

# UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA



**“EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN ALIMENTICIA EN LA FERTILIDAD  
DE LLAMAS CON EMPADRE NATURAL”**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. ABAD VALDERRAMA MAMANI LIMACHI**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA**

**PUNO – PERÚ**

**2018**

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

**TESIS**

**“EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN ALIMENTICIA EN LA FERTILIDAD  
DE LLAMAS CON EMPADRE NATURAL”**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. ABAD VALDERRAMA MAMANI LIMACHI**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA**



**APROBADA POR:**

**PRESIDENTE DE JURADO**

.....  
**Dra. Martha Nancy Tapia Infantes**

**PRIMER MIEMBRO**

.....  
**Dr. Domingo Alberto Ruelas Calloapaza**

**SEGUNDO MIEMBRO**

.....  
**Dr. Daniel Hermilio Ramos Dueñas**

**DIRECTOR DE TESIS**

.....  
**MVZ. Juan Guido Medina Suca**

**ASESOR**

.....  
**Ph.D. José Luis Bautista Pampa**

**Área: Reproducción Animal**

**Tema: Efecto de suplementación alimenticia en la fertilidad en llamas**

**Fecha de Sustentación: 24/07/2018**

## DEDICATORIA

*El conocimiento generado es dedicado con amor y cariño a mis queridos padres: JUSTO y EUGENIA, por darme la oportunidad de existir, por su sacrificio en algún tiempo incomprensido, por su comprensión y confianza, por su amor y amistad incondicional, porque sin su apoyo no hubiera sido posible la culminación de mi profesión.*

*A mis queridos hermanos (a): Maria, Andres, Francisca, Edel, Bertha por el apoyo incondicional y cariño que me brindaron durante mi formación profesional.*

*A mis apreciados amigos (a). Roger, Yoel, Angel, Elias, Max, Dennis, Joel, Nury, Aurora, Fany, Neyda, Mirian, Marisol, Lidia. quienes confiaron en mi capacidad y responsabilidad de asumir retos para concretarlos según lo planeado.*

*Abad Valderrama Mamani Limachi.*

## AGRADECIMIENTO

Al divino creador Dios, quien guía cada paso, día a día en el sendero de mi vida.

Es mi deseo, expresar un sincero agradecimiento a la prestigiosa Universidad Nacional del Altiplano, por haberme permitido mi formación, en especial a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia y cuerpo docente por sus conocimientos impartidos durante mi formación profesional.

A mi Director Dr. Juan Guido Medina Suca, durante la realización de mi trabajo de investigación, quien me ha guiado en el complicado proceso. Es cierto no ha sido nada fácil, sin embargo, su paciencia y su motivación han sido fundamentales durante la elaboración, ejecución y culminación del presente trabajo.

Al Dr. Jose Luis Bautista Pampa, Asesor del presente trabajo de investigación, por su apoyo constante, sus conocimientos, sus orientaciones, su persistencia, su paciencia y su motivación han sido fundamentales para la realización del presente trabajo de investigación.

Al Dr. Walter Bravo Matheus, por su ayuda, dedicación y asesoramiento. La generosidad y amabilidad demostrada en cada momento, han sido un gran apoyo durante el tiempo dedicado a su realización del presente trabajo de investigación.

A mi amigo: Roger, por tu apoyo y paciencia, Dios permitió que hiciéramos este trabajo juntos para aprender y conocer muchas cosas nuevas pero lo más valioso de todo es que nos dio la sabiduría para terminar con éxito nuestra carrera.

A mis queridos amigos: Roger, Angel, Yoel, Aurora, Fany, Elias. quienes me brindaron su amistad y apoyo incondicional. Un verdadero amigo es alguien que te conoce tal como eres, te acompaña en tus logros y tus fracasos.

A los trabajadores del CIP La Raya: Sr. Hugo, Sr. Marcos, Sr. Cirilo, Sr. Natanoel, Sr. Esteban, Sr. Alejandro, por el apoyo y confianza durante la ejecución.

*Abad Valderrama Mamani Limachi.*

**ÍNDICE GENERAL**

<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>7</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>8</b>
<b>ÍNDICE DE ACRÓNIMOS</b> .....	<b>9</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>10</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>11</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>12</b>
1.1 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION .....	13
1.1.1 Objetivo General.....	13
1.1.2 Objetivos Especificos.....	13
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>14</b>
2.1 MARCO TEÓRICO.....	14
2.1.1 Alimento y requerimiento de nutrientes .....	14
2.1.2 Materia seca .....	14
2.1.3 Proteína y energía en la reproducción.....	15
2.1.4 Balance energético negativo .....	19
2.1.5 Fisiología reproductiva en llamas .....	20
2.1.6 Peso vivo .....	27
2.1.7 Condición corporal.....	27
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>29</b>
3.1 MEDIO EXPERIMENTAL.....	29
3.1.1 Ubicación.....	29
3.1.2 Instalaciones.....	30
3.2 MATERIAL EXPERIMENTAL.....	30
3.2.1 Animales.....	30
3.2.2 Forrajes - insumos.....	30
3.2.3 Materiales y equipos.....	30
3.3 METODOLOGÍA .....	31
3.3.1 Distribución animales.....	31
3.3.2 Alimentos.....	32

3.3.3 Acostumbramiento de animales a la dieta suplementada.....	34
3.3.4 Alimentación sobre pastoreo y suplementación de la dieta .....	34
3.3.5 Consumo de la dieta suplementada .....	35
3.3.6 Evaluación de ganancia de peso vivo y condición corporal.....	35
3.3.7 Evaluación de la calidad de semen .....	36
3.3.8 Determinación de fertilidad .....	40
3.4 VARIABLES DE MEDICIÓN.....	42
3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO. ....	42
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....</b>	<b>44</b>
4.1 CONSUMO DE MATERIA SECA DE SUPLEMENTO. ....	44
4.2 EVALUACIÓN DE GANANCIA DE PESO VIVO .....	45
4.2.1 Ganancia de peso vivo en hembras .....	45
4.2.2 Ganancia de peso vivo en machos.....	46
4.3 EVALUACION DE CONDICION CORPORAL .....	48
4.3.1 Evaluación de condición corporal en hembras .....	48
4.3.2 Evaluación de condición corporal en machos.....	49
4.4 EVALUACION DE LA CALIDAD DE SEMEN.....	50
4.4.1 Evaluación macroscópica .....	50
4.4.2 Evaluación microscópica .....	51
4.5 FERTILIDAD CON EMPADRE NATURAL .....	58
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>61</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>62</b>
<b>VII. REFERENCIAS .....</b>	<b>63</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>71</b>

## INDICE DE FIGURAS

<b>figura 1:</b> Forraje entero .....	77
<b>figura 2:</b> Instalación de comederos .....	77
<b>figura 3:</b> Consumo de suplemento machos.....	77
<b>figura 4:</b> Forraje molido .....	77
<b>figura 5:</b> Suministro de la dieta suplementaria .....	77
<b>figura 6:</b> Consumo de suplemento hembras .....	77
<b>figura 7:</b> Control de peso vivo .....	78
<b>figura 8:</b> Colección de semen pos coital .....	78
<b>figura 9:</b> Evaluación de volumen semen .....	78
<b>figura 10:</b> Empadre natural grupo experimental .....	78
<b>figura 11:</b> Mantenimiento de T. C° del semen .....	78
<b>figura 12:</b> Evaluación de motilidad espermática.....	78
<b>figura 15:</b> Diagnóstico de preñez por ecografía .....	79
<b>figura 16:</b> Evaluacion de la vitalidad espermática .....	79
<b>figura 17:</b> Batería de coloración Diff Quick.....	79
<b>figura 18:</b> Imagen ecográfico vesícula embrionaria.....	79

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Distribución de los animales por tratamiento y sexo. ....	32
Tabla 2: Composición química de: heno de alfafa, avena e ichu (base seca). 33	
Tabla 3. Porcentajes y cantidades de insumos en la dieta suplementada. ....	33
Tabla 4: Distribución de animales por sexo y tipo de alimentación.....	41
Tabla 5: Consumo de materia seca de la dieta suplementada por sexo. ....	44
Tabla 6: Ganancia de peso vivo llamas hembras por tipo de alimento .....	45
Tabla 7: Ganancia de peso vivo llamas machos por tipo de alimento.....	46
Tabla 8: Condición corporal llamas hembras por tipo de alimento.....	48
Tabla 9: Condición corporal llamas machos por tipo de alimento. ....	49
Tabla 10: Volumen de semen (ml) por tipo de alimentación. ....	50
Tabla 11: Motilidad espermática por tipo de alimento %. ....	51
Tabla 12: Concentración espermática por tipo de alimento esp/mm <sup>3</sup> . ....	53
Tabla 13: Vitalidad espermática por tipo de alimento %. ....	55
Tabla 14: Morfología espermática por tipo de alimento %. ....	57
Tabla 15: Fertilidad de llamas con empadre natural, por efecto de tipo de alimento (%). ....	58
Tabla 16: Ganancia de peso vivo en llamas hembras.....	73
Tabla 17: Ganancia de peso vivo en llamas machos .....	73
Tabla 18: Condición corporal en llamas hembras .....	73
Tabla 19: Condición corporal en llamas machos.....	73
Tabla 20: Volumen colectado de semen (ml).....	74
Tabla 21: ANVA. Para consumo de materia seca machos y hembras.....	74
Tabla 22: ANVA para volumen de semen. ....	74
Tabla 23: ANVA para motilidad de semen. ....	74
Tabla 24: ANVA para concentración de semen. ....	75
Tabla 25: ANVA para vitalidad de semen. ....	75
Tabla 26: ANVA para morfología de semen.....	75
Tabla 27: Análisis de fertilidad llamas hembras con X <sup>2</sup> .....	75
Tabla 28: Análisis de fertilidad llamas hembras con X <sup>2</sup> .....	76
Tabla 29: Estimación para X <sup>2</sup> c. ....	76

## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

- BEN:** Balance Energético Negativo
- CC:** Condición corporal
- CS:** Calidad seminal
- CSD:** Camélidos sudamericanos domésticos
- CL:** Cuerpo Lúteo
- DS:** Dieta Suplementada
- EB:** Energía Bruta
- EM:** Energía Metabolizable
- EN:** Empadre Natural
- FSH:** Hormona Folículo Estimulante
- GnRh:** Hormona Liberadora de Gonadotropina
- CMS:** Consumo materia seca
- LH:** Hormona Luteinizante
- NEFA:** Ácidos Grasos no Esterificados
- P4:** Progesterona
- PMm:** Proteína Metabolizable de Mantenimiento
- PMt:** Proteína Metabolizable total
- PN:** Pasto Natural
- PT:** Proteína Total
- GPV:** Ganancia peso vivo

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en CIP. “La Raya” de la Universidad Nacional del Altiplano Puno Perú, a una altitud entre 4136 y 5740 m. Con el objetivo de evaluar el efecto de la suplementación alimenticia con una dieta de 14 % (5.12g en 300g de DS) de proteína total y 2.3 Megacalorías (Mcal/Kg) de energía metabolizable (EM) sobre consumo de materia seca (CMS), calidad de semen (CS), ganancia de peso vivo (GPV), condición corporal (CC), y fertilidad (FER) por empadre natural (EN). El suplemento alimenticio fue a base de Stipa ichu (ichu), heno de Avena sativa (avena), heno de Medicago sativa (alfalfa) y pre-mezclas de vitaminas minerales. Se utilizaron 60 llamas hembras y 8 llamas machos, agrupados en 2 tratamientos: T0, sin suplemento (grupo control) en pasto natural (PN) y T1 con dieta suplementada (DS) más PN, tanto para machos y hembras, la alimentación suplementada fue por 45 días, 3 horas/día. Para la evaluación de CMS, CS, GPV, CC se utilizó prueba t “student” y para FER  $X^2$  ji-cuadrada. El consumo de MS de la dieta suplementada para Llamas hembras y machos fue  $233.56 \pm 43.27$  y  $270.20 \pm 15.60$  g/animal/3h/día ( $p \leq 0.05$ ). La GPV de hembras con DS+PN fue 84.22 g/animal/día y 10.22 g/animal/día en PN muestran diferencia ( $p \leq 0.05$ ), para machos con DS+PN la GPV fue 135.55 g/animal/día y 50 g/animal/día en PN muestran diferencia ( $p \leq 0.05$ ). La CC en llamas hembras con DS+PN fue 3.40 puntos y 3.10 puntos en PN muestran diferencia ( $p \leq 0.05$ ), la CC en machos con DS+PN fue 4.75 puntos y 3.75 puntos en PN muestra diferencia ( $p \leq 0.05$ ). La calidad de semen: volumen, motilidad, concentración espermática y espermatozoides normales, no mostraron diferencia entre DS+PN y PN ( $P \geq 0.05$ ), con diferencia para vitalidad 96.75 % DS+PN y 90.25 % PN ( $p \leq 0.05$ ). La FER en llamas machos y hembras con DS+PN fue 56.67 % y PN fue 53.33 % los mismos que no muestran diferencia entre DS+PN y PN ( $p \geq 0.05$ ). La dieta suplementada incrementa el CMS, GPV y CC.

**Palabras clave:** Llamas, suplementación, empadre natural, fertilidad.

**ABSTRACT**

The present research work was carried out in CIP - La Raya of the National University of the Altiplano Puno Peru, at an altitude between 4136 and 5740 m. The objective was to evaluate the effect of dietary supplementation with a diet of 14% (5.12g in 300g of DS) total protein and 2.3 Megacalories (Mcal/Kg) of metabolizable energy (EM) on dry matter consumption (CMS), semen quality (CS), gain of live weight (GPV), body condition (CC), and fertility (FER) by natural breeding (EN). The food supplement was based on Ichu (*Stipa ichu*), oat hay (*Avena sativa*), alfalfa hay (*Medicago sativa*) and pre-mixed mineral vitamins. 60 female llamas and 8 male llamas were used. They were grouped into 2 treatments: T0, without supplement control group in natural pasture (PN) and T1 with supplemented diet (DS) plus PN, both for males and females, supplementation was for 45 days, 3 hours / day. For the evaluation of CMS, CS, GPV, CC, test "t" student was used and for FER X2 ji-square. MS consumption of the supplemented diet for female and male llamas was  $233.56 \pm 43.27$  and  $270.20 \pm 15.60$  g / animal / 3h / day ( $p \leq 0.05$ ). The GPV of females with DS + PN was 84.22 g / animal / day and 10.22 g / animal / day in PN show difference ( $p \leq 0.05$ ), in males with DS + PN the GPV was 135.55 g / animal / day and 50 g / animal / day in PN show difference ( $p \leq 0.05$ ). The CC in flames females with DS + PN was 3.40 points and 3.10 points in PN show difference ( $p \leq 0.05$ ), the CC in males with DS + PN was 4.75 points and 3.75 points in PN sample difference ( $p \leq 0.05$ ). The quality of semen: volume, motility, sperm concentration and normal sperm showed no difference between DS + PN and PN ( $P \geq 0.05$ ), with difference for vitality 96.75% DS + PN and 90.25% PN ( $p \leq 0.05$ ). The FER in flames males and females with DS + PN was 56.67% and PN was 53.33% the same ones that show no difference between DS + PN and PN ( $p \geq 0.05$ ). The supplemented diet increases the CMS, GPV and CC.

