



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Dirección General de Estudios de Posgrado

Facultad de Medicina Veterinaria

Unidad de Posgrado

**Efecto de una suplementación alimenticia sobre la
actividad ovárica y tasa de concepción en alpacas
(Vicugna pacos)**

TESIS

Para optar el Grado Académico de Magíster en Ciencia Animal
con mención en Producción y Reproducción Animal

AUTOR

Marco Pierre MACHACA PEREZ

ASESOR

Mg. Wilfredo HUANCA LÓPEZ

Lima, Perú

2018



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Machaca M. Efecto de una suplementación alimenticia sobre la actividad ovárica y tasa de concepción en alpacas (*Vicugna pacos*) [Tesis de maestría]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Medicina Veterinaria/Unidad de Posgrado; 2018.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Marco Pierre Machaca Perez
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	45401455
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-5934-1825
Datos de asesor	
Nombres y Apellidos	Wilfredo Huanca López
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	10036341
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-7601-0067
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Alexei Vicent Santiani Acosta
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	10650758
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Luisa Inés Echevarría Cureé
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	09921534
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Francisco Enrique Franco Febres
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	23864422
Datos de investigación	

Línea de investigación	B.4.2.2. Zootecnia y producción agropecuaria B.4.2.3. Reproducción animal B.4.5.3. Producción pecuaria Alto Andina
Grupo de investigación	Grupo de Investigación “Biología de la Reproducción” de la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
Agencia de financiamiento	Perú. Programa Nacional de Innovación para la Competitividad y Productividad del Ministerio de la Producción. INNOVATE PERU. Convenio 405-2014
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Puno Provincia: Lampa Distrito: Santa Lucia Lugar: Centro de Investigación y Producción Quimsachata, perteneciente Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), ILLPA Puno, Programa Nacional de Innovación Agraria en Camélidos (PNIA). Coordenadas Geográficas: Latitud: -15.731671585051913 Longitud: -70.59983865809765
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2014 - 2015
URL de disciplinas OCDE	Biología reproductiva https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.06.08 Ciencia animal, Ciencia de productos Lácteos https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#4.02.01 Ciencia veterinaria https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#4.03.01



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE
MAGÍSTER EN CIENCIA ANIMAL CON MENCIÓN EN PRODUCCIÓN Y
REPRODUCCIÓN ANIMAL**

En el Auditorio de la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, siendo las 17:00 horas del día miércoles 10 de octubre del 2018, el Jurado Examinador de Tesis de Grado de Magíster, presidido por el Dr. Alexei Vicent Santiani Acosta y conformado por los siguientes miembros docentes: Mg. Wilfredo Huanca López (Asesor), Mg. Francisco Enrique Franco Febres y Mg. Luisa Inés Echevarría Cureé, se dio inicio a la sustentación oral y pública de la Tesis intitulada:

“Efecto de una suplementación alimenticia sobre la actividad ovárica y tasa de concepción en alpacas (*Vicugna pacos*)”, presentado por el Bachiller en Ciencias Agrarias:

MARCO PIERRE MACHACA PEREZ

Quien sustentó la Tesis para obtener el Grado Académico de Magíster en Ciencia Animal con mención en Producción y Reproducción Animal y absolvió satisfactoriamente las preguntas y objeciones formuladas por el Jurado y practicada la votación obtuvo la calificación de: _____
BUENO, (16) DIECISÉIS _____

A continuación, el Jurado por intermedio de su Presidente recomendó a la Unidad de Posgrado de la Facultad de Medicina Veterinaria, proponga el otorgamiento del Grado Académico de Magíster en Ciencia Animal con mención en Producción y Reproducción Animal, al Bachiller en Ciencias Agrarias Marco Pierre Machaca Perez.

Siendo las 19:00 horas del día miércoles 10 de octubre de 2018, se dio por concluido el acto académico, suscribiéndose la presente Acta.

Dr. Alexei Vicent Santiani Acosta (P.A.T.P.)
Presidente

Mg. Wilfredo Huanca López
Miembro (Asesor)

Mg. Luisa Inés Echevarría Cureé
Miembro Externo

Mg. Francisco Enrique Franco Febres (P.A.T.C.)
Miembro

Dr. César Miguel Gavidia Chucán (P.P.D.E.)
Director de la Unidad de Posgrado UNMSM





CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, Cesar Miguel Gavidia Chucán en mi condición de Director de la Unidad de Posgrado y revisor del manuscrito de tesis de Investigación, titulado **Efecto de una suplementación alimenticia sobre la actividad ovárica y tasa de concepción en alpacas (*Vicugna pacos*)** presentado por el bachiller Marco Pierre Machaca Perez egresado del programa de Maestría en Ciencia Animal con mención en Producción y Reproducción Animal para optar el grado académico de Magister.

CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, evaluación y análisis mediante el software para la detección de similitud textual, el documento evaluado cuenta con el porcentaje de 9% de similitud, nivel **PERMITIDO**, para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación**.

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del grado/ título/ especialidad correspondiente



UNMSM

Firmado digitalmente por GAVIDIA
CHUCAN Cesar Miguel FAU
20148092282 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 17.08.2023 17:37:38 -05:00

Firma del Director/Editor/revisor _____

DNI: 09222190

Nombres y apellidos del Revisor: Cesar Miguel Gavidia Chucán



AGRADECIMIENTO

A la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, por darme la oportunidad que crecer profesionalmente.

