto brasilero (*Phalaris tuberoarundinacea*) y avena (*Avena sativa*) en el C.E.A.C, Oruro. *In* Memorias XVI Reunión Nacional ABOPA. Sucre, BO. 1 disco compacto.
- Villca, G. 1993. Comportamiento alimenticio de llamas y ovinos en sistema de pastoreo tradicional del Altiplano árido boliviano (Turco). Tesis Lic. Ing. Agro. Oruro, BO. UTO. P 85-96.
- Zapata, A. 2005. Las forrajeras nativas preferidas por los camélidos. Revista Suma Tama. 1(1): P 20.
- \_\_\_\_\_.2006. Manejo y conservación de las forrajeras nativas. Revista Suma Tama.2(2): P 22.



## ANEXOS

**ANEXO . Análisis de Varianza generados por el programa: "The SAS System"  
para las diferentes variables de respuesta**

**Digestibilidad de Materia Seca**

<b>Fuente</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Cuadrados Medios</b>	<b>Valor F</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Modelo</b>	7	1931.85839583	275.97977083  28.36586667	9.73	0.0001
<b>Error</b>	16	453.85386667			
<b>Total</b>	23	2385.71226250			

<b>Fuente</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Tipo I SS</b>	<b>Cuadrados Medios</b>	<b>Valor F</b>	<b>Pr &gt; F</b>	<b>Sig.</b>
EST RAC	1	501.14620417	501.14620417	17.67	0.0007	**
EST*RAC	3	881.44847917	293.81615972	10.36	0.0005	**
	3	549.26371250	183.08790417	6.45	0.0045	**
	R-Square 0.809762	CV 9.562085	Root MSE 5.32596157	PCD Mean 55.69875 000		

**Digestibilidad de Proteína Cruda**

<b>Fuente</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Cuadrados Medios</b>	<b>Valor F</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Model</b>	7	7872.11193333	1124.58741905  54.68572500	20.56	0.0001
<b>Error</b>	16	874.97160000			
<b>Total</b>	23	8747.08353333			

<b>Fuente</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Tipo I SS</b>	<b>Cuadrados Medios</b>	<b>Valor F</b>	<b>Pr &gt; F</b>	<b>Sig.</b>
EST RAC	1	878.21801667	878.21801667	16.06	0.0010	**
EST*RAC	3	5916.75883333	1972.25294444	36.07	0.0001	**
	3	1077.13508333	359.04502778	6.57	0.0042	**
	R-Square 0.899970	CV 12.01	Root MSE 7.39497972	PCD Mean 61.58166667		

### Digestibilidad de Fibra Cruda

Fuente	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Pr > F
<b>Model</b>	7	3667.69579583	523.95654226 33.08065000	15.84	0.0001
<b>Error</b>	16	529.29040000			
<b>Total</b>	23	4196.98619583			

Fuente	Grados de libertad	Tipo I SS	Cuadrados Medios	Valor F	Pr > F	Sign.
EST RAC	1	193.97220417	193.97220417	5.86	0.0277	*
EST*RAC	3	3016.08791250	1005.36263750	30.39	0.0001	**
	3	457.63567917	152.54522639	4.61	0.0165	*
	R-Square 0.873888	CV 10.79593	Root MSE 5.75157804	PCD Mean 53.27541667		

### Digestibilidad de Extracto Etéreo

Fuente	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Pr > F
<b>Model</b>	7	5343.24216250 1519.22113333	763.32030893 94.95132083	8.04	0.0003
<b>Error</b>	16	6862.46329583			
<b>Total</b>	23				

Fuente	Grados de libertad	Tipo I SS	Cuadrados Medios	Valor F	Pr > F	Sign.
EST RAC	1	1431.44260417	1431.44260417	15.08	0.0013	**
EST*RAC	3	3017.74274583	1005.91424861	10.59	0.0004	**
	3	894.05681250	298.01893750	3.14	0.0545	*
	R-Square 0.778619	CV 19.19664	Root MSE 9.74429684	PCD Mean 50.76041667		

### Digestibilidad de Extracto Libre de Nitrógeno

Fuente	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Pr > F
<b>Model</b>	7	2626.77918333	375.25416905 28.56592500	13.14	0.0001
<b>Error</b>	16	457.05480000			
<b>Total</b>	23	3083.83398333			

Fuente	Grados de libertad	Tipo I SS	Cuadrados Medios	Valor F	Pr > F	Sign.
EST	1	584.30401667	584.30401667	20.45	0.0003	**
RAC	3	1412.74111667	470.91370556	16.49	0.0001	**
EST*RAC	3	629.73405000	209.91135000	7.35	0.0026	**
	R-Square 0.851790	CV 9.452832	Root MSE 5.34471000	PCD Mean 56.54083333		