Key words: Llamas, supplementation, natural breeding, fertility.

## I. INTRODUCCIÓN

La crianza de los camélidos sudamericanos domésticos es de importancia en las zonas alto andinas para suplir las necesidades alimenticias y económicas, entre ellos la Llama, constituye una principal fuente de proteína animal para la alimentación y contribuye como un recurso para el sustento económico de las familias alto andinas de nuestra región, además de ser una de las pocas especies animales capaces de vivir en condiciones climáticas adversas de los altos andes donde no es viable la agricultura y la crianza exitosa de otras especies de animales domésticas, la Llama a la vez aprovecha los pastos largos duros y fibrosos de la vegetación nativa de estos ambientes para transformar en carne de alta calidad, con alto valor nutritivo y bajo contenido de colesterol (Bustinza, 2001).

La reproducción es un proceso complejo y fundamental para la sobrevivencia de cualquier especie y una función reproductiva eficiente requiere, entre otros factores, una alta demanda de insumos alimenticios en términos de energía y proteína (Celik *et al.*, 2015).

Las deficiencias nutricionales tienen consecuencias en diversas etapas del ciclo reproductivo, desde un retraso en la pubertad o en el reinicio de la actividad reproductiva post parto; deficiencias en la actividad ovárica, baja conducta de receptividad e interés sexual, así como la producción de gametos con una reducida capacidad fecundante, afectando la sobrevivencia embrionaria e incluso el mantenimiento de la gestación. (Buttler, 2000; Ferguson, 2005).

Los camélidos son considerados como especies de baja tasa de fertilidad en relación a otros mamíferos domésticos debido a que solo el 50% de los servicios

entre machos y hembras fértiles terminan en gestación, las causas de esta baja fertilidad son diversas tales como la alta tasa de mortalidad embrionaria y la debilidad de los tejidos fetales maternos (Fernández Baca *et al.*, 1970). La poca disponibilidad de los pastos y un sobre pastoreo que conlleva a una subnutrición de las hembras que puede impedir la ovulación o la fertilización, incluso aumentar la incidencia de mortalidad embrionaria, el rol de la nutrición en la reproducción sugiere la posibilidad de lograr mejores resultados, con la aplicación de alguna estrategia nutricional sobre los requerimientos proteicos y energéticos (Bondi, 1988). Para suplir los requerimientos se utilizaron los siguientes alimentos, alfalfa para la parte proteica, avena para suplir la energía y ichu para contribuir la fibra, estos forrajes picados mecánicamente con la finalidad de dar un mayor consumo de alimento, mayor digestibilidad, a fin de lograr un incremento en la fertilidad de llamas.

## 1.1. Objetivos de la investigación

### 1.1.1. Objetivo General

- Evaluar el efecto de la suplementación alimenticia proteica en complementación con energía sobre la fertilidad en llamas hembras y machos con empadre natural

### 1.1.2. Objetivos Específicos

- Evaluar el consumo de materia seca de la dieta suplementada entre machos y hembras.
- Evaluar la calidad de semen características macro y microscópicas del semen.
- Determinar la fertilidad en llamas hembras a los 21 días post-empadre natural.
- Evaluar la ganancia de peso vivo y condición corporal de llamas machos y hembras.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 MARCO TEÓRICO

#### 2.1.1 Alimento y requerimiento de nutrientes

Los conocimientos del efecto de la alimentación sobre fertilidad en llamas aún son escasos, sin embargo, estudios similares realizados en otras especies indican resultados que favorecen la reproducción. El alimento es todo material comestible que aporta nutrientes que son necesarios para el mantenimiento del organismo, crecimiento, trabajo, reproducción y producción de los animales (Shimada, 2003). Los requerimientos nutricionales de animales y el aporte de nutrientes del alimento son: energía (glúcidos y lípidos), proteínas (aminoácidos), vitaminas, minerales y agua, los requerimientos de nutrientes dependen de la edad, sexo, especie, estado fisiológico - reproductivo, nivel de producción, crecimiento, desarrollo y manejo en cada sistema de crianza, donde los requerimientos cambian a lo largo del año (NRC, 2007).

#### 2.1.2 Materia seca

Cañas (1995), señala que el consumo de materia seca es la cantidad que animal consume para cubrir sus requerimientos de mantención, cantidad de energía por unidad de peso metabólico que el animal debe consumir para tener un balance de energía igual a cero.

San Martín (1991), el nivel de consumo de alimento en materia seca expresado en kg es de 1,8 % de peso vivo en alpacas y del 2 % en llamas en lo que expresado en relación al peso metabólico de los camélidos sería entre 35 a 38 gramos de materia seca por  $\text{kgW}^{0.75}$ , existe mayor

consumo de materia seca en época de estiaje, por la capacidad de los camélidos sudamericanos de incrementar su capacidad gástrica en respuesta al consumo de pastos de baja calidad.

Miranda (2000), menciona que, en estudios realizados con Avena, Alfalfa y *Dactylis* en alpacas se obtuvo que el consumo de materia seca para nivel de mantenimiento fue de 534 g/día y para el nivel ad libitum fue de 777 g/día, estos datos expresados en relación al peso metabólico varían, desde  $34.5 \text{ g/W}^{0.75}$  para el nivel de mantenimiento y hasta  $44.2 \text{ g/W}^{0.75}$  para el nivel ad libitum. La madurez del forraje también tiene efecto sobre el consumo voluntario de materia seca por animal. Esto es debido a que la FDN, que aumenta en relación a la madurez de la planta, es más difícil de digerir limitando el consumo por el llenado del rumen (Oba y Allen, 1998). Al respecto (Kraim y Majdoub, 1997), encontraron diferencia significativa en el consumo de forraje de avena cosechado en estado masoso vs madurez (1.40 y 1.34 kg/d).

### **2.1.3 Proteína y energía en la reproducción**

#### **2.1.3.1 Proteínas**

El efecto de la proteína de la ración en la reproducción de Llamas es complejo. En primer lugar, las percepciones sugieren que tienen un bajo requerimiento de proteína; sin embargo, una cuidadosa evaluación de las necesidades de energía y proteínas muestra un mayor requerimiento sobre una base calórica (Van Saun, 2006). En los rumiantes, la concentración de BUN (Blood urea nitrogen) refleja el nivel de proteína de la dieta. Las dietas bajas en proteínas resultan bajas en BUN, mientras está asociado con dietas altas en proteínas

o la degradación de proteínas en exceso. Concentraciones más altas de BUN en camélidos sugieren que están siendo sobrealimentados con proteína en relación con los requerimientos (Van Saun, 2006). Se ha planteado la hipótesis de que los camélidos metabolizan aminoácidos para apoyar su estado de glucosa en la sangre, lo que explica las concentraciones de BUN son más altas (Van Saun, 2006).

En la reproducción de ganado lechero, las concentraciones de BUN elevadas se ha asociado negativamente con las tasas de fertilidad reducidas y aumento de la muerte embrionaria temprana (Butler, 2000). Las teorías actuales sugieren un efecto negativo de amoniaco directamente en el desarrollo embrionario (Sinclair *et al.*, 2000). O una alteración del ambiente uterino mediante la escisión de la urea (Elrod and Butler, 1993). Estas observaciones pueden ayudar a explicar la mayor prevalencia de muerte embrionaria temprana y repetir el empadre en camélidos. La concentración de BUN superior también puede exacerbar el balance energético negativo (BEN), ya que se requiere energía para biosíntesis de urea para excretar el exceso de nitrógeno (Roche, 2006). Este efecto puede resultar el BEN estando alterada la respuesta inmune, o un efecto directo de urea promueve condiciones de crecimiento bacteriano en el lumen uterino. Teniendo en cuenta estos problemas potenciales, en camélidos pueden ser inherentemente más susceptibles a infecciones uterinas como resultado de sus adaptaciones fisiológicas para las concentraciones de BUN más altas. Alimentar con dietas

altas en proteínas también aumentará las concentraciones de BUN y pueden contribuir aún más al problema. Es evidente que se necesita más información sobre las necesidades de proteínas de los camélidos y sus posibles efectos sobre el medio ambiente uterino (Roche, 2006).

### 2.1.3.2 Requerimiento proteico

El primer trabajo de requerimiento de proteína cruda digestible de mantenimiento ( $PCD_m$ ) en alpaca fue realizado por (Huasasquiche, 1974), mediante el balance de nitrógeno (BN), determinó el requerimiento de nitrógeno digerible y proteína digerible para mantenimiento fue de 0.38 y 2.38 g/PV<sup>0.75</sup> respectivamente. Recientemente, (Bautista, 2009) determinó los requerimientos de proteína cruda de mantenimiento ( $PC_m$ ) de 3.10 g/kg W<sup>0.75</sup> y el requerimiento de proteína cruda ( $PC_g$ ) de ganancia o de crecimiento de 0.40 g/g GW (ganancia de peso vivo), para las alpacas de raza Huacaya de 1.5 años de edad, alimentadas con heno de avena y heno de alfalfa.

Las alpacas requieren proteínas para el recambio y renovación de biomoléculas proteicas como enzimas, hormonas anticuerpos del sistema inmune y otros como receptores y para la renovación constante de estructuras y tejidos durante el crecimiento y desarrollo de animales. El requerimiento total de Proteína Metabolizable ( $PM_t$ ) es la sumatoria de proteína metabolizable de mantenimiento ( $PM_m$ ) y proteína metabolizable de ganancia ( $PM_g$ ) los resultados de los requerimientos de  $PM_m$  fueron: 36.89 g/d y 2.29 g/kgW<sup>0.75</sup>,  $PM_g$ :

10.65 g/d y 0.23 g/gGW y el PMt: 47.54 g/d y 2.92 g/kgW<sup>0.75</sup> (Bautista, 2015).

La relación de energía y proteína será constante, en consideración a que el requerimiento de proteína está en relación directa al requerimiento de energía, a fin de mantener la estabilidad de los metabolitos sanguíneos, tales como los ácidos grasos no esterificados (NEFA),  $\beta$ -hidroxibutirato, nitrógeno ureico sanguíneo y glucosa (Robinson *et al.*, 2005).

### 2.1.3.3 Requerimiento energético

El estado de la energía ha sido la entidad nutricional más intensamente estudiado en relación con el desempeño reproductivo. Ambos extremos de estado de energía, reconocida como la condición corporal delgada u obesa, afectan negativamente el ciclo de la fertilidad, de la pubertad y a la ciclicidad posparto. Un amplio sistema de alimentación pastoral basada en forrajes nativos es alimentación tradicional (Sumar, 2007).

Después del parto, ocurre un rápido incremento de los requerimientos energéticos para atender las funciones productivas, resultando un balance energético negativo, el cual está asociado con la longitud del periodo anovulatorio posparto a través de la atenuación de la frecuencia del pulso hormona luteinizante (LH) y los bajos niveles de glucosa sanguínea, insulina y factor de crecimiento insulínico I (IGF-I) que colectivamente limitan la producción de estrógenos por el folículo dominante (Butler, 2003).

Su capacidad para la alimentación selectiva y utilizar forrajes de baja calidad permite de manera más eficiente en llamas y alpacas para sobrevivir y prosperar en estas condiciones aparentemente duras. Potencialmente pueden recibir forrajes de alta o de baja calidad durante todo el año, con la disponibilidad limitado por condiciones esporádicas de sequías (Van Saun, 2006).

#### **2.1.4 Balance energético negativo**

Después del parto, la demanda de energía (glucosa) del animal supera el consumo de energía en el alimento, resultando el balance energético negativo. El BEN desencadena un conjunto de cambios en el animal, con efectos en la reproducción. Uno de los efectos del BEN es el largo período anovulatorio posparto a través de la atenuación de la frecuencia de pulso sobre la LH, la disminución y los bajos niveles de glucosa sanguínea, insulina y IGF-I que colectivamente limitan la producción de estrógenos por el folículo dominante (Butler, 2003). Dentro del aspecto nutricional la deficiencia de energía en la ración es uno de los factores que tiene gran importancia porque esta deficiencia conlleva a un Balance Energético Negativo, ya que el animal se ve obligado a movilizar reservas (Contreras, 1998)

Los estudios en vacas lecheras indican que el período de transición se caracteriza por una deficiencia de glucosa que conduce al balance energético negativo y movilización de grasa corporal en forma de ácidos grasos no esterificados y cuerpos cetónicos, siendo el ovocito la estructura que más sufre las consecuencias de esos cambios (Butler *et al.*, 2006). La deficiencia de glucosa pone en peligro la competencia de

desarrollo del ovocito, reduce la escisión y el desarrollo del embrión a blastocisto (Leroy *et al.*, 2006),

El incremento de las concentraciones de ácidos grasos no esterificados (NEFA) ocasiona cambios en el microambiente del folículo ovárico, con efectos negativos y perjudiciales sobre el ovocito, la granulosa y las células inmunológicas (Bisinotto *et al.*, 2012). Los estudios en vacas lecheras han mostrado que la actividad ovárica depende del balance de energía. El balance energético negativo influye en la ovulación del folículo dominante, suprime la secreción pulsátil de LH, disminuye la respuesta ovárica al estímulo LH, disminuye la secreción de estradiol por el folículo dominante, incrementa la concentración plasmática de NEFA está asociado con la baja fertilidad (Garnsworthy *et al.*, 2008).

Varios estudios han demostrado que el alto valor genético, el balance energético negativo, la movilización de la grasa corporal y bajo nivel de insulina en el plasma están asociados con retraso a la primera ovulación pos parto y una reducción de las tasas de preñez (Garnsworthy, 2007).