Al Dr. Wilfredo, por compartir conmigo sus conocimientos, experiencia y amistad a lo largo de estos años.

A los integrantes del equipo de investigación en biotecnologías reproductivas (BioRep), quienes hicieron posible este trabajo de investigación.

Al personal del C.I.P. “Quimsachata”, por el apoyo brindado en la realización del presente trabajo

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN.....	iv
ABSTRACT.....	v
LISTA DE CUADROS	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE ANEXOS	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA	3
2.1. CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES DE LOS CAMELIDOS SUDAMERICANOS.....	3
2.1.1. FERMENTACIÓN Y MICRORGANISMOS DEL RUMEN.....	3
2.1.2. CONSUMO.....	4
2.1.3. ADAPTACIONES METABÓLICAS.....	5
2.1.4. ENERGÍA	5
2.1.4.1. REQUERIMIENTO PARA PREÑEZ	7
2.1.5. CARBOHIDRATOS.....	7
2.1.6. PROTEÍNAS	8
2.2. FISIOLÓGÍA REPRODUCTIVA DE LA HEMBRA.....	9
2.2.1. ACTIVIDAD OVÁRICA.....	9
2.2.2. OVULACIÓN.....	10
2.2.3. CUERPO LÚTEO.....	10
2.2.4. RECONOCIMIENTO MATERNAL DE LA PREÑEZ.....	11
2.2.5. EFECTO DE LA NUTRICIÓN EN LA REPRODUCCIÓN.....	11
2.3. ADAPTACIONES METABÓLICAS: NITRÓGENO ÚRICO EN SANGRE (NUS) 13	
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
3.1. LUGAR Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO.....	15
3.1.1. INSTALACIONES.....	16
3.2. DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL EXPERIMENTAL	16
3.2.1. ANIMALES	16
3.2.1.1. HEMBRAS	16
3.2.1.2. MACHOS.....	16

3.2.1.3. SUPLEMENTO ALIMENTICIO.....	17
3.3. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	17
3.3.1. PERIODO DE ACOSTUMBRAMIENTO	17
3.3.2. INICIO DE LA ETAPA EXPERIMENTAL	18
3.3.2.1. PERIODO DE SUPLEMENTACIÓN ALIMENTICIA.....	18
3.3.2.2. SINCRONIZACIÓN DE LA ONDA FOLICULAR.....	18
3.3.2.3. EVALUACIÓN ECOGRAFÍA DE LA DINÁMICA FOLICULAR.....	19
3.3.2.4. EMPADRE CONTROLADO	19
3.3.2.5. OVULACIÓN, TAMAÑO DEL CUERPO LÚTEO Y DIAGNOSTICO DE GESTACIÓN.....	19
3.3.2.6. NIVELES DE NITRÓGENO ÚRICO EN SANGRE	20
3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	20
IV. RESULTADOS.....	22
4.1. EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN EN EL TAMAÑO DEL FOLÍCULO DOMINANTE	22
4.2. EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN EN LA TASA DE OVULACIÓN.....	22
4.3. EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN EN EL TAMAÑO DEL CUERPO LÚTEO	23
4.4. EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN EN EL MANTENIMIENTO DE LA GESTACIÓN.....	23
4.5. EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN EN LOS NIVELES DE NITRÓGENO ÚRICO EN SANGRE	24
V. DISCUSIÓN	26
VI. CONCLUSIONES.....	34
VII. LITERATURA CITADA	35
VIII. SECCIÓN APÉNDICE.....	47

RESUMEN

La crianza de alpacas constituye una actividad de gran importancia para la población altoandina; sin embargo, las tasas de preñez y tasas de nacimientos solo son de 50% los cuales dependen de varios factores, entre ellos el factor nutricional, el cual puede ser controlado y tiene una influencia directa en la reproducción. Una de las principales limitantes en la suplementación alimenticia de alpacas es la escasa información sobre el rol de la nutrición en camélidos y en menor proporción sobre el rol de la nutrición en su reproducción. El presente trabajo de investigación tiene como objetivo evaluar el efecto de una suplementación alimenticia sobre la sobrevivencia embrionaria, considerando variables como tamaño del folículo dominante (TFD), tasa de ovulación (TO), tamaño del cuerpo lúteo (TCL), tasas de preñez (TP) al día 26 y 40 y niveles de Nitrógeno Úrico en Sangre (NUS). Se utilizaron 57 hembras adultas, vacías, sin cría al pie; se distribuyeron los animales de forma aleatoria en dos grupos: Grupo Control (GC n= 30) y Grupo Tratamiento (GT n= 27). El GT fue suplementado con 150 gr/día/animal de alimento comercial para vacas lecheras de alta producción durante todo el experimento (90 d). Se realizó un seguimiento ecográfico a los animales de ambos grupos para registrar los siguientes datos: TFD (previo a la copula), TO (día 2 post-copula), TCL (día 9 post copula), TP al día 26 y día 40 post-copula. El día 40 post-copula se colectó 10 mL de sangre de 05 animales de cada grupo para evaluar los niveles de NUS. Para el análisis de la información se utilizó t-Student, para determinar diferencias entre estructuras ováricas, Chi-Cuadrado para tasas de ovulación y preñez y U Mann Whitney para los niveles de urea en sangre. Los resultados obtenidos para el GC y GT respectivamente fueron: Tamaño del folículo dominante 7.03 mm \pm 0.42 y 7.33 mm \pm 0.54 ($p \geq 0.05$), tasa de ovulación 93.33% y 96.30% ($p \geq 0.05$), tamaño del cuerpo lúteo 9.74 \pm 0.90 mm y 11.66 \pm 0.91 mm ($p \geq 0.05$), tasa de preñez al D26 75.00% y 52.00% ($p \geq 0.05$), tasa de preñez al D40 71.43% y 52.00% ($p \geq 0.05$), nitrógeno úrico en sangre 24.0 mg/dL \pm 3.81 y 39.8 mg/dL \pm 3.35 ($p \leq 0.05$).