## **2.1.5 Fisiología reproductiva en llamas**

### **2.1.5.1 Fisiología reproductiva en el macho**

#### **2.1.5.1.1 Espermatogénesis**

Los estudios de espermatogénesis en fisiología reproductiva en llamas son escasos, solo existe en la mayoría de los casos en alpacas. La espermatogénesis es el proceso por el cual se forman los espermatozoides en los túbulos seminíferos del testículo (Sorensen, 1982). Estudiando cortes histológicos en alpacas

machos prepuberres, señalan que, en promedio, los primeros espermatozoides se observan a los 18 meses edad (Novoa, 1991).

La espermatogénesis comprende tres fases: la espermatocitogénesis, fase en la cual las células germinales primordiales se convierten en espermátides, la espermiogénesis, fase en la cual las espermátides redondas se transforman en espermatozoides y la espermiación, es la liberación de las células germinales al interior de los túbulos seminíferos (Sorensen, 1982; Hafez, 1989). La duración de la espermatogénesis; un ciclo completo de espermatogénesis es determinado por el tiempo de los estadios llamados “ciclos del epitelio seminífero”, el tiempo necesario para completar un ciclo del epitelio seminífero varía según las diferentes especies domesticas: cerca de 9 días en el verraco, 10 días en el carnero, 12 días en el garañón y 14 días en el toro. Según la especie, se requieren de cuatro a cinco ciclos del epitelio seminífero antes de la espermatogonia tipo A del primer ciclo haya completado la metamorfosis de la espermiogénesis, aunque hay diferencias de velocidad de espermatogénesis el proceso es uniforme en cada especie (Galina y col., 1995; Hafez, 1989).

### **2.1.5.2 Fisiología reproductiva de la hembra**

#### **2.1.5.2.1 Comportamiento sexual de la hembra**

La conducta sexual de las llamas y alpacas es muy típica y muy especial cuando se juntan machos y hembras en el empadre.

Los machos comienzan el cortejo trotando detrás de las hembras

al azar. Si la hembra está en celo permitirá que el macho la monte y tomará la posición de cubito-ventral para el apareamiento (Huanca, 1993).

Los camélidos domésticos, al ser especies de ovulación inducida no presentan ciclos estrales definidos, no obstante, existen periodos de receptividad sexual. Estos periodos son bastante prolongados durante la época de apareamiento y en ausencia de machos pueden durar hasta los 36 días presentando breves interrupciones que no sobrepasan de 2 días (Novoa, 1989). Uno de los problemas más frecuentes se debería a ondas foliculares continuas de larga duración con presencia aparente de un folículo estrogénico y su consiguiente secreción de estrógenos, (Novoa, 1989; Fernández Baca, 1993).

La receptividad sexual no siempre está asociada con la presencia de un folículo dominante (Sumar, 1993), mientras que la no receptividad es una característica diferencial entre hembras preñadas y vacías; puesto que se considera que dentro de los 18 a 20 días posteriores a la monta, cuando la receptividad no está presente es debido a la preñez, por el efecto inhibitorio de la progesterona (Fernández Baca, 1971).

#### **2.1.5.2.2 Folículo ovárico**

El folículo es la unidad estructural y funcional de los ovarios. La foliculogénesis, se define como el proceso de formación, crecimiento y diferenciación folicular. Abarca desde el estadio de

folículo primordial hasta el de folículo pre-ovulatorio (Gigle *et al.*, 2006).

Los folículos se clasifican en primordiales, primarios, secundarios y terciarios de acuerdo a las características histológicas de las células de la granulosa que rodean al ovocito y al grado de maduración del mismo. Durante la vida fetal se produce la diferenciación de los folículos primordiales. Algunos folículos comienzan a diferenciarse en primarios y secundarios debido a que la primera activación folicular es en principio gonadotrófica independiente. La activación de los folículos terciarios ocurre en forma de ondas y es gonadotrófica dependiente. Varios folículos comienzan a crecer simultáneamente hasta que uno de ellos se diferencia en dominante y otros se atresian (Gigle y Russo, 2006).

#### **2.1.5.2.3 Ovulación**

Los camélidos sudamericanos domesticos (CSD) son clasificados dentro de la categoría de animales conocidos como “ovuladores inducidos o reflejos” (San Martín *et al.*, 1968). La ovulación ha sido descrita como un evento ocurrido como consecuencia de la cópula en la alpaca (Fernández-Baca *et al.*, 1970) y en la llama (England *et al.*, 1969). Los CSD presentan ovulación refleja o inducida por el apareamiento. Un único apareamiento por un macho intacto o vasectomizado es suficiente para inducir la ovulación, ocurriendo a los 1,8 días (Adams *et al.*, 1989) o a las  $34,2 \pm 12,8$  hs después de la cópula (Aller y Albelirio, 1996). Hay un aumento en la LH 15

minutos después del comienzo de la cópula, seguido por un pico a las 2 hs y un retorno a niveles basales a las 72 hs (Bravo *et al.*, 1990). La ovulación en los CSD es dependiente de la liberación de LH en respuesta a la cópula y es común que las hembras reciban más de un servicio natural en 24 hs. (Bravo *et al.*, 1990)

Las alpacas presentan ovulación inducida por la monta del macho y un factor de inducción de ovulación en el plasma seminal del macho (England y col, 1968). La ruptura folicular (ovulación), ocurre alrededor de las 26 horas después de la monta, la falla en la respuesta ovulatoria pos monta, alcanza un valor de 20% en hembras multíparas, y un 74% en hembras juveniles (35kg de peso) y un 33% no ovulan en períodos de lactación (Bravo y Sumar 1989). En ausencia del macho, las alpacas hembras pueden permanecer en estro hasta más de 30 a 40 días, con periodos ocasionales de anestro que no suelen durar más de 48 horas (Novoa, 1998). También se sabe que algunas alpacas pueden ovular sin el estímulo coital, cuando han estado inicialmente aisladas del macho y que, al ser expuestas a un macho sin permitir la intromisión del pene, se observó hasta un 5% de ovulaciones llamadas espontáneas (Sumar, 1983). Para la inducción de ovulación en alpacas también se utilizó hormonas, logrando inducir la ovulación con 1 mg de LH y también con el uso de GnRH en una dosis de 4 a 8 ug para provocar el estímulo adecuado para la ovulación (Hafez, 2002).

#### 2.1.5.2.4 Fertilidad

La estimación de la fertilidad se hace en base a los animales empadrados o inseminados y los animales fecundados, datos que se puede expresar porcentualmente. La fertilidad de un hato se evalúa en términos de porcentajes de hembras preñadas y el tamaño de las camadas. Estos parámetros aumentan durante algunos años después de la pubertad, alcanzando un máximo y luego disminuye lentamente, (Hafez, 2005).

Estudios hechos en alpacas por (Bravo *et al.*, 1996) han demostrado que luego de la cópula, los espermatozoides permanecen en los cuernos uterinos las primeras 12 horas; luego, más del 90% avanza hacia los oviductos, específicamente a la unión útero-tubal y el istmo, siendo la concentración máxima a las 18 horas. Los mismos autores describieron el desarrollo del embrión después de la fecundación en alpacas, observando que el día 4 pos monta el óvulo fecundado aparece en estadio de mórula con 4-8 blastómeros en el oviducto, al día 7 aparece como una mórula compacta todavía en el oviducto y al día 10 el embrión ya se encuentra en el cuerno uterino y de mayor tamaño.

#### 2.1.5.3 Método de diagnóstico de gestación

##### 2.1.5.3.1 Ultrasonido o Ecografía

La introducción de tecnologías modernas en reproducción animal, como la ultrasonografía, ha permitido mejorar sustancialmente los índices de eficiencia reproductiva en

diversas especies domésticas. Los principales avances introducidos por la ultrasonografía, que han tenido impacto sobre la eficiencia reproductiva, son: reconocimiento de la calidad estructural y funcional de las gónadas y tracto reproductivo en muchas especies domésticas con la ultrasonografía transrectal se ha estudiado en camélidos sudamericanos eventos reproductivos tales como el desarrollo de los folículos ováricos, la ovulación, el desarrollo y regresión del CL, la preñez temprana y mortalidad embrionaria, entre otros (Bourke *et al.*, 1992).

La ecografía es el más fiable de los métodos de diagnóstico de la preñez. El diagnóstico precoz y exacto de la gestación es importante para un manejo efectivo de la reproducción. Una ecografía devuelve una "imagen" de los órganos internos y cualquier feto que pueda estar presente. La ecografía transrectal se puede realizar desde 15 a 20 días después del servicio; sin embargo, los operadores muy calificados pueden ser capaces de detectar gestaciones desde los 7-9 días utilizando esta técnica. La ecografía transabdominal puede detectar la preñez desde los 40 días pos servicio (Bustinza, 2001). En alpacas el método del ultrasonido revela una seguridad del 89% a partir de los 70 días de gestación hasta los 110 días (Alarcón *et al.*, 1989) y de 92% a los 80 días (Ampuero *et al.*, 1989); por el método de la ecografía con un transductor de 5 MHz se puede encontrar la vesícula

embrionaria desde el día 17 y la presencia del embrión desde el día 30 (Cárdenas *et al.*, 2003).

### **2.1.6 Peso vivo**

La ganancia de peso es el incremento de peso diario de un animal vivo de acuerdo a sus necesidades biológicas. Bustinza y Avila (1979), indican en que el aumento de peso vivo en alpacas con respecto a la edad es marcado en los primeros años de vida del animal hasta los tres años de edad, esto se debe al desarrollo rápido que se produce por su mayor metabolismo del animal en el primer año sobre todo y que a partir de los 4 años los incrementos son lentos. Blanco (1980), menciona que los incrementos de peso vivo y vellón en alpacas en pastos naturales con relación a las edades describen una curva de forma cuadrática es decir muestran un incremento de peso vivo ascendente y rápido en los primeros años hasta los tres años.

El nivel nutricional es una variable compleja que se encuentra asociada al suministro de alimento e ingestión del mismo, peso vivo del animal, y a la relación peso/alzada; por ese motivo es necesario considerar un elemento de referencia abarcativo de los anteriores y de uso viable por su relación con el comportamiento productivo del animal. (Frasinelli *et al.*, 2004).

### **2.1.7 Condición corporal**

La condición corporal es una evaluación subjetiva, que permite evaluar las reservas corporales, referido a la cantidad de energía almacenada en forma de grasa y músculo que un animal posee en un momento dado y por tanto indirectamente nos puede indicar la condición nutricional del animal mediante una apreciación táctil y visual, en forma barata y sencilla. Los

cambios en la CC constituyen una guía confiable y práctica (más que el peso corporal) para establecer el estado nutricional (Frasinelli *et al.*, 2004).

De acuerdo a recomendaciones de Australian Alpaca Association (2008) y Cooper (2008), la evaluación de la condición corporal en alpacas se debe realizar mediante la palpación en el área de las vértebras lumbares de la alpaca, tomando como base anatómica de referencia la apófisis espinosa de la columna vertebral, cerca de las últimas costillas; de este modo, mediante la utilización de los dedos se puede hacer una apreciación de la masa del músculo (cada valoración no debe tomar más de 5 segundos aproximadamente considerando puntajes) en un rango de 1 a 5 donde 1 es un animal caquéctico (muy delgado) y 5 es un animal obeso sin embargo, Bavera y Peñafort (2005), Frasinelli *et al.*, (2004), Campos *et al.*, (2001), centran el reconocimiento y la observación, sobre cuatro áreas principales, en las que se determina la masa muscular y la cobertura de grasa:

- 1) Región del lomo (entre el hueso de la cadera y la última costilla), incluyendo a las apófisis espinosas y a las apófisis transversas de las vértebras lumbares.
- 2) Región de la inserción de la cola.
- 3) Región del flanco, que cubre desde la décima a la décimo-tercera costilla (esta medición sólo se efectúa cuando es necesario determinar con precisión medios-puntos).
- 4) Región de la cadera, región de observación más importante

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 MEDIO EXPERIMENTAL

##### 3.1.1 Ubicación

El presente estudio de investigación se realizó durante la época lluviosa (enero a marzo) en el Centro de Investigación y Producción (CIP) “La Raya” dependencia de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional del Altiplano, ubicado en la jurisdicción del distrito de Santa Rosa, provincia de Melgar, región Puno, localizado entre las coordenadas geográficas de 14°30’33” de Latitud Sur y a 70°57’12” Longitud Oeste. Se encuentra a una altura entre 4136 y 5470 m.s.n.m. en el kilómetro 205 de la carretera Puno-Cusco. Con una hidrografía que da origen a la cuenca del río Santa, presenta una topografía accidentada, presenta laderas con fuertes pendientes susceptibles a erosión pluvial y eólica, con un tipo de vegetación natural, conformada por gramíneas, ciperáceas, juncáceas y leguminosas. (Holgado V. 1975)

Las muestras de semen fueron evaluadas en el Laboratorio del Centro de Investigación y Producción “La Raya” de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional del Altiplano.

El análisis de la concentración de proteína total y energía bruta de los insumos alimenticios (suplementación) se realizó en el Laboratorio de Nutrición de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional del Altiplano.

### **3.1.2 Instalaciones**

El CIP “La Raya” cuenta con instalaciones como, un laboratorio, paneles metálicos, corrales de aparto, mangas, comederos, bebederos, potreros para la alimentación y manejo de las unidades experimentales.

## **3.2 MATERIAL EXPERIMENTAL**

### **3.2.1 Animales**

Se utilizaron 8 llamas machos adultos y 60 hembras en edad reproductiva.

### **3.2.2 Forrajes - insumos**

Heno de alfalfa, heno de avena, ichu y pre-mezcla de vitaminas-minerales

### **3.2.3 Materiales y equipos**

#### **3.2.3.1 Para picado de forraje**

- Molino para picado de forraje Trapp TRF-800.
- Sacos
- Mantas

#### **3.2.3.2 Para registro de peso vivo**

- Balanza de capacidad de 200 kg para el pesado de los animales para determinar el peso vivo.

#### **3.2.3.3 Para colección de semen**

- Espéculo vaginal
- Proctoscopio adaptado
- Fuente de luz
- Tubos falcón para colección de semen

#### **3.2.3.4 Para evaluación de semen**

- Láminas porta objetos
- Láminas cubre objetos

- Micro pipetas
- Jeringas de 5 y 10 ml
- Cámara Newbauer
- Papel toalla
- Tips
- Gradilla
- Tubos de ensayo
- Microscopio
- Baño maría

#### **3.2.3.5 Reactivos**

- Colorante Eosina-Nigrosina
- Azul de metileno
- Cloruro de sodio (Cl Na) 9%
- Fijador de coloración diff Quick

#### **3.2.3.6 Para ecografía**

- Mesa
- Jeringa 10 ml
- Vaso
- Gel
- Ecógrafo ALOKA SSD 500 transductor transrectal de 5 MHz.

### **3.3 METODOLOGÍA**

#### **3.3.1 Distribución animales**

Se seleccionaron al azar 8 llamas machos reproductores, luego se destinaron 4 machos para una alimentación suplementada más pasto natural y otros 4 fueron alimentados sobre pastos naturales.

Se utilizaron 60 llamas hembras distribuidas en dos grupos de 30, un primer grupo alimentadas con dieta suplementada más pasto natural y el otro grupo mantenidas sobre pastos naturales, los animales tanto machos y hembras fueron desparasitados antes del estudio experimental.

**Tabla 1:** Distribución de los animales por tratamiento y sexo.

TRATAMIENTO SEXO	T0 Pasto natural (PN)	T1 Dieta suplementada + PN	TOTAL
MACHOS	4	4	8
HEMBRAS	30	30	60
TOTAL	34	34	68

Control (T0) = Llamas con alimentación sobre pastos naturales (PN);  
 Tratamiento (T1) = Llamas con dieta suplementada (DS) con 14 % (5.12g en 300g de DS) de proteína total y 2.3 Mcal/Kg EM más alimentación sobre pastos naturales.

### 3.3.2 Alimentos

La dieta suplementada fue elaborada en base a heno de Avena sativa (avena) y heno de Medicago sativa (alfafa), Stipa ichu (ichu), procesados mecánicamente con un molino picador de forraje Trapp TRF-800 a 12mm Ø de sarande.

Para el análisis químico del alimento se tomó como referencia los métodos oficiales de la AOAC (2005), obteniéndose resultados que muestran en la tabla 2, y con el procedimiento según anexo 1 para la determinación de Energía Bruta y Energía Metabolizable.

**Tabla 2:** Composición química de: heno de alfafa, avena e ichu (base seca).

Forrajes	MS %	PT %	EB Mcal/kg	EM Mcal/kg
Heno de alfafa	98.45	16.25	4.29	2.34
Heno de avena	98.22	5.25	4.12	2.25
Paja de ichu	97.70	3.33	4.41	2.41
Min - Vit.	98.50	-	-	-

El cálculo de la dieta suplementada fue realizado en base a la composición química de los forrajes (Tabla 2), llevado a cabo en el laboratorio de nutrición de la Facultad de Medicina veterinaria y Zootecnia UNA – Puno. Y para la preparación de la dieta suplementada, se utilizaron proporciones (%) y cantidades adecuadas, así como se muestra en la tabla 3, mediante trabajos precisos de pesado de las cantidades de forrajes (insumos picados) luego mezclados manualmente, siendo embolsados para su almacenamiento, siendo utilizados de acuerdo a la planificación de necesidades en el trabajo.

**Tabla 3.** Porcentajes y cantidades de insumos en la dieta suplementada.

Forrajes insumo	-	Mezcla %	PT %	EB Mcal/Kg	EM Mcal/Kg
Alfalfa heno		80	13.06	3.43	1.87
Avena heno		16	0.84	0.66	0.36
Ichu paja		3	0.10	0.13	0.07
Min - Vit.		1	-	-	-
Total		100.0	14	4.22	2.3

PT = Proteína total, EB = Energía bruta, EM = Energía metabolizable en Megacalorías (Mcal). (Laboratorio nutrición de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia UNA – Puno).

### **3.3.3 Acostumbramiento de animales a la dieta suplementada**

El acostumbramiento se realizó por el periodo de 7 días, proporcionando 300g/llama de la dieta suplementada colocándose en los comederos correspondientes para su consumo entre 6:00 am a 9:00 am.

En los primeros días los animales consumieron lo mínimo probablemente debido a una alimentación diferente, luego a medida que pasaron los días se fueron acostumbrando al consumo de la dieta suplementada.

### **3.3.4 Alimentación sobre pastoreo y suplementación de la dieta**

Los animales del grupo control (T0) compuesto de 4 machos y 30 hembras fueron alimentados sobre pastos naturales en el horario normal de (7am – 17pm). y los animales del grupo (T1) de otros 4 machos y 30 hembras fueron alimentadas con dieta suplementada (14 %, (5.12g en 300g de DS) de proteína total y 2.3 Mcal de energía metabolizable EM/día) primeras horas de la mañana, luego llevados sobre pastos naturales por el resto del día (17pm horas) momento de encierro en los dormideros.

La dieta suplementada fue suministrada en la cantidad de 3 Kg por comedero para 10 llamas hembras, lo que es equivalente a 300 g/llama, desde las 6.00 am a 9.00 am horas del día, con la separación previa de las crías en la puerta de los corrales.

La dieta suplementada para machos fue suministrada en forma individual en la cantidad de 300g/llama en la misma hora que para hembras, luego sometidos a pastoreo natural separado de las hembras.

La suplementación de la dieta fue suministrada por el periodo de 45 días, luego se procedió con el empadre natural.

### 3.3.5 Consumo de la dieta suplementada

Se determinó en todos los animales experimentales, por diferencia entre el alimento ofrecido y rechazado, al final de la suplementación alimentaria, luego acorde a pastoreo natural con adecuación al sistema de manejo del CIP “La Raya”.

El período de medición (consumo de dieta) tuvo una duración de 45 días. Con la determinación de: materia seca ofrecida (MSO), materia seca rechazada (MSR). Para la determinación de la ingestión de materia seca (IMS), se utilizó las fórmulas propuestas por (Burns *et al.*, 1994).

$$\text{IMS, kg/d} = \text{MSO} - \text{MSR}$$

Los resultados se expresaron como consumo diario de materia seca en gramos por animal (g/animal/d).

### 3.3.6 Evaluación de ganancia de peso vivo y condición corporal

La “Ganancia de Peso Corporal” se determinó a través de la medición del peso corporal: al inicio (día 0) y final de la fase de alimentación (45días), mediante una balanza digital en los dos grupos (control y experimental).

La evaluación de la “Condición Corporal” se realizó mediante palpación en el área de las vértebras lumbares de la llama, tomando como base anatómica de referencia la apófisis espinosa de la columna vertebral, cerca de las últimas costillas mediante la escala de evaluación de 1 a 5 puntos (Cooper, 2008). Del mismo modo la evaluación se realizó al inicio y al final de la fase experimental.

### **3.3.7 Evaluación de la calidad de semen**

La evaluación de la calidad de semen se realizó al inicio y final (45 días) de la suplementación alimenticia en ambos grupos experimentales.

#### **3.3.7.1 Colección de semen por reflujo vaginal pos cópula:**

La metodología seguida para la colección de semen según (Neely y Bravo, 1998) comprende los siguientes pasos:

- Para la colección de semen fue necesario que el macho realice la monta hasta su culminación.
- Culminada la monta inmediatamente fue introducido vía vaginal un espéculo debiendo alcanzar hasta la cérvix, simultáneamente fue levantada la parte anterior (tren anterior) de la hembra a una altura adecuada de tal manera que pueda bajar por gravedad el semen hacia el tubo colector previamente calentado a temperatura adecuada de 35°C.
- Luego el semen fue llevado hacia el microscopio para su evaluación.

### 3.3.7.2 Evaluación macroscópica

#### 3.3.7.2.1 Volumen

- La cantidad de volumen de semen colectado se determinó a la lectura del tubo colector graduado. Cabe indicar que el volumen de semen es variable entre colecciones en el mismo animal ya que el semen contiene flujo vaginal en gran proporción considerado como un volumen relativo.

#### 3.3.7.2.2 Color

- El color se evaluó a la observación directa en el tubo colector en el que fue colectado el semen, su evaluación es relativo.

### 3.3.7.3 Evaluación microscópica

#### 3.3.7.3.1 Motilidad individual

La determinación de la motilidad se realizó inmediata a la colección del semen, con el procedimiento siguiente:

- Se colocó una gota de semen en una lámina portaobjetos, luego se cubrió con una lámina cubreobjetos (ambas precalentadas a 37 °C).
- Se examinó primero a un aumento de 10X y luego a 40X en tres campos como mínimo y se contabilizaron los espermatozoides motiles y a los que no presentaron movimiento hasta un número de 100 espermatozoides.
- Una vez concluida la lectura, se determinó el porcentaje de motilidad individual a través de la fórmula siguiente:

$$MI = \frac{n}{N} \times 100$$

MI = % motilidad individual.

n = Número de espermatozoides motiles.

N = Número total de espermatozoides.

### 3.3.7.3.2 Concentración

La concentración espermática fue evaluada de la siguiente manera:

- Con micro pipeta automática, se aspiró 990µl CINA al 9%, y se vaciaron a los tubos de ensayo.
- De la misma forma, se aspiró 10µl de semen, para colocar en tubos de ensayo con CINA al 9%.
- Se dejó en reposo durante 5 minutos.
- Posteriormente fue homogenizado y se aspiró 10µl de mezcla.
- Luego se dejó caer una gota en cada extremo de la cámara de Neubauer, estas gotas por capilaridad cubrieron el área determinada de la cámara.
- Se dejó reposar de 3 a 4 minutos antes de proceder con el recuento, en 5 de los 25 cuadrantes. El número de espermatozoides contadas fue multiplicado por el factor 10 000 para denotar el número de espermatozoides por mm<sup>3</sup>, aplicando la siguiente fórmula:

$$C = \frac{CI + CII}{2} \times 10,000$$

C = Concentración

CI = Total de la cámara 1

CII = Total de la cámara 2

### 3.3.7.3.3 Vitalidad

La vitalidad espermática se determinó por la técnica Eosina – Nigrosina

- Una gota de semen fue mezclada con una gota de colorante sobre una lámina portaobjetos precalentada a 37 °C y luego se dejó reposar por 15 segundos.
- Pasado ese tiempo se realizó el frotis utilizando una lámina portaobjetos limpio colocando a un ángulo de 45 ° y se arrastró hacia adelante.
- Luego del secado se procedió a realizar la lectura de la lámina contando 100 espermatozoides para determinar el porcentaje de espermatozoides vivos y muertos a través de la siguiente fórmula:

$$\% V = \frac{n}{N} \times 100$$

%V = % de espermatozoides vivos

n = Número de espermatozoides vivos

N = Número total de espermatozoides

### 3.3.7.3.4 Anormalidades

Para determinar las anormalidades se utilizó la coloración Diff Quick, siendo el procedimiento de la siguiente manera:

- Se utilizó la misma lámina lecturada para la característica de motilidad (se realizó el frotis sin coloración inmediata a la evaluación).
- La lámina fue colocada en el fijador 1, durante 30 seg.
- Seguidamente fue colocada en la coloración Eosina, durante 30 seg.
- Luego fue sometida a la coloración Nigrosina, durante 30 seg.
- Finalmente se dejó secar durante 5 a 10 minutos y se realizó el conteo de los espermatozoides con anormalidades y según la siguiente fórmula:

$$\%X = \frac{n \times 100}{N}$$

X = % de anormalidades

n = Número de espermatozoides anormales

N = Número total de espermatozoides

### 3.3.8 Determinación de fertilidad

#### 3.3.8.1 Distribución de animales para empadre natural

Los animales fueron distribuidos según la tabla 4.

**Tabla 4:** Distribución de animales por sexo y tipo de alimentación

sexo	PN	DS + PN
machos	4	4
hembras	30	30

PN = Pasto natural

DS + PN = Dieta suplementada más pasto natural

### 3.3.8.2 Manejo de empadre

Culminado los 45 días de alimentación las llamas con dieta suplementada fueron sometidos al empadre natural, los machos copularon en forma interdiaria registrando su respectiva identificación tanto del macho y de la hembra por todo el periodo que duro la campaña de empadre natural.

### 3.3.8.3 Diagnóstico de la fertilidad

La fertilidad fue evaluada en ambos grupos de animales con y sin dieta suplementada, a los 21 días pos empadre natural, para esta actividad las llamas hembras fueron llevadas a un corral para su evaluación de la fertilidad con el uso de un ecógrafo (transductor lineal de 5MHZ).

Con ecografía se determinó la presencia de vesícula embrionaria con lo cual se confirmó la fertilidad de la hembra y en las hembras que no se observaron la presencia de vesícula embrionaria se consideró como vacía.

Luego se determinó la fertilidad con la siguiente fórmula:

$$\text{FER} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de llamas fértiles}}{\text{N}^{\circ} \text{ de llamas empadradas}} \times 100\%$$

### 3.4 VARIABLES DE MEDICIÓN

- consumo de materia seca, ganancia de peso vivo y condición corporal.
- Características seminales (volumen, motilidad, concentración espermática, vitalidad espermática, y anomalías espermáticas).
- Fertilidad a los 21 días después del empadre natural.

### 3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

La interpretación de los resultados de consumo de materia seca (g/día), ganancia de peso vivo (g/día), condición corporal (1-5 puntos), volumen de semen (ml), concentración (espr./mm<sup>3</sup>), Motilidad (%), vitalidad (%) y morfología espermática (%) estos últimos variables porcentuales fueron transformados a valores decimales. Las cuales se analizaron mediante la prueba “t” (student) con  $\alpha=0.05$  con la utilización de la fórmula siguiente:

$$t_c = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

Dónde:

$\bar{X}_1$  : Promedio del grupo N° 1

$\bar{X}_2$  : Promedio del grupo N° 2

$S_1$  : Desviación estándar del grupo N° 1

$S_2$  : Desviación estándar del grupo N° 2

$n_1$  : Número de muestra del grupo N° 1

$n_2$  : Número de muestra del grupo N° 2

Los datos de la variable fertilidad fueron procesados mediante la prueba estadística de “Ji – cuadrado”  $\alpha=0.05$ , cuya fórmula fue el siguiente:

$$\chi^2 = \sum \sum \frac{(o_{ij} - e_{ij})^2}{e_{ij}}$$

Dónde:

$\chi^2_c$  = Ji – Cuadrado calculado.