Palabras clave: alpaca, suplementación alimenticia, sobrevivencia embrionaria.

ABSTRACT

The raising of alpacas is an activity of great importance for the high Andean population; However, pregnancy rates and birth rates are only 50%, which depend on several factors, including the nutritional factor, which can be controlled and has a direct influence on reproduction. One of the main limitations in the nutritional supplementation of alpacas is the little information on the role of nutrition in camelids and less information on the role of nutrition in their reproduction. This research aims to evaluate the effect of a food supplementation on embryo survival, considering variables such as dominant follicle size (PDT), ovulation rate (OT), corpus luteum size (TCL), pregnancy rates (PT) at day 26 and 40 and levels of Uric Nitrogen in Blood (NUS). 57 adult females were used, empty, without calf at the foot; The animals were randomly distributed into two groups: Control Group (CG n = 30) and Treatment Group (GT n = 27). The GT was supplemented with 150 gr / day / animal of commercial feed for high-production dairy cows throughout the experiment (90 d). The animals of both groups were followed by ultrasound to record the following data: PDT (prior to copulation), TO (day 2 post-copulation), TCL (day 9 post-copulation), TP at day 26 and day 40 post-copulation. On day 40 post-copulation, 10 mL of blood was collected from 05 animals of each group to evaluate the levels of NUS. For the information analysis, Student's t-test was used to determine differences between ovarian structures, Chi-Square for ovulation and pregnancy rates, and U Mann Whitney for blood urea levels. The results obtained for the CG and GT respectively were: Size of the dominant follicle $7.03 \text{ mm} \pm 0.42$ and $7.33 \text{ mm} \pm 0.54$ ($p \geq 0.05$), ovulation rate 93.33% and 96.30% ($p \geq 0.05$), size of the corpus luteum $9.74 \pm 0.90 \text{ mm}$ and $11.66 \pm 0.91 \text{ mm}$ ($p \geq 0.05$), pregnancy rate at D26 75.00% and 52.00% ($p \geq 0.05$), pregnancy rate at D40 71.43% and 52.00% ($p \geq 0.05$), blood uric nitrogen $24.0 \text{ mg / dL} \pm 3.81$ and $39.8 \text{ mg / dL} \pm 3.35$ ($p \leq 0.05$).

Key words: alpaca, nutritional supplementation, embryonic survival.

LISTA DE CUADROS

- 1.** Cuadro N° 1. Modelos de predicción de requerimientos energéticos para llamas y alpacas para diferentes estados fisiológicos
- 2.** Cuadro N° 2. Análisis Proximal del Suplemento Alimenticio
- 3.** Cuadro N° 3. Resultados del efecto de la suplementación alimenticia en tamaño del folículo dominante, tasa de ovulación, tamaño del Cuerpo Lúteo, Tasa de preñez al día 26 y 40, nitrógeno úrico sérico de los grupos Control y Tratamiento.

LISTA DE FIGURAS

1. Figura 1. Comparación del consumo de materia seca (CMS) como porcentaje de su peso vivo para llamas y alpacas en mantenimiento.

LISTA DE ANEXOS

1. Figura A1. Suplementación alimenticia del Grupo Tratamiento.
2. Figura A2. Suplementación alimenticia del Grupo Tratamiento. Grupo Control esperando el pastoreo.
3. Figura A3. Folículo Dominante de 7.7 mm, diagnosticado por ecografía.
4. Figura A4. Empadre controlado de ambos grupos experimentales.
5. Figura A5. Diagnóstico de vesícula embrionaria a los 26 días.
6. Figura A6. Diagnóstico embrión a los 40 días.
7. Figura A7. Registro del peso de los animales.

I. INTRODUCCIÓN

Según el Censo Agropecuario del año 2012, la Sierra posee el 57.5% de la superficie agropecuaria total de Perú, concentrando casi el 100% de la población de alpacas con 3'685,516 de cabezas, la cual ha tenido un incremento del 50.2 % respecto al Censo de 1994. Las alpacas son administradas por 82,459 unidades agropecuarias que en su mayoría son pequeños y medianos productores (INEI, 2012). Los principales productos que derivan de esta especie domestica son: la fibra, cuyas características singulares, en especial la de finura, hace que tenga una cotización alta en el mercado nacional e internacional; la carne, cuyo valor nutritivo es similar a otras carnes; las pieles y cueros, con múltiples usos industriales y artesanales; y el estiércoles, que se usa como fertilizante o como combustible; estas características hacen que la crianza de alpacas se constituya como una actividad económica de gran importancia para un vasto sector de la población altoandina de Perú (Fernández-Baca, 1991).