$O_i$  = Valores observados de la i-ésima clase

$E_i$  = Valores esperados en la i-ésima clase

$\Sigma\Sigma$  = Sumatoria

## IV. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1 Consumo de Materia Seca de suplemento.

En la Tabla 5, se muestra los resultados sobre el consumo de materia seca de la dieta suplementada.

**Tabla 5:** Consumo de materia seca de la dieta suplementada por sexo.

SEXO	Consumo MS				
	g/animal/día	±	DS	CV %	( $p \leq 0.05$ )
MACHOS	270.20	±	15.60	5.77	a
HEMBRAS	233.56	±	43.27	18.53	b

El consumo de materia seca en la dieta suplementada para machos fue en promedio de  $270.20 \pm 15.60$  g/animal/3h./día y para hembras de  $233.56 \pm 43.27$  g/animal/3h./día los cuales muestran diferencias ( $p \leq 0.05$ ), esta diferencia de consumo de la dieta suplementada (DS) entre machos y hembras probablemente se deba a factores como sexo, peso vivo, consumo, estado fisiológico (hembras pos parto), numero de repeticiones (4 machos y 30 hembras) y al tipo de comedero; debido a que el suministro de la DS de los machos fue en comederos individuales, en cambio la suplementación de hembras se realizó en comederos grupales en interperie, agrupándose en grupos de 10 por comedero, las condiciones climáticas (lluvias) en donde la MS ofrecido fue humedecida, el cual influyo negativamente en la cantidad consumida de la dieta suplementada. Rosadio y Risco (1999), a nivel de estabulación realizaron experimentos en alimentación, en alpacas con heno de avena, resultando un consumo entre 1,3 y 1,4 kg de materia seca/día en animales jóvenes y 1,2 kg/día en adultos. Estos resultados diferentes son

probablemente debidos al forraje alimentado que fueron durante las 8 o 24 horas, respectivamente.

## 4.2 EVALUACIÓN DE GANANCIA DE PESO VIVO

### 4.2.1 Ganancia de peso vivo en hembras

Tabla 6, muestra la ganancia de peso vivo después de 45 días de suplementación, en donde las llamas hembras con dieta suplementada más pasto natural registraron una ganancia de peso vivo 3.79 kg/llama/45 días equivalente a 84.22 g/llama/d y sobre pasto natural 0.46 kg/llama/45 días que equivale a 10.22 g/llama/d, los cuales muestran diferencia ( $p \leq 0.05$ ).

**Tabla 6:** Ganancia de peso vivo llamas hembras por tipo de alimento

Alimento	n	Ganancia PV kg/llama/45 días	Ganancia PV g/llama/d
DS + PN	30	3.79 <sup>a</sup>	84.22 <sup>a</sup>
PN	30	0.46 <sup>b</sup>	10.22 <sup>b</sup>

Estos resultados muestran que con un consumo de 233.56 g/animal/3h./día de dieta suplementada con 14 % (5.12g en 300g de DS) de PC y 2.3 Mcal/Kg EM por un periodo de suplementación por 45 días se logró obtener una ganancia de peso vivo de 84.22 g/llama/d. En donde las llamas alimentadas con DS+PN lograron una ganancia de 84.22g/llama/día, el cual es superior a las llamas con solo PN 10.22g/llama/día, esta diferencia de GPV para llamas con DS+PN se debería al consumo extra de MS en la dieta suplementada. Rojas *et al.*, (2015), en un estudio de suplementación de alpacas distribuidas en dos grupos: un grupo alimentado sobre pastos naturales y otro grupo,

además de los pastos, con concentrado fibroso de 2.18 Kcal/g EM y 12.0 % PC, preparado con henos molidos de avena y alfalfa suministrado el concentrado durante 3 horas, desde 10 días antes del inicio del empadre, 200 g diarios/animal por 350 días, durante toda la gestación, hasta la parición. En donde las alpacas con suplementación mostraron una mayor ganancia de peso vivo posparto de las madres 6.82 y 1.43 Kg/animal ( $p < 0.05$ ) respectivamente.

#### 4.2.2 Ganancia de peso vivo en machos

En la Tabla 7, se muestran los datos sobre la ganancia de peso vivo después de 45 días de suplementación donde se observa que las llamas machos con dieta suplementada tuvieron mayores ganancias de peso vivo 6.10 kg/llama/45 días equivalente a 135.55 g/llama/d, las de pasto natural 2.25 kg/llama/45 días equivalente a 50 g/llama/d muestra diferencia ( $p \leq 0.05$ ), esta diferencia de ganancia de peso vivo de las llamas machos con dieta suplementada; se debe quizás al mayor consumo promedio de materia seca de la dieta (270.20 g/llama/d, Tabla 5).

**Tabla 7:** Ganancia de peso vivo llamas machos por tipo de alimento

Alimento	n	Ganancia PV kg/llama/45 días	Ganancia PV g/llama/d
DS + PN	4	6.10 <sup>a</sup>	135.55 <sup>a</sup>
PN	4	2.25 <sup>b</sup>	50 <sup>b</sup>

Estos resultados muestran que con un consumo de 270.20 g/animal/3h./día de dieta suplementada con 14 % (5.12g en 300g de DS) PC y 2.3 Mcal/Kg EM por un periodo de suplementación por 45 días se

logró obtener una ganancia de peso vivo de 135.55 g/llama/d, en donde las llamas alimentadas con DS+PN lograron una ganancia de 135.55 g/llama/día, el cual es superior a las llamas con solo PN 50 g/llama/día, esta diferencia de GPV para llamas con DS+PN se debería al consumo extra de MS en la dieta suplementada.

García y San Martín (2005), quienes hicieron engorde de llamas bajo diferentes regímenes alimenticios durante 90 días, al evaluar el régimen alimenticio observaron mayor ganancia de peso en ryegrass + trébol (199 g/d) y phalaris + trébol (182 g/d) que en pasto natural (78 g/d;  $P < 0.05$ ), estos resultados son mayores debido al pastoreo en pastos cultivados durante 8 horas, en el presente trabajo la dieta suplementada fue solo por 3 horas (6 - 9am) por 45 días.

Jahaira *et al.*, (2015), quienes en un engorde de alpacas machos de 2 y 2.5 años de edad, con una complementación de concentrado con 2,95 Mcal/Kg EM y 14.50% Proteína cruda, en horario de 5:pm a 8:am distribuidos en tres grupos: T1 con 0.5 Kg/día/animal y luego pastoreados en canchas de pasto natural; T2 con una complementación de ración ad libitum (no más de 1 Kg/día/animal) y luego pastoreados en pasto natural, y grupo testigo T que no recibieron complementación alimenticia. Finalmente, la ganancia neta de peso vivo en todo el periodo de 60 días es mayor para el grupo T1 = 7.11 Kg/alpaca y 118.5 g/alpaca/d, seguido por el grupo T2 = 6.30 Kg/alpaca y 105 g/alpaca/d. y menor incremento encontrado en el grupo testigo T = 4.50 Kg/alpaca y 75 g/alpaca/d sin diferencia significativa.

### 4.3 EVALUACION DE CONDICION CORPORAL

#### 4.3.1 Evaluación de condición corporal en hembras

En la Tabla 8, se muestra los valores de la condición corporal en llamas hembras en una escala de calificación 1 – 5 puntos. Para las llamas con dieta suplementada más pasto natural fue  $3.40 \pm 0.81$  y  $3.10 \pm 0.48$  para las llamas en pasto natural los cuales si muestran diferencia ( $p \leq 0.05$ ).

**Tabla 8:** Condición corporal llamas hembras por tipo de alimento.

ALIMENTO	n	45 DÍAS		
		PROMEDIO $\pm$	DS	C.V. %
DS + PN	30	3.40 <sup>a</sup>	0.81	24.02
PN	30	3.10 <sup>b</sup>	0.48	15.51

La mayor CC de llamas con DS+PN, frente a los de PN (3.40 vs 3.10) se deba probablemente a la mayor ingesta de nutrientes por el consumo de MS de la dieta suplementada (233.56g/llama/3horas/día) con 14 % (5.12g en 300g de DS) PC y 2.3 Mcal/Kg EM por un periodo de suplementación por 45 días, en las llamas con DS+PN.

Rojas et al., (2015), en un estudio de suplementación con concentrado fibroso de 2.18 Kcal/g EM y 12.0 % PC, en alpacas con  $2.31 \pm 0.42$  de condición corporal (CC), distribuidas en dos grupos: un grupo alimentado con pastos naturales y otro grupo, además de los pastos, con concentrado fibroso preparado con henos molidos de avena y alfalfa. Suministrando el concentrado desde 10 días antes del inicio del empadre, 200 g diarios por animal, durante toda la gestación, hasta la parición. En donde las alpacas con suplementación mostraron una mayor condición corporal posparto de las madres 3.97 y 2.77 sin suplementación ( $p < 0.05$ ) estos resultados probablemente difieren debido al tiempo de experimentación y por

diferencia de especie. Estos valores de condición corporal (CC) se ubican dentro del rango conveniente para fines productivos y reproductivos, pues alpacas con CC altos tienen mayores riesgos al stress de calor, infertilidad, dificultad al parto, pobre lactación y mortalidad neonatal, mientras que alpacas con baja CC son susceptibles a pérdidas embrionarias (abortos) baja producción láctea y nacimiento de crías con bajo peso Australian Alpaca Association Ltda., (2008).

#### 4.3.2 Evaluación de condición corporal en machos

La Tabla 9, presenta los valores de la condición corporal en llamas machos en una escala de calificación desde 1 – 5 puntos, para las llamas con dieta suplementada más pasto natural fue  $4.75 \pm 0.50$  y  $3.75 \pm 0.50$  para las llamas sobre pasto natural los cuales si muestran diferencia ( $p \leq 0.05$ ).

**Tabla 9:** Condición corporal llamas machos por tipo de alimento.

ALIMENTO	n	45 DÍAS		
		PROMEDIO	$\pm$ DS	C.V. %
DS + PN.	4	4.75 <sup>a</sup>	0.50	10.53
PN	4	3.75 <sup>b</sup>	0.50	13.33

La mayor CC de llamas con DS+PN, frente a los de PN (4.75 vs 3.75) se deba probablemente a la mayor ingesta de nutrientes por el consumo de MS de la dieta suplementada (270.20 g/llama/3horas/día) con 14 % (5.12g en 300g de DS) PC y 2.3 Mcal/Kg EM por un periodo de suplementación por 45 días, en las llamas con DS+PN.

Carhuapoma *et al.*, (2009), en un estudio en alpacas en condiciones de pastoreo hicieron la evaluación de condición corporal (CC) encontrando

2,99 ± 0,06 puntos. Estos resultados muestran suficiente evidencia para indicar que el sexo, la edad y la localidad son factores que influyen sobre la CC demostrando que alpacas machos y jóvenes (dientes de leche) tienen mejor condición que los animales hembras y adultos (Dos dientes a más).

#### 4.4 EVALUACION DE LA CALIDAD DE SEMEN

##### 4.4.1 Evaluación macroscópica

##### 4.4.1.1 Volumen semen

La tabla 10, muestra los valores del volumen de semen, al inicio y final del experimento, para machos T0, alimentadas sobre pastos naturales (PN) fue de 5.88±4.97 ml y T1, dieta suplementada más pasto natural (DS+PN) 8.38±5.12 ml, y al finalizar 45 días de suplementación, sobre pasto natural fue 4.70±6.22 y 5.50±1.35 ml para dieta suplementada más pasto natural resultados que no muestran diferencia ( $p \geq 0.05$ ).

**Tabla 10:** Volumen de semen (ml) por tipo de alimentación.

ALIMENTO	n	INICIO			45 DÍAS		
		PROMEDIO (ml)	± DS	C.V. %	PROMEDIO (ml)	± DS	C.V. %
DS + PN.	4	8.38	5.12	61.15	5.50 <sup>a</sup>	1.35	24.62
PN	4	5.88	4.97	84.64	4.70 <sup>a</sup>	6.22	132.23

Durante el trabajo experimental se pudo comprobar que la técnica usado para la determinación de volumen no permite una colección real, de tal forma que se obtuvo volúmenes muy variables anexo 3, puesto que con esta técnica de aspiración vaginal pos coital el volumen de semen se encuentra diluido con las secreciones del tracto genital de la hembra (Bravo, 2002; Neelly y Bravo, 1998).

#### 4.4.2 Evaluación microscópica

##### 4.4.2.1 Motilidad espermática

La Tabla 11, muestra los datos recaudados de motilidad espermática, al inicio del experimento para machos T0, alimentadas sobre pasto natural (PN) fue de 55.0% y T1, dieta suplementada más pasto natural (DS+PN) de 57.50% y al finalizar los 45 días de suplementación, en los machos alimentados sobre pasto natural fue 60.0% y 82.50% para machos con dieta suplementada más pasto natural, resultados sin diferencia estadística ( $p \geq 0.05$ ). Por tanto, se concluye que la suplementación alimenticia no tuvo influencia en los valores de motilidad espermática.

**Tabla 11:** Motilidad espermática por tipo de alimento %.

ALIMENTO	n	INICIO			45 DÍAS		
		PROMEDIO %	± DS	C.V. %	PROMEDIO%	± DS	C.V.%
DS + PN.	4	57.50	17.08	29.70	82.50 <sup>a</sup>	9.57	11.61
PN	4	55.00	20.82	37.85	60.00 <sup>a</sup>	21.60	36.00

Los resultados encontrados en el presente estudio se asemejan al estudio realizada en alpacas de Barreda (2017), quien suplemento alpacas con 2275.5 kcal/kg EM y 13.99 % PC utilizando heno de alfalfa, heno de avena y minerales + vitaminas, durante 45 días 3 horas/día habiendo encontrado para alpacas pastoreados sobre pastos naturales 80.0% y en pastos naturales + dieta suplementada 83.3%, en un similar estudio en alpacas Quispe (2017), encontró 70% para machos alimentados sobre

pasto natural y 70% para los machos suplementados más pasto natural, resultados que probablemente se asemejan debido al tipo de dieta suplementada, la diferencia en pasto natural se deba talvez a la época lluviosa, tipo de alimentos, procedencia.

Sin embargo, los resultados del trabajo son superiores al estudio también realizada en alpacas de Bravo y Alarcón (2015), quienes proporcionaron suplementos nutritivos obteniendo una motilidad de 50% en machos suplementados con Preñatec, 33% en machos suplementados con Catosal y 24.4% en machos control. Los mismos alimentados en pasturas naturales, esta suplementación nutritiva fue sistémica vía intramuscular con 4 mL de suplemento cada semana por 6 semanas, antes del empadre. Diferencias que se deberían al tipo de especie y suplemento que recibieron.