Existen muchos factores causantes de una baja fertilidad en animales de producción como la genética, inadecuada nutrición, sanidad y en general un pobre bienestar de los animales. El consumo de alimento y las reservas de energía en el cuerpo son aspectos claves y determinantes para el éxito reproductivo en mamíferos, por lo que

la nutrición se convierte en uno de los factores más importantes que tienen influencia directa en la reproducción y pueden ser controlados (Lucy, 2001; Webb *et al.*, 2004).

En la actualidad existe limitada información sobre nutrición en camélidos sudamericanos y en menor proporción sobre el rol de la nutrición en la reproducción, por lo que muchas investigaciones se han limitado a extrapolar las prácticas alimenticias de otras especies como ovinos o vacunos, para así buscar diversas maneras de aumentar la productividad de los Camélidos Sudamericanos (CSA).

A estos problemas se adiciona, que durante la época previa al empadre las alpacas están expuestas a poca disponibilidad de alimento, lo que ocasiona un déficit de consumo de nutrientes como son proteína y energía principalmente así como de otros nutrientes esenciales necesarios en la etapa de reproducción, situación que contribuiría a una nutrición deficiente, como ha sido reportado en vacunos, donde un pobre manejo nutricional, particularmente antes y después del parto, es factor clave de la baja fertilidad (Lucy, 2001; Roche, 2006; Webb *et al.*, 2004)

Los camélidos presentan similar tasa de fecundación que otras especies domésticas, con un 90% de fecundación (Fernández-Baca *et al.*, 1970; Vaughan y Tibary, 2006). Sin embargo, las tasas de mortalidad embrionaria, tasas de preñez y tasas de nacimientos son alrededor del 50% (Vaughan, Tibary, 2006, Fernández-Baca *et al.*, 1970, Olivera *et al.*, 2003, Bravo *et al.*, 2010), lo que hace que los camélidos sudamericanos en nuestro país sean considerados una especie con baja tasa de fertilidad frente a otras especies domésticas (Fernández-Baca *et al.*, 1970).

El uso de estrategias nutricionales en los sistemas de crianza tradicional de alpacas podría ser una alternativa para mejorar la calidad nutricional de la dieta y con ello este incrementar las tasas de fertilidad de las alpacas. El presente trabajo se realizó con el objetivo de evaluar el efecto de la suplementación alimenticia sobre la sobrevivencia embrionaria de alpacas, en base a la tasa de preñez al día 26 y la tasa de sobrevivencia embrionaria al día 40.

II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA

2.1. CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES DE LOS CAMÉLIDOS SUDAMERICANOS

2.1.1. FERMENTACIÓN Y MICRORGANISMOS DEL RUMEN

Se conoce que los camélidos tienen una población microbiana similar a la de los rumiantes; sin embargo, los camellos tienen menos bacterias que los rumiantes y las llamas tienen una mayor población de bacterias acetogénicas (Ghosal *et al.*, 1981; Morvan *et al.*, 1996). Otras similitudes son que no existe una marcada diferencia en la producción de Ácidos Grasos Volátiles (AGV), durante el periodo de fermentación del alimento, entre rumiantes y CSA (Fowler, 1998); pero existe una absorción de los AGV de hasta tres veces más rápida en los CSA, por este motivo los compartimientos 1 y 2 (C1 y C2) de estos poseen la capacidad de estabilizar su pH, un mayor reciclaje de urea, alta tasa de dilución, un incremento en la velocidad de la fase líquida, un alto contenido de amoníaco-nitrógeno (NH₃-N); aspectos que nos brindan una mejor síntesis microbiana y menor gasto de energía para mantener la población microbiana (Hinderer y Engelhardt, 1975; Ørskov, 1982; Heller *et al.*, 1986; San Martín, 1987; Russell *et al.*, 1992; Fowler, 1998)

2.1.2. CONSUMO

El consumo de materia seca en las alpacas es 1.8%, para llamas 2% y para ovinos es de 3.3% con respecto a su peso vivo y en condiciones estabuladas (San Martín, 1987; San Martín y Bryant, 1989), otros autores sugieren que el consumo de materia seca es de 1.7% y 1.5% de su peso vivo para alpacas y llamas respectivamente (López y Raggi, 1992). Estos valores en consumo superan a los esperados por el Consejo Nacional de Investigación de 1% y 1.5% (NRC, 2007), como se muestra en la Figura 1. Además se reportó que bajo condiciones de pastoreo en praderas nativas las alpacas y llamas tienen un consumo 26% menor que los ovinos (San Martín, 1987), debido a un mayor tiempo de retención de las partículas en el tracto digestivo (López *et al.*, 1998; San Martín, 1999); este bajo consumo junto a su capacidad digestiva ofrecen ventajas en la producción a futuro de los CSA (San Martín y Van Saun, 2014); y en relación al peso metabólico (PM) las llamas presentan un ligero aumento en el consumo frente a las alpacas, de 46.1 versus 39.4 g/kg de PM (Carmean *et al.*, 1992; López *et al.*, 1998; Sponheimer *et al.*, 2003; Robinson *et al.*, 2005; Robinson *et al.*, 2006; Davies *et al.*, 2007a; Davies *et al.*, 2007b)