#### 4.4.2.2 Concentración espermática

La Tabla 12, muestra los datos recaudados de concentración espermática, al inicio del experimento para machos T0, alimentadas sobre pasto natural (PN) fue de 9'750 000 esp/mm<sup>3</sup> y T1, dieta suplementada más pasto natural (DS+PN) fue 11'750 000 esp/mm<sup>3</sup> y al finalizar los 45 días de suplementación, en los machos alimentados en pasto natural fue 10'250 000 y 48'000 000 esp/mm<sup>3</sup> para machos con dieta suplementada más pasto natural, resultados sin diferencia estadística ( $p \geq 0.05$ ).

**Tabla 12:** Concentración espermática por tipo de alimento esp/mm<sup>3</sup>.

ALIMENTO	n	INICIO			45 DÍAS		
		PROMEDIO ± DS	C.V. %		PROMEDIO ± DS	C.V. %	
DS + PN	4	11'750 000	4.19	35.69	48'000 000 <sup>a</sup>	36.62	76.30
PN	4	9'750 000	6.70	68.74	10'250 000 <sup>a</sup>	8.10	79.01

La suplementación alimenticia no tuvo influencia en los valores de concentración espermática esta no variabilidad estadística probablemente se deba al número de repeticiones. Estos resultados encontrados en el presente estudio son similares al estudio realizado en alpacas de Barreda (2017), quien suplemento alpacas con 2275.5 kcal/kg EM y 13.99 % PC utilizando heno de alfalfa, heno de avena y minerales + vitaminas, durante 45 días 3 horas/día en donde encontró para alpacas pastoreados sobre pastos naturales 13'333,333 esp/mm<sup>3</sup> y en pastos naturales + dieta suplementada 54'000,000 esp/mm<sup>3</sup>, en un similar estudio en alpacas Quispe (2017), encontró 11'000,000 esp/mm<sup>3</sup> para machos alimentadas sobre pasto natural y 10'666,666 esp/mm<sup>3</sup> para los machos suplementados más pasto natural resultados que son inferiores dicha variabilidad se debería por diferencia de especie.

Los resultados obtenidos en el estudio son inferiores a los estudio realizado con suplementos nutritivos en alpacas de Bravo y Alarcón (2015), quienes obtuvieron una concentración de 192 millones en machos suplementados con Preñatec, 82 millones en

machos suplementados con Catosal y 60 millones en machos control, mantenidas sobre pastos naturales, esta suplementación nutritiva fue antes del empadre; diferencia expectante a los resultados del presente estudio que se deberían al tipo del suplemento que recibieron y diferencia de especie.

En un estudio de evaluación en semen de llama crioconservados en dilutores, obtenidos mediante electroeyaculación Laruta *et al.*, (2016), reportaron concentración espermática de  $39.14 \times 10^6$  esp/mL, similar al reportado por Giuliano *et al.*, (2008), Cruz (2011) quienes obtuvieron concentraciones promedias de  $33.01 \times 10^6$  y  $29.00 \times 10^6$  esp/mL respectivamente, colectados por el mismo método estos resultados difieren quizá por método de colección y conservación.

El primer informe sobre la concentración espermática en semen de alpacas colectado por funda vaginal Mogrovejo (1952), obtuvo un promedio de  $33,3 \pm 26,4$  millones/ml. Fernández Baca y Calderón (1966), informaron 1.000 a 255.000 espermatozoides/mm<sup>3</sup> obtenido por electroeyaculación y Leyva *et al.*, (1984), estimaron una concentración de  $292.900 \pm 84.321$  espermatozoide/mm<sup>3</sup> obtenida por vagina artificial.

#### 4.4.2.3 Vitalidad espermática

La Tabla 13, muestra los datos recaudados de vitalidad espermática, al inicio del experimento para machos T0, alimentadas sobre pasto natural (PN) fue de 90.00% y T1, dieta

suplementada más pasto natural (DS+PN) fue 89.50% y al finalizar los 45 días de suplementación, en los machos alimentados en pasto natural fue 90.25% y 96.75% para machos con dieta suplementada más pasto natural, resultados que si muestran diferencia ( $p \leq 0.05$ ). La suplementación alimenticia no tuvo influencia en los valores de vitalidad espermática.

**Tabla 13:** Vitalidad espermática por tipo de alimento %.

ALIMENTO	n	INICIO			45 DÍAS		
		PROMEDIO %	± DS	C.V. %	PROMEDIO %	± DS	C.V. %
DS + PN.	4	89.50	1.29	1.44	96.75 <sup>a</sup>	1.26	1.30
PN	4	90.00	3.74	4.16	90.25 <sup>b</sup>	2.87	3.18

Los resultados encontrados en el presente estudio son similares al estudio en alpacas de Barreda (2017), quien suplemento alpacas con 2275.5 kcal/kg EM y 13.99 % PC utilizando heno de alfalfa, heno de avena y minerales + vitaminas, durante 45 días 3 horas/día donde encontró para alpacas pastoreados sobre pastos naturales 89% y en pastos naturales + dieta suplementada 96%, en un similar estudio en alpacas Quispe (2017), encontró 90% para machos en pasto natural y 94.4% para los machos suplementados resultados que serían similares debido al tipo de suplementación proteica y energética. Sin embargo, los resultados del presente trabajo son superiores al estudio realizado por Bravo y Alarcón (2015) utilizando suplementos nutritivos en alpacas donde obtuvieron una vitalidad de 86% en machos suplementados con Preñatec, 80% en machos suplementados con Catosal y 88.8% en machos control, siendo mantenidas sobre pastos naturales y la suplementación

nutritiva antes del empadre, estos resultados superiores serían debido al especie y tipo de suplemento.

En un estudio de evaluación en semen de llama crioconservados en dilutores, obtenidos mediante electroeyaculación Laruta *et al.*, (2016), reportaron vitalidad espermática de 86.67%, superior a los resultados obtenidos por Cruz (2011), Valle (2013), quienes reportaron promedios de 67.25% y 60.83% respectivamente, colectados por el mismo método.

#### 4.4.2.4 Morfología espermática

La Tabla 14. muestra los datos recaudados sobre la morfología espermática referida a espermatozoides normales, espermatozoides con cabeza anormal, espermatozoides con defecto en la cola y con gota citoplasmática, al inicio del estudio para machos alimentadas sobre pasto natural fue 69.6% espermatozoides normales y para machos con dieta suplementada + pasto natural fue 69.8% y a los 45 días de suplementación en pasto natural fue 70.8% y 71.2% espermatozoides normales para machos con dieta suplementada + pasto natural, no habiendo diferencias ( $p \geq 0.05$ ).

**Tabla 14:** Morfología espermática por tipo de alimento %.

Alimento	Variables	Inicio	Final (45 días)
DS + PN	Normales	69.8	71.2
	Cabezas anormales	4	4
	Anormalidades de cola	25	23
	Gota citoplasmática	3	2
PN	Normales	69.6	70.8
	Cabezas anormales	5	4
	Anormalidades de cola	23	21
	Gota citoplasmática	3	4

Los resultados encontrados en el presente estudio son inferiores al estudio hecha en alpacas de Barreda (2017), quien suplemento alpacas con 2275.5 kcal/kg EM y 13.99 % PC utilizando heno de alfalfa, heno de avena y minerales + vitaminas, durante 45 días 3 horas/día donde encontró para alpacas pastoreados sobre pastos naturales 81% espermatozoides normales y en alpacas con dieta suplementada + pasto natural 86% espermatozoides normales, en un similar estudio en alpacas Quispe (2017), encontró 81% para machos en pasto natural y 86% para los machos con dieta suplementada + pasto natural resultados que son superiores probablemente por diferencia de especie.

Los resultados son similares al estudio en alpacas de Bravo y Alarcón (2015), utilizando suplementos nutritivos obtuvieron espermatozoides normales de 72 % en machos suplementados con Preñatec, 70.2 % en machos suplementados con Catosal y 69.1% en machos control mantenidas sobre pastura natural, la suplementación nutritiva fue antes del empadre.

Otros estudios de evaluación en semen de llamas de Garabito (2000), quien reporta en llamas Q'aras adultos 80.92% espermatozoides normales, Pacheco (2007), reporta 78.10%, por otro lado, Magrovejo (1952), citado por Sumar (1991), reporta que la proporción de espermatozoides normales tanto en llamas y alpacas en el Perú fue de 58.77%, el mencionado autor no especifica las edades y tipo de llamas.

#### 4.5 FERTILIDAD CON EMPADRE NATURAL

La Tabla 15, muestra los datos sobre la fertilidad de llamas por efecto del tipo de alimento, mediante el empadre natural con 56.67 % para animales alimentados con dieta suplementada más pasto natural y un 53.33 % de fertilidad para animales mantenidas con alimentación sobre pastos naturales los a un análisis estadístico no muestra diferencias ( $p \geq 0.05$ )

**Tabla 15:** Fertilidad de llamas con empadre natural, por efecto de tipo de alimento (%).

TRATAMIENTOS (Alimentación)	N° DE HEMBRAS EMPADRADAS	N° DE HEMBRAS PREÑADAS	% DE PREÑEZ
Machos y hembras suplementadas..	30	17	56.67
Machos y hembras sobre pastos naturales	30	16	53.33

$$X^2_c = 0.07$$

$$X^2_t (0.05-1) =$$

$$3.841$$

$$(p \geq 0.05)$$

A la actualidad son escasos los estudios sobre el efecto de la suplementación alimenticia en la fertilidad de llamas sin embargo, estos resultados del presente estudio son inferiores a Quispe (2017), quien suplemento alpacas con 2275.5 kcal/kg EM y 13.99 % PC utilizando heno de alfalfa, heno de avena y minerales + vitaminas, durante 45 días 3 horas/día

con 300 g de suplemento en donde los grupos machos y hembras en pasto natural + dieta suplementada lograron 80 % de fertilidad y para el grupo de machos y hembras alimentados a base de pastos naturales, solamente fertilizaron 50.0 % por empadre natural los resultados inferiores probablemente de deba por diferencia de especie.

Los resultados obtenidos son inferiores al estudio de Rojas *et al.*, (2015), quienes en una suplementación de alpacas distribuidas en dos grupos: un primer grupo alimentado con pastos naturales y otro grupo, además de pastos, con concentrado fibroso de 2.18 Kcal/g EM y 12.0 % PC, preparado con molidos de henos de avena y alfalfa, suministrando el concentrado 10 días antes del inicio del empadre, 200 g diarios por animal durante toda la gestación hasta la parición lográndose una fertilidad de 83.3 y 66.7 % en el grupo de animales alimentados sobre pastos naturales ( $p < 0.05$ ), este resultado inferior en el estudio quizá se debe al tipo especie y al periodo de suplementación.

Bravo y Alarcón (2015), utilizando una suplementación vitamínica encontraron una fertilidad de 50% en machos y hembras suplementadas con catosal, al igual que Machaca (2015), utilizando concentrado de vaca y animales sin crías mostraron resultados de 51.9% fertilidad con suplemento, diferencias que se deberían a la utilización de diferente tipo de suplementación y especie.

Los resultados en el grupo control del presente estudio estuvieron similares a los reportes de Bravo *et al.*, (2010) con 47.7%, Fernández Baca *et al.*, (1970) con 50% y Llacsá (2012), quien encontró 53.33% en alpacas hembras pastoreadas en pasto natural. Sin embargo, son inferiores a los resultados

encontrados por Bravo y Alarcon (2015), donde encontraron 76% de fertilidad en alpacas machos y hembras pastoreadas sobre pasto natural. Estas diferencias se atribuirían al lugar de estudio, tipo de especie, número de animales utilizados, manejo, edad y numero de pariciones.

## V. CONCLUSIONES

- 1) El consumo de materia seca fue superior para machos con  $270.20 \pm 15.60$  g./animal/3horas/día y  $233.56 \pm 43.27$  g./animal/3horas/día para hembras.
- 2) La calidad de semen tuvo resultados similares en machos alimentados con dieta suplementada como también sobre pasto natural.
- 3) Con una alimentación en llamas con dieta suplementada más Pastos Naturales, se encontró una fertilidad de 56.67% y con alimentación sobre pastos naturales fue de 53.33%.
- 4) La ganancia de peso vivo en machos con alimentación suplementada fue de 6.10 kg/llama/45 días equivalente a 135.55 g/llama/d. Y con alimentación sobre pastos naturales fue de 2.25 kg/llama/45 días lo que equivale a 50 g/llama/d. De la misma forma para hembras con alimentación suplementada fue de 3.79 kg/llama/45 días lo que equivale a 84.22 g/llama/d. Y sobre pastos naturales se obtuvo una ganancia de 0.46 kg/llama/45 días equivale a 10.22 g/llama/d.
- 5) La condición corporal a una escala de 1 – 5 puntos, fue mayor en machos con dieta suplementada de  $4.75 \pm 0.50$ . Y con alimentación sobre pastos naturales fue de  $3.75 \pm 0.50$ . Para hembras con dieta suplementada fue de  $3.40 \pm 0.81$  y sobre pastos naturales fue de  $3.10 \pm 0.48$ .

## VI. RECOMENDACIONES

- Los resultados del estudio sugieren nuevos estudios con mayor número de machos para determinar el efecto de la suplementación alimenticia sobre la calidad de semen.
- Se debe implementar una suplementación alimentaria en reproductores machos y hembras previo a la campaña de empadre con la finalidad de mejorar la tasa de fertilidad.
- Se recomienda realizar estudios sobre consumo de materia seca con mayor tamaño de muestra para machos.
- Se recomienda identificar una técnica mejor adecuada en la colección de semen para determinar el volumen.