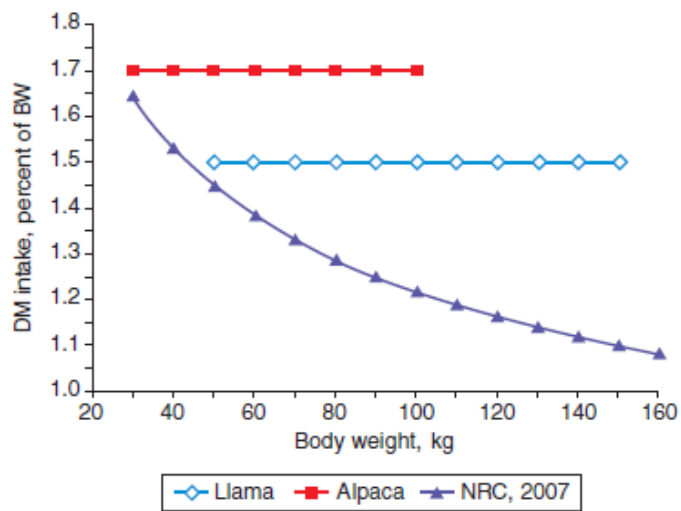


Figura 1. Comparación del consumo de materia seca (CMS) como porcentaje de su peso vivo para llamas y alpacas en mantenimiento

Fuente: (NRC, 2007)

Similarmente los camélidos ven influenciada su capacidad de consumo por los contenidos de Fibra Detergente Neutra (FDN) y de proteína en la dieta, es decir que el consumo de FDN de los CSA como porcentaje del peso vivo es de $0.9\% \pm 0.3$ del peso vivo, el cual es menor cuando se compara con los rumiantes. (San Martín y Bryant, 1989; San Martín, 1991; López *et al.*, 1998). El bajo consumo de FDN es consistente con el mayor tiempo de retención en el C1 lo que facilita la fermentación en los CSA (San Martín y Van Saun, 2014)

2.1.3. ADAPTACIONES METABÓLICAS

Tanto los rumiantes como los CSA no absorben grandes cantidades de glucosa en su dieta, los microorganismos del compartimento 1 (C1) fermentan eficientemente el azúcar en Ácidos Grasos Volátiles (AGV) en los rumiantes y en los CSA dependen predominantemente de la gluconeogénesis hepática para mantener sus niveles de glucosa, debiendo ser el propionato el principal sustrato en los CSA así como lo es en rumiantes (San Martín y Van Saun, 2014). Se conoce que los CSA consumen dietas con mínimo contenido de almidón (< a 5% en MS), entonces el propionato no sería suficiente para mantener la alta demanda de gluconeogénesis y así mantener las altas concentraciones de glucosa en la sangre de los CSA, debido a esto se hipotetiza que los CSA utilizan aminoácidos para mantener el contenido de glucosa en la sangre, esta teoría se apoya en la adaptación que tuvieron los camélidos para producir mayor proteína microbiana (San Martín y Van Saun, 2014). También esta teoría se apoya en el rol de los aminoácidos en la regulación de la glucosa debido a la proporción de proteína – energía de 47g a 1 Mcal en CSA comparado a la de los rumiantes (31 g a 1 Mcal) (Van Saun, 2006).

2.1.4. ENERGÍA

La información acerca de los requerimientos de energía de los CSA está limitada en su mayoría al mantenimiento de llamas. No hay estudios que evaluaron los requerimientos de energía para diferentes estadios fisiológicos, específicamente para

alpacas. Por esta razón, en la actualidad se realiza la extrapolación de los requerimientos de energía de cabras (Bryant *et al.*, 1989)

Van Saun en el año 2014 utilizó como referencia diversos trabajos de investigación para mejorar sus modelos iniciales de los requerimientos nutricionales de los CSA, los cuales se muestran en la siguiente Cuadro 1.

Cuadro N° 1. Modelos de predicción de requerimientos energéticos para llamas y alpacas para diferentes estados fisiológicos

Estado fisiológico	Modelo de predicción	Descripción
Mantenimiento	ME (kcal/día) = 72.85 kcal/kg PM	Valores de mantenimiento para llamas y alpacas. El valor no está ajustado para las influencias medio ambientales
Actividad/Nivel de trabajo	Factor de ajuste	
Bajo	91.06 kcal/kg PM	Pastoreo en pasturas de calidad moderadas-buenas
Moderado	109.28 kcal/kg PM	Pastoreo en lugares semi áridos, bajo condiciones montañosas.
Alto	127.49 kcal/kg PM	Pastoreo en lugares de escaso forrajes, bajo condiciones montañosas.
Extremo	163.91 kcal/kg PM	Pastoreo en ambientes duros con escasa pastura y de baja calidad
Preñez	EM (kcal/día) = 66.0 kcal/kg PM	Modelo alternativo para los 3 últimos meses de gestación, agregar a los requerimientos de energía.
1 a 8 meses	Usar modelos de mantenimiento	
8 a 9 meses	EM (kcal/día) = (65.34 × Peso al nacimiento, kg) – 33.50	Agregar a los requerimientos de mantenimiento
9 a 10 meses	EM (kcal/ día) = (131.68 × Peso al nacimiento, kg) – 39.74	
10 a 11 meses	EM (kcal/día) = (203.51 × Peso al nacimiento, kg) + 86.12	