## VII. REFERENCIAS

- ADAMS, G., GRIFFIN, P. AND GINTHER, O. 1989. In situ morphologic dynamics of ovaries, uterus and cervix in llamas. *Biol. Reprod.* 41: 551-558.
- ALARCON, V., A. PLASENCIA, J. SUMAR. 1989. Diagnóstico de Gestación por ultrasonido en la Alpaca. (*Lama pacos*) y la Llama (*Lama glama*). Resúmenes de Investigación 1980-1989. Dirección de Investigación. FMVZ-UNA Puno Perú.
- AMPUERO, E.; V. ALARCON, y J. ALPACA. 1989. Evaluación de diferentes métodos de diagnóstico de gestación en alpacas. *Bol. Div. N°02 cer-UNSAAC.* Cusco-Perú.
- ALLER, J. Y ALBERIO, R. 1996. Dinámica folicular en llamas en la época otoño-invernal. *Rev. Arg. Prod. Anim.* Vol 16, N° 4: 319-323.
- AOAC. 2005. AOAC International. Official methods of analysis, 17th edition.
- AUSTRALIAN ALPACA ASSOCIATION LTD.. 2008. Body Condition Score (BCS) of alpacas. *Australian Alpaca.* Note 04. 1:1-2 En: <http://www.alpaca.asn.au/docs/about/info/4bodycondition.pdf> Accesado el 20 de Agosto del 2009.
- APAZA, N. y MALAGA, J. 1995. Engorde de Llamas y Alpacas en Pastos Cultivados, *Revista*
- BAUTISTA J. L. 2015. Determinación de los requerimientos de proteína metabolizable de alpaca (*Vicugna pacos*) mediante la técnica de sacrificio comparativo. VII congreso mundial en camélidos sudamericanos, pag. 435.
- BAUTISTA, J. L. 2009. Determinación de los requerimientos de proteína de mantenimiento y crecimiento de alpaca (*lama pacos*) mediante la técnica de sacrificio comparativo. Tesis doctoral. Escuela de post grado programa doctoral en ciencia animal. Universidad nacional agraria. Lima Perú.
- BAUTISTA, J., G. MEDINA, y G. MAMANI. (1997). Selectividad y degradabilidad in situ de pastizales nativos en alpacas y llamas al pastoreo en puna húmeda. *Allpaka Revista de investigación sobre camélidos sudamericanos IIPC FMVZ UNA- Puno.*

- BARREDA J.L. 2017. Efecto de la suplementación alimenticia en la fertilidad de alpacas machos y hembras por inseminación artificial en el CIP. La Raya-U.N.A. Puno – Perú.
- BAVERA G. A. Y PEÑAFORT, C. 2005. Cursos de Producción Bovina de Carne, FAV UNRC. Argentina. En: <http://www.produccion-animal.com.ar>. Accesado 20 de Agosto del 2009.
- BISINOTTO, R. S., L. F. GRECO, E. S. RIBEIRO, N. MARTINEZ, F. S. LIMA, C. R. STAPLES, W. W. THATCHER, and J. E. P. SANTOS. 2012. Influences of nutrition and metabolism on fertility of dairy cows. *Animreprod.* 9(3):260-272.
- BLANCO, V. 1980. Peso vivo, peso vellón y rendimiento de vellón de alpacas de la CAP – Huaycho N° 44. Tesis MVZ UNTA – Puno, Perú.
- BONDI, A. A. 1988. Nutrición animal. Editorial ACRIBA, S.A. Zaragoza – España. 420.
- BOURKE, D.A., C.L. ADAM.; C.E. KYLE. 1992. Ultrasonography as an aid controlled breeding in the llama (lama glama). *Vet. Rec.*, 130: 424-428.
- BRAVO P.W. 2002. The reproductive process of south american camelids. Salt Lake City, ut: seagull printing.
- BRAVO, W.; MOSCOSO, J.; ORDOÑEZ, C. AND ALARCÓN, V. 1996. Transport of spermatozoa and ova in female alpaca. *Anim. Reprod, Sci.* 43: 173-179.
- BRAVO, W. M, Y J. SUMAR.1989. Laparoscopic examination of the ovarian activity in alpacas. *Animal Reproduction Science.*
- BRAVO, W., STABENFELD, H., FOWLER, E., B. LASLEY, 1990. Ovarian follicular dynamics in the llama. *Biology of reproduction*, 43:579-585.
- BRAVO, P. W., D. DIAZ, V. ALARCÓN, and C. ORDOÑEZ. 2010. Effect of the reproductive state of female alpacas on embryonic mortality rate. *Am. J. Vet. Res.* 71: 1096-1099
- BRAVO W. y V. ALARCÓN. 2015. La influencia de suplementos nutritivos en la calidad de semen y fertilidad de la alpaca. VII Congreso Mundial en Camélidos Sudamericanos, Puno-Perú pag. 623.
- BUSTINZA V. 2001. La alpaca libro 1 Universidad Nacional del Altiplano – Puno.
- BUSTINZA, V. 2001. La alpaca. Conocimiento del gran potencial andino. Libro 1. Instituto de investigación y promoción de camélidos sudamericanos. Fmvz, u.n.a. puno – peru.

- BUTLER W.R.2000.Nutritional Interactions with reproductive performance in dairy cattle. Anim reprod sci 2000;60–61:449–57.
- BUTLER, W. R. 2003. Energy balance relationships with follicular development, ovulation and fertility in postpartum dairy cows. Livestock production science. 83:211-218.
- BUTLER, S.T., S. H. PELTON, and W. R. BUTLER. 2006. Energy balance, metabolic status, and the first postpartum ovarian follicle wave in cows administered propylene glycol. J. Dairy sci. 89:2938-2951.
- CARHUAPOMA P., A. SÁENZ y E.C. QUISPE. 2009. Efecto de la condición corporal sobre el peso de vellón y finura de fibra en alpacas Huacaya (vicugna pacos) color blanco en Huancavelica Perú.
- CAÑAS, R. 1995. Alimentación y nutrición. Pontificia Universidad Católica de Chile.
- CÁRDENAS, O., RATTO, M., CORDERO, A., W. HUANCA, 2003. Evaluación de pérdida fetal temprana en llamas mediante ultrasonografía. Libro de resúmenes del III Congreso Mundial sobre Camélidos. Potosí Bolivia.
- COOPER, N. 2008. Camelid body scoring. En: <http://www.alpacasnz.co.nz/articles/bodyscoring.htm>. Accesado el 22 de agosto de 2009
- CELIK O., S. AYDINB, N. CELIKC. M. YILMAZ. 2015. Peptides: Basic determinants of reproductive functions. Peptides (2015). <http://dx.doi.org/10.1016/j.peptides.2015.05.016>
- CRUZ A, Delgado-Callisaya P. Desarrollo de un electroeyaculador para llamas (Lama glama) en el Departamento de La Paz. [tesis licenciatura]. Zootecnia-Unidad Académica Campesina Tiahuanacu. La Paz, Bolivia. 2011.
- ELROD C.C. and W.R. BUTLER.1993. Reduction of fertility and alteration of uterine ph in heifers fed excess ruminally degradable protein. J anim sci 1993;71:694–70.
- ENGLAND, B., W., FOOT, D., MATTHEWS, A. CARDOZO, and S. RIERA. 1968. Ovulation and corpus luteum function in the llama (lama glama). Journal endocrinology, 45:505-513.

- FERGUSON, J.D., D.T. GALLIGAN, T. BLANCHARD, and M. REEVES. 1993. Serum urea nitrogen and conception rate: the usefulness of test information. *J. Dairy Sci.* 76:3742.
- FERGUSON J.D. 2005. Nutrition and reproduction in dairy cows, 21. *Vet Clinics NA: Food Anim Pract*; 2005. p. 325–347.
- FERNÁNDEZ-BACA, S. Y CALDERÓN, W. 1966. Métodos de colección de semen de la alpaca. *Rev. Fac. Med. Vet. U.N.M.S. Marcos.* Vol 18-20:13-16.
- FERNÁNDEZ-BACA, S., W. HANSEL, and C. NOVOA. 1970a. Embryonic mortality in the alpaca. *Biol Reprod.*, 3: 243-251.
- FERNÁNDEZ, BACA, S. 1971. “La alpaca reproducción y crianza”. Volumen n° 7, Ivita UNMSM, Lima - Perú.
- FERNÁNDEZ BACA, S. 1993. Manipulation of reproductive functions in male and female new world camelids. *Animal reproduction science.* 33:307-323.
- FRASINELLI, C. A., H.J. CASAGRANDE y J.H. VENECIANO. 2004. La condición corporal como herramienta de manejo en rodeos de cría bovina. *INTA E.E.A San Luís, Información Técnica* 168, 16.
- GALINA C, SALTIEL A, VALENCIA J, BECERRIL J, BUSTAMANTE G, CALDERON A, DUCHATEAU A, FERMIN S, OLER A, ACINA R y ZARCO L. 1995. Reproducción de los animales domésticos. Editorial luminosa. México.
- GARABITO, A. (2000), Evaluación física del semen en la llama (*Lama glama*), Khara y Thampulli, Tesis de grado para optar el grado de Ing. Agrónomo UTO (F.C.A.P.), Oruro-Bolivia. pp 77, 79
- GARCÍA V., WILBER; PEZO C., DANILO; SAN MARTIN H., FELIPE, OLAZÁBAL L., JUAN P. y FRANCO F., FRANCISCO. 2005. Manual del Técnico alpaquero. Imprenta Amauta. Cusco, Perú. 105pp.
- GARNSWORTHY, P. C., and R. WEBB. 1999. The influence of nutrition on fertility in dairy cows. Pages 39–58 in recent advances in animal nutrition. P. C.
- GARNSWORTHY, P.C. 2007. Body condition score in dairy cows: targets for production and fertility. In recent advances in animal nutrition – 2006 (ed. Pc garnsworthy and j wiseman), pp. 61–86. nottingham university press, nottingham, uk.

- GARNSWORTHY, P.C., A. LOCK, G. E. MANN, K. D. SINCLAIR, and R. WEBB. 2008b. Nutrition, metabolism, and fertility in dairy cows: 1. Dietary energy source and ovarian function.
- GIGLI, I., A. RUSSO. 2006. Consideraciones sobre la dinámica ovárica en equino, bovino y camélidos sudamericanos. Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad de Buenos Aires. Chorroarin 280. 1427. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.
- HAFEZ E. 1989. Reproducción e inseminación artificial en animales. 5ta edición editora interamericana mc graw hill. México.
- HAFEZ, E.S. 2000. Reproducción e inseminación artificial en animales. 7ª edición. Nueva editorial Interamericana, s.a. de c.v. de mc graw-hill companies atlampa. México.
- HAFEZ, E. 2002. Reproducción e Inseminación Artificial en Animales. 7º Edic. Editorial Interamericana. México.
- HAFEZ, E. 2005. Reproducción e Inseminación Artificial en Animales. 7º Edic. Editorial en español. Interamericana Mc Graw-Hill. Mexico.
- HOLGADO, V. E. 1975. Evaluación agroestológica Centro Experimental. La Raya (Tesis) UNA-Puno.
- HUANCA, W. y M., GAULY, M., 2001. Conservación de semen fresco en alpacas, XXI Reunión científica anual, APPA, Lima Perú.
- HUASASQUICHE, A.1974. Balance de nitrógeno y digestibilidad en alpacas y ovinos.tesis mv. Universidad mayor de San Marcos. Lima, Perú. 75 p.
- JAHUIRA F. A.; COILA P. E. CANAZA 2015. Complementación alimenticia de alpacas de saca en el CIP La Raya – UNA
- KRAIEM, K., A MAJDOUB., 1997. Effects of the level of supplementation with concéntrate on the nutritive value and utilization of oast hay cut a three maturity stage. Elsevier. Libestock ProductionSci. 7:175-184.
- LARUTA F., LOZA M., P DELGADO. 2016. Evaluación de características microscópicas de semen de llama (Lama glama) crioconservados en dos dilutores. La Paz. Journal of the Selva Andina Animal Science.
- LEROY, J. L. M. R., T. VANHOLDER, G. OPSOMER, A. VAN SOOM, and A. DE KRUIF. 2006. The in vitro development of bovine oocytes after maturation in glucose and  $\beta$ -hydroxybutyrate concentrations associated with negative energy balance in dairy cows. *Reprod dom anim*, 41:119-123.

- LEROY, J. L., D. RIZOS, R. STURMEY, P. BOSSAERT, A. GUTIERREZ-ADAN, S. VALCKX, and P. E. BOLS. 2011. Intrafollicular conditions as a major link between maternal metabolism and oocyte quality: a focus on dairy cow fertility. *Reprod. Fertil. Dev.* 24(1):1-12.
- LLACSA, J., 2012. Efecto de la suplementación energética sobre eficiencia reproductiva en alpacas Huacayas (*Vicugna pacos*) con empadre controlado. Tesis Maestría Scientiea. Escuela de post grado. UNA. Puno, Perú.
- MIRANDA, E. 2000. Determinación de los requerimientos de altura de energía neta de mantenimiento y energía neta de ganancia en alpacas macho de la raza Huacaya de un año de edad. Tesis para optar el título de Médico Veterinario y Zootecnista UNA Puno– Perú.
- MOGROVEJO, D. 1952. Estudio del semen de la alpaca. Tesis de bach. Fac. Med. Veterinaria. Univ. Nac. Mayor de san marcos. Lima Perú.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 2007. Nutrient Requirements of small ruminants sheep, goats, cervids, and new world camelids. National Academy Press. Washington D.C. USA.
- NEELY M. y BRAVO W. 1998. Clinical semen assessment of semen of llamas and alpacas. In: *theriogenology of domestic animals*. 2<sup>nd</sup>. Edition.
- NOVOA, C. 1989. Reproducción. In: *simposio de producción de alpacas y llamas*. XII reunión científica anual. Appa. Perú.
- NOVOA, C. 1991. Fisiología de la reproducción de la hembra. En: fernández-baca, (eds.). *Avances y perspectivas del comportamiento de los camélidos sudamericanos*, fao, oficina regional de la fao para américa latina y el caribe, Santiago-Chile.
- NOVOA, C. 1998. Evaluación reproductiva de camélidos sudamericanos. En: ruiz, m.; rivera, b.; ruiz, a. (eds.), *reproducción animal: métodos de estudio en sistemas*. Red de investigación en sistemas sostenibles pecuarias de américa latina – rispál, san José, Costa Rica.
- OBA, m and M. S. ALLEN. 1998. Evaluation of the importance of the digestibility of neutral detergent fiber from forage: effects on dry matter intake and milk yield of dairy cows. *J. DairySci.* 82:589-5996.

- PACHECO A. 2007. Estudio de la calidad del semen y efecto en la fertilidad de llamas en un sistema de empadre controlado (Lama glama) La paz – Bolivia
- QUISPE, F. 1987. Evaluación de las características físicas del semen de la alpaca durante la época de empadre. Tesis FMVZ. UNA-Puno.
- QUISPE M.N. 2017. Efecto de la suplementación alimenticia en la fertilidad de alpacas machos y hembras por empadre natural en el CIP. La Raya- U.N.A. Puno – Perú.
- RATTO, M., W. HUANCA, J. SINGH, y G. ADAMS. 2005. Comparison of the effect natural mating, lh, and gnrh on interval to ovulation and luteal function in llamas. *Animal reproduction science*. 91.
- ROBINSON, T. F., B. L. ROEDER, G. B. SCHAALJE, J. D. HAMMER, S. BURTON, and M. CHRISTENSEN. 2005. Nitrogen balance and blood metabolites of alpaca (lama pacos) fed three forages of different protein content. *Small ruminant research*. 58:123-133.
- ROCHE J.F. 2006. The effect of nutritional management of the dairy cow on reproductive efficiency. *Anim reprod sci* 2006; 96:282–96.
- RODRIGO, Y. 2016. Niveles de nitrógeno ureico en la sangre y leche de alpacas madre y cria. Tesis FMVZ-UNA, Puno-Perú.
- ROSADIO, R. y V. RISCO (1999) Variaciones en el peso de las alpacas en sistema intensivo. UNMSM - FMV – IVITA. [En Línea], consultado el 21 de diciembre 2008 < [http://www.produccionbovina.com/produccion\\_de\\_camelidos](http://www.produccionbovina.com/produccion_de_camelidos)>.
- ROQUE, H. B. 2009. Determinación de los requerimientos energéticos de mantenimiento y ganancia de peso de alpacas (vicugna pacos) en crecimiento mediante la técnica de sacrificio comparativo. Tesis de programa doctoral en ciencia animal. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- SAN MARTÍN, M., COPAIRA, M., ZUÑIGA, J., RODRÍGUEZ, R., BUSTINZA, G. and
- SHIMADA, A. 2003. *Nutrición animal*. Primera edición. Editorial trillas S.A. México.
- SINCLAIR K.D., M. KURAN., F.E. GEBBIE., R. WEBB and T.G.McEvoy. Nitrogen metabolism and fertility in cattle. II. Development of oocytes recovered from heifers offered diets differing in their rate of nitrogen release in the rumen. *J Anim Sci* 2000;78:2670-80.

- SORENSEN J. 1982. Reproducción animal principios y prácticas. Editorial interamericana mc graw hill. México.
- SUMAR, J. y LEYVA, V. 1981. Colección de semen mediante vagina artificial en la alpaca. Memoria del IV Convención Internacional sobre Camélidos Sudamericanos. Punta Arenas Chile.
- SUMAR, J. 1993. Efecto de los estímulos de inducción en Inseminación Artificial, ovulación de alpacas y llamas. Investigaciones Pecuarias. Vol. 6 N° 1.
- SUMAR. J. 1983. Studies on reproductive pathology in alpacas. Msc thesis, department of obstetric and gynecology, veterinary medicine faculty, swedish university of agrarian sciences, uppsala, sweden. 90p.
- SUMAR J. 2007. demographics and herd management practices in south america. In: youngquist r, threlfallw, editors. Current therapy in large animal theriogenology. 2nd ed., st. Louis, mo: saunders/ elsevier; 2007. P. 845–51.
- VAN SAUN R.J. 2006. Nutrient requirements of south american camelids: a factorial approach. Small rumin res 2006;61:165–86.
- WIENER 2000. Protocolos para determinación de nitrógeno ureico, glucosa, colesterol y triacilglicéridos en suero sanguíneo. Wiener – Lab. Rosario – Argentina.

# ANEXOS

## ANEXO 1

**Procedimiento de Calorimetría de bomba:**

1. Preparación de la muestra: pesar aproximadamente 1.2g
2. Colocar la muestra (pellets) dentro de la bomba, conectar alambre fusible 10cm entre los polos de la bomba al cerrar la bomba, cargar con oxígeno.
3. Pesar 2 kg de agua destilada 15-16°C en Bucket, medir la T° debe haber una diferencia de 1°C entre el Bucket y T° ambiente. Colocar la bomba en Bucket dentro de agua de calorímetro, cerrar Bucket, colocar polea y conectar corriente eléctrica.
4. Encendido de pantalla: registrar nombre de la muestra y empezar el quemado de la muestra. Esperar 15'aproximadamente luego registrar el reporte de resultado (quemado de la muestra): elevación de T°.
5. Titulación de las disoluciones residuales de la bomba, con carbonato de sodio (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) y registrar el gasto (mL) de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.
6. Registro de alambre fusible residual, cm.
7. Fórmula de la determinación de la energía bruta (EB)

$$EB_{\text{cal/g}} = \frac{(AT^{\circ}\text{C}) (2430) - (\text{Na}_2\text{CO}_3) + (\text{cm alambre fusible}) \times (2.3 \text{ cal/cm})}{\text{muestra gramos}}$$

Dónde:

Cal/g = caloría por gramo de forraje – alimento.

AT°C = elevación de T°C en la pantalla de calorímetro.

Energía estandarizada de calorímetro = 2430 calorías.

Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> = Carbonato de Sodio para titulación.

Alambre fusible = longitud de alambre residual, cm.

2.3 cal/cm = es la energía de alambre fusible por cada cm.

EM = Energía metabolizable

EB = Energía bruta de forrajes

EM = 0.5465 EB (NRC, 1984)

### ANEXO 2

**Tabla 16:** Ganancia de peso vivo en llamas hembras

ALIMENTO	n	INICIO			45 DÍAS		
		PROMEDIO kg±	DS	C.V. %	PROMEDIO kg ±	DS	C.V. %
DS + PN	30	107.07	15.17	14.17	110.86 <sup>a</sup>	15.33	13.83
PN	30	106.97	15.23	14.24	107.43 <sup>b</sup>	12.23	11.38

**Tabla 17:** Ganancia de peso vivo en llamas machos

ALIMENTO	n	INICIO			45 DÍAS		
		PROMEDIO±	DS	C.V. %	PROMEDIO±	DS	C.V. %
DS + PN	4	129.75	3.86	2.98	135.85 <sup>a</sup>	3.19	2.35
PN	4	125.00	5.48	4.38	127.25 <sup>b</sup>	5.56	4.37

**Tabla 18:** Condición corporal en llamas hembras

ALIMENTO	n	INICIO			45 DÍAS		
		PROMEDIO±	DS	C.V. %	PROMEDIO±	DS	C.V. %
DS + PN	30	3.20	0.71	22.32	3.40 <sup>a</sup>	0.81	24.02
PN	30	3.23	0.63	19.36	3.10 <sup>b</sup>	0.48	15.51

**Tabla 19:** Condición corporal en llamas machos

ALIMENTO	n	INICIO			45 DÍAS		
		PROMEDIO±	DS	C.V. %	PROMEDIO±	DS	C.V. %
DS + PN	4	3.50	0.58	16.50	4.75 <sup>a</sup>	0.50	10.53
PN	4	3.75	0.50	13.33	3.75 <sup>b</sup>	0.50	13.33

**ANEXO 3**

**Tabla 20:** Volumen colectado de semen (ml).

MACHO	PN		DS + PN	
	INICIO	45 DIAS	INICIO	45 DIAS
1	11	2	8	6
2	2	13	2.5	6
3	5	5.5	8	6.5
4	6	3	15	3.5

**Tabla 21:** ANVA. Para consumo de materia seca machos y hembras

F de V	GL	SC	CM	S <sub>x1-x2</sub>	tc	α=0.05	α=0.01
DS + PN	44	10711.20	1057.89	6.86	5.34 **	1.59	2.16
PN	44	82383.11					
TOTAL	88	93094.31					

**Tabla 22:** ANVA para volumen de semen.

F de V	GL	SC	CM	S <sub>x1-x2</sub>	tc	tt (0.05, 6)
DS + PN	3	115.88	20.23	3.18	0.25	2.45
PN	3	5.50				
TOTAL	6	121.38				

**Tabla 23:** ANVA para motilidad de semen.

F de V	GL	SC	CM	S <sub>x1-x2</sub>	tc	tt (0.05, 6)
DS + PN	3	504.80	109.65	7.40	2.00	2.45
PN	3	153.10				
TOTAL	6	657.90				

**Tabla 24:** ANVA para concentración de semen.

F de V	GL	SC	CM	S <sub>x1-x2</sub>	tc	tt (0.05, 6)
DS + PN	3	196.75	703.46	18.75	2.01	2.45
PN	3	4024				
<b>TOTAL</b>	6	4220.75				

**Tabla 25:** ANVA para vitalidad de semen.

F de V	GL	SC	CM	S <sub>x1-x2</sub>	tc	tt (0.05, 6)
DS + PN	3	20.96	5.46	1.65	4.74**	2.45
PN	3	11.77				
<b>TOTAL</b>	6	32.73				

**Tabla 26:** ANVA para morfología de semen.

F de V	GL	SC	CM	S <sub>x1-x2</sub>	tc	tt (0.05, 6)
DS + PN	3	13.09	3.76	1.37	0.22	2.45
PN	3	9.47				
<b>TOTAL</b>	6	22.57				

#### ANEXO 4

**Tabla 27:** Análisis de fertilidad llamas hembras con X<sup>2</sup>.

TIPO DE AL.	PN.		DS + PN		TOTAL.
	oi	ei	oi	ei	
<b>PREÑEZ</b>					
+	16	16.50	17	16.50	33
-	14	13.50	13	13.50	27
<b>TOTAL</b>	30	30.00	30	30.00	60

**Tabla 28:** Análisis de fertilidad llamas hembras con  $X^2$ .

ALIMENTO PREÑEZ	PN		DS + PN		TOTAL	
	n	%	n	%	n	%
+	16	26.67	17	28.33	33	55.00
-	14	23.33	13	21.67	27	45.00
<b>TOTAL</b>	30	50.00	30	50.00	60	100.00

$X^2c = 0.07$

$X^2t(0.05-1) = 3.841$

$(p \geq 0.05)$

**Tabla 29:** Estimación para  $X^2c$ .

llamas	Oi	ei	$(O_i - e_i)^2 / e_i$
<b>DS + PN preñadas</b>	17	16.50	0.02
<b>DS + PN vacías</b>	13	13.50	0.02
<b>PN preñadas</b>	16	16.50	0.02
<b>PN vacías</b>	14	13.50	0.02
$X^2c =$			0.07
$X^2t(0.05-1) =$			3.841

### ANEXO 5

Imágenes sobre el procedimiento de la elaboración de la dieta suplementaria, evaluación de ganancia de peso vivo, evaluación de calidad de semen, determinación de la fertilidad en el presente trabajo de investigación.



**figura 1:** Forraje entero



**figura 4:** Forraje molido



**figura 2:** Instalación de comederos



**figura 5:** Suministro de la dieta suplementaria



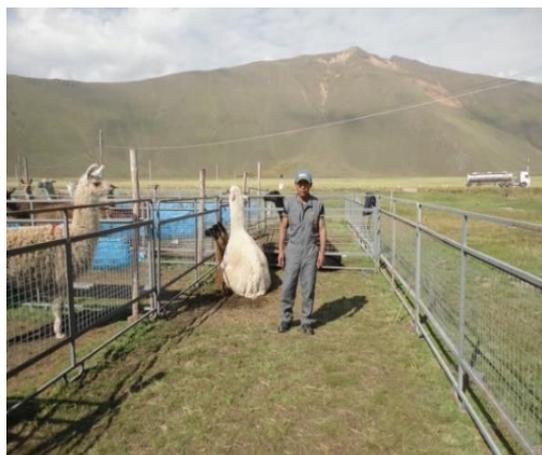
**figura 3:** Consumo de suplemento machos



**figura 6:** Consumo de suplemento hembras



**figura 7:** Control de peso vivo



**figura 10:** Empadre natural grupo experimental



**figura 8:** Colección de semen pos coital



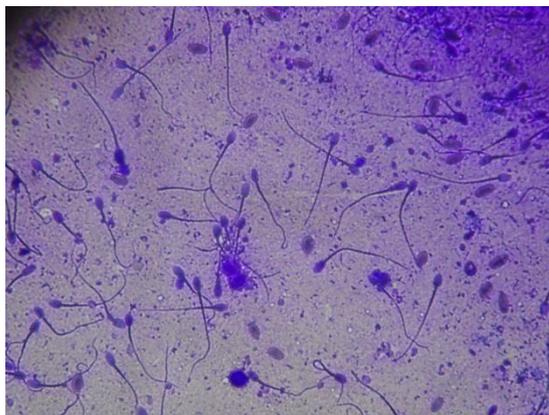
**figura 11:** Mantenimiento de T. C° del semen



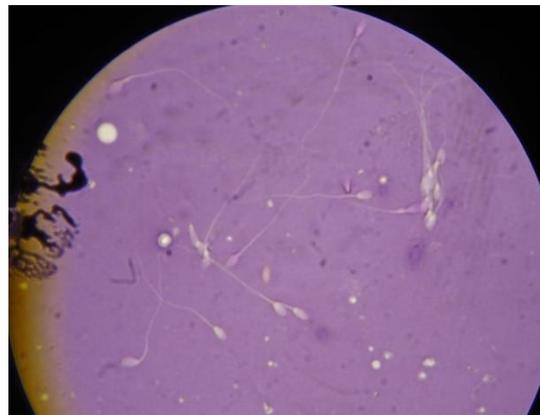
**figura 9:** Evaluación de volumen semen



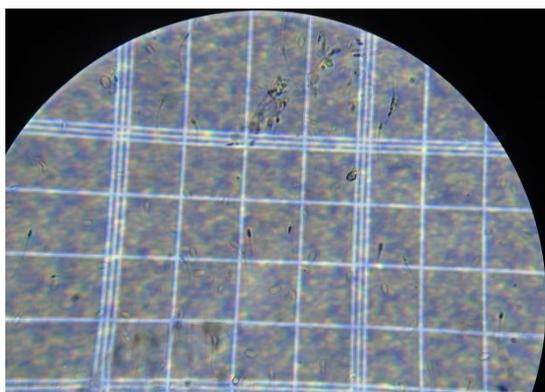
**figura 12:** Evaluación de motilidad espermática



**figura 13:** evaluación de morfología espermática



**figura 14:** Evaluacion de la vitalidad espermática



**figura 14:** evaluación de la concentración espermática cámara de Newbauer



**figura 15:** Batería de coloración Diff Quick



**figura 13:** Diagnóstico de preñez por ecografía



**figura 16:** Imagen ecográfico vesícula embrionaria