Fuente: (Van Saun, 2014)

El requerimiento de mantenimiento de alpacas en condiciones estabuladas fue de 105.9 kcal/kg PM/d (Franco *et al.*, 2009) superior a lo reportado por Engelhardt y Schneider (1977) 61.19 kcal/kg PM/d y por Carmean *et al.* (1992) 84.5 kcal/kg PM/d en llamas y por Newman y Paterson (1994) 65.97 kcal/kg PM/d en alpacas, e iguales a los hallados por Russel y Redden (1997) también en alpacas. Pero cuando se comparan con otros rumiantes los resultados de Franco *et al.* (2009) son similares a los que se presentan el ovino 99.9 kcal/kg PM/d y el caprino 101.4 kcal/kg PM/d, pero inferiores a los requerimientos del vacuno 133 kcal/kg PM/d.

2.1.4.1. REQUERIMIENTO PARA PREÑEZ

Este requerimiento tiene que adicionar además del mantenimiento las necesidades de energía para el desarrollo fetal, de placenta, útero y crecimiento de la glándula mamaria. Van Saun (2014) en un trabajo previo de determinó que las llamas ganan entre el 10% a 15% de su peso vivo al momento de la concepción durante la gestación, y más del 60% de esta ganancia se da durante los últimos 2 meses de gestación, el cual muestra un patrón similar al de otras especies (Smith *et al.*, 1992).

Uno de los primeros trabajos sugería incrementar en un 90% los requerimientos de energía de mantenimiento (agregando 76.26 kcal EM/kg PM) para el mantenimiento de la preñez en CSA (Fowler, 1989). Adicionalmente existen otras sugerencias, las cuales extrapolan la información de ovejas nos ofrecen los valores para mantenimiento de preñez de 138.8 kcal EM/kg PM (Van Saun, 2006) o 160.9 EM/kg PM (NRC, 1985)

2.1.5. CARBOHIDRATOS

Los carbohidratos comprenden más de 70% de la dieta de los CSA, por lo tanto, constituyen la mayor fuente de energía en la dieta de los CSA. Al igual que con otros animales de fermentación en el pre estómago, la fuente de energía principal para estos son los ácidos grasos volátiles (AGV), y de esta manera existirán pocos carbohidratos digeribles presentes en el intestino delgado debido a la eficiente fermentación microbiana

del C1. Los AGV primarios disponibles para el animal en la utilización de la energía son acetato, propionato, y butirato. La fermentación del azúcar y el almidón genera una mayor cantidad de propionato, que se convierte exclusivamente en glucosa en el hígado. Además del propionato, la fermentación de carbohidratos digeribles resulta en la producción de ácido láctico que puede acumularse, lo que resulta en la reducción del pH y disminución de la fermentación de la fibra en el sistema de fermentación. La fermentación de la fibra genera relativamente más acetato y butirato, los cuales son sustratos para la oxidación de tejidos para la energía o la conversión a las grasas y utilizados por los tejidos. Los camélidos sudamericanos están bien adaptados para consumir dietas predominantemente de carbohidratos estructurales (Van Saun, 2014)

2.1.6. PROTEÍNAS

Los aminoácidos entran en diversas vías del ciclo del ácido cítrico para generar trifosfato de adenosina (ATP), similar a los hidratos de carbono, sino que también generan una molécula de amoníaco. La desintoxicación del amoníaco producido se realiza a través del ciclo de la urea, a un costo de energía, lo que resulta en valores de EM (Energía Metabolizable) similares para los carbohidratos y las proteínas. La producción de urea resultante de la oxidación de aminoácidos no sólo requiere entrada de energía, sino que también aumenta la necesidad de agua del animal para excretar urea; por lo tanto, la oxidación de proteínas como fuente de energía es muy ineficiente en comparación con los hidratos de carbono o grasas. En condiciones de balance negativo de energía, los animales pueden utilizar aminoácidos como sustrato para la gluconeogénesis en un esfuerzo para mantener la disponibilidad de glucosa para apoyar a los tejidos dependientes de glucosa, el desarrollo fetal, o producción de leche. Además, cabe resaltar que no se encontró información bibliográfica acerca de los requerimientos proteicos de los CSA (Van Saun, 2014).

2.2. FISIOLÓGÍA REPRODUCTIVA DE LA HEMBRA

2.2.1. ACTIVIDAD OVÁRICA

Las alpacas hembras son de ovulación inducida, por lo que necesitan el estímulo exógeno de la copula y desencadenar la secreción de la hormona luteinizante (LH), responsable de inducir la ovulación (San Martín *et al.*, 1968). Por su condición de ovuladoras inducidas, se consideran tres estadios reproductivos: a) no ovulatorios; b) ovulatorios, pero no preñadas y c) preñadas (Adams, 2007). El desarrollo folicular ovárico presenta un crecimiento en ondas, similar a otras especies, con fases de crecimiento, estática y regresión (Bravo y Sumar, 1989; Chaves *et al.*, 2002; Adams, 2007).

En alpacas hembras fértiles, no empadradas, durante cada onda folicular, un grupo de folículos es reclutado, seguido por la aparición de un grupo de folículos antrales de un tamaño de 4 a 5 mm; solo uno de estos folículos será seleccionado y se convertirá en el folículo dominante (FD) mientras los demás se atresian y regresionan debido al efecto negativo que tiene el FD, que continuará su crecimiento; y si no ocurre el estímulo de la cópula para su ovulación regresionará. Antes de la regresión del FD, nuevos folículos emergen y comienzan su crecimiento, lo que demostraría que existe un fenómeno conocido como “ondas foliculares superpuestas”. No es posible determinar a la ecografía que folículo está en crecimiento o regresión con una simple evaluación, por tanto, es necesaria la evaluación continua de la dinámica folicular (Adams *et al.*, 1989).

En alpacas, el tamaño máximo del folículo dominante varía de 8 a 12 mm. La duración de una onda folicular (crecimiento, mantenimiento y regresión) dura aproximadamente 12 días, encontrándose reportes de intervalos de hasta 22 días (Bravo y Sumar, 1989; Vaughan *et al.*, 2004). Existe una relación cercana entre el tamaño del folículo dominante y la secreción de estradiol-17 β , cual tiene su pico, en plasma, 8 días después de iniciada la fase de crecimiento folicular coincidiendo con el tamaño máximo del FD (Vaughan y Tibary, 2006).

2.2.2. OVULACIÓN

En CSA usualmente solo un ovocito es liberado al momento de la ovulación, inducida por el estímulo de la copula, y el hipotálamo no es sensible a las concentraciones de estradiol, como ocurre en los rumiantes; necesitando una señal neuronal para estimular la secreción de GnRH pulsátil y la subsecuente liberación de LH, responsable de la ovulación. Esta señal neuronal fue reportada inicialmente por (Sumar, 1994) y fue denominada FIO (Factor de Inducción a Ovulación) presente en el plasma seminal de las llamas y alpacas y que ha sido identificada como el Factor de Crecimiento Neural- β (Paolicchi *et al.*, 1994; Kershaw-Young *et al.*, 2012; Ratto *et al.*, 2012).

Se ha reportado que la ovulación en CSA ocurre aproximadamente a las 30 h (con rangos entre 24 a 48 horas) después de la copula o después de la administración de hormonas LH, GnRH o plasma seminal (Aba *et al.*, 2000; Kershaw-Young *et al.*, 2012; Huanca *et al.*, 2014). Según el trabajo de Bravo *et al.* (1991) afirman que solo los folículos dominantes con tamaño entre 7 y 12 mm originan cuerpos lúteos normales y funcionales.

2.2.3. CUERPO LÚTEO

Desde de la ovulación, la ruptura del folículo se transforma en el cuerpo lúteo (CL), el cual está formado por células esteroideas responsables de la secreción de grandes cantidades de progesterona, y puede ser claramente detectado 4 a 5 días después de la copula (2 a 3 días después de la ovulación) (Fernández-Baca *et al.*, 1973). El CL alcanza su tamaño máximo (12 a 14 mm) en el día 8 o 9 después de la copula en hembras no preñadas, momento en el cual comienza su regresión, completando este proceso de regresión entre el día 15 y 18 (Adams *et al.*, 1991). En hembras preñadas, el diámetro máximo del CL es de 16 mm, alcanzando su tamaño máximo al día 21.4 ± 1.2 ; siendo este muy importante para el mantenimiento de la gestación (Sumar, 1988)

2.2.4. RECONOCIMIENTO MATERNAL DE LA PREÑEZ

La información disponible afirma que el reconocimiento maternal de la preñez (RMP) ocurre alrededor de los días 8 y 10 después de la copula en CSA (Picha *et al.*, 2013). El mecanismo por el cual la liberación pulsátil de PGF2 α desde el útero es deprimida (pero no suprimida) en las alpacas preñadas aun no es conocido; de la misma forma, aun no se ha podido identificar alguna sustancia similar al Interferón- τ (IF- τ) de ovino o bovinos (Skidmore, 2005). En contraste, se conoce que los blastocistos de llama antes de la implantación incrementan su producción de estradiol-17 β durante los días 7 a 15 de la gestación (Powell *et al.*, 2007); por otra parte, la inyección de 200 mg de estradiol administrado en los días 8 y 9 después de la ovulación, incrementó la sobrevivencia embrionaria de 57.1% (control) a 86.7% (tratamiento); lo que nos haría referencia de que los estrógenos del embrión están involucrados en el proceso de reconocimiento maternal de la preñez (Chipayo *et al.*, 2003).

2.2.5. EFECTO DE LA NUTRICIÓN EN LA REPRODUCCIÓN

En la actualidad, existe limitada información respecto al efecto que tiene la nutrición en los diferentes parámetros reproductivos de los CSA. La mayoría de la información nutricional de los CSA es extrapolada de vacunos y ovinos. Sin embargo, es importante señalar que una mala alimentación en vacas y ovinos retrasa el inicio de la pubertad, interrumpe la dinámica folicular en animales sexualmente maduros y alarga el periodo de anestro (Lucy *et al.*, 1991; Scaramuzzi *et al.*, 2006). El mecanismo más importante por el cual una mala alimentación afecta a la actividad reproductiva es la supresión de los incrementos en frecuencia de los pulsos de LH que es necesario para que los folículos en crecimiento pasen a la etapa pre ovulatoria. Una mala nutrición inhibe la secreción pulsátil de LH al reducir la secreción de la hormona GnRH por parte del hipotálamo, ocasionando un reducido crecimiento folicular y anestro (Schillo, 1992). De la misma forma, deficiencias o excesos nutricionales pueden impedir el desarrollo anatómico (pubertad, el crecimiento embrionario o fetal), afectando directamente la

función reproductiva (foliculogénesis, la ovulación, CL función) (Bauman and Currie, 1980).

En el trabajo de Ardalan *et al.*, 2009 se usó colina *by pass* o RPC (Rumen-protected choline) como suplemento alimenticio en vacas lecheras debido a su estrecha relación con la metionina, vitamina B12 y ácido fólico. También se utilizó metionina protegida debido a que está relacionada con la síntesis de fosfolípidos, carnitina, creatina y poliaminas. Ambos tratamientos disminuyeron significativamente: días abiertos en vacas lactantes, número de servicios por concepción y tuvieron un efecto positivo, pero no significativo, en el número de vacas preñadas. Además, Lima *et al.*, 2012, mencionan que la adición de RPC en la dieta no tiene efectos benéficos en la reproducción de vacas lecheras.

El efecto que tiene la suplementación alimenticia en los parámetros reproductivos de rumiantes viene siendo investigado. Por ejemplo, Jahani-Moghadam *et al.* en el año (2015) reportaron que la suplementación alimenticia en vacas lecheras ocasiona ovarios quísticos; sin embargo, diversos autores (Spicer *et al.*, 1991; Lents *et al.*, 2008) reportaron un incremento en tamaño de los FD de vacas con dietas enriquecidas con PC.

Por otra parte, la suplementación alimenticia incrementa las tasas de ovulación en vacas, debido a un incremento en las concentración de IGF – 1 (Murphy *et al.*, 1991; Bossis *et al.*, 2000), además del incremento en la funcionalidad del cuerpo luteo (Ryan *et al.*, 1992; Lammoglia *et al.* 1996; McNamara *et al.*, 2003) mejorando el desarrollo embrionario (Jordan *et al.*, 1983; Bilby *et al.*, 2006a; Marei *et al.*, 2009) y la sobrevivencia embrionaria (Leroy *et al.*, 2005, 2008a, , 2008b, 2014)

Diversos trabajos usaron dietas con alto contenido de proteína cruda, produciendo incrementos en las concentraciones de amoniaco sanguíneo (6.3 a 8.0 $\mu\text{g/ml}$), lo que se refleja en el incremento de las concentraciones de proteínas totales en las secreciones uterinas (Jordan y Swanson, 1979). También se ha demostrado que la suplementación proteica en vacas incrementa las concentraciones de IGF – I (Lents *et al.*, 2008; Spicer *et al.*, 1991) y tiene tendencias positivas al incremento en tamaño del FD, siendo este incremento mayor si la condición corporal es óptima (Lents *et al.*, 2008). Por otra parte, la adición de dietas con altos valores de ácidos grasos insaturados o de jabones de calcio, incrementa el tamaño de los FD, sin embargo, dietas con bajo contenido de ácidos grasos

insaturados tienden a tener mayor volumen de folículos (Lucy *et al.*, 1991; Zachut *et al.*, 2008).

Adicionalmente la suplementación alimenticia tiene efecto directo en el pH uterino (Lucy *et al.*, 1992; Butler, 1998) influyendo directa o indirectamente en la fertilidad de rumiantes (Ferguson *et al.*, 1988 y 1993; Jordan *et al.*, 1983; Carroll *et al.*, 1988; Howard *et al.*, 1987; Parr *et al.*, 1992; Parr *et al.*, 1993).

Trabajos recientes como el de Rojas (2015) utilizando heno de avena y alfalfa como suplemento alimenticio 15 días antes de la copula encontró que la tasa de fertilidad fue de 83.3 % para el grupo tratamiento y 66.7 % del grupo control; cabe resaltar que los sistemas de empadre aplicados fueron el controlado, alterno y libre. Del mismo modo, la suplementación alimenticia de alpacas con heno de avena y alfalfa en el trabajo de Quispe (2017) no tuvo efecto significativo positivo en el tamaño del folículo dominante; sin embargo, si demostró que la suplementación alimenticia incrementa el número de folículos por onda, reportando además que las tasas de fertilidad de hembras suplementadas con heno de avena y alfalfa fue de 76.7 % y 80.0% respectivamente. Por otra parte, Ellmen (2004) demostró que una suplementación alimenticia de heno de alfalfa no tiene efecto significativo en las tasas de concepción, mortalidad embriofetal y peso corporal de vicuñas.

2.3. ADAPTACIONES METABÓLICAS: NITRÓGENO ÚRICO EN SANGRE (NUS)

Estudios recientes demuestran que las alpacas mantienen altas concentraciones de glucosa en sangre en comparación con rumiantes (5.7–8.9 mmol/L y 2.8–4.4 mmol/L respectivamente) (Cebra *et al.*, 2000; Cebra *et al.*, 2001; Cebra 2009) y que solo excretan alrededor del 3% de la urea producida por hora, comparado con el 12% por hora de otros animales en circunstancias similares (Burton *et al.*, 2002). Debido a la dieta forrajera de las alpacas, el propionato, resultado de la fermentación microbiana, resulta ser insuficiente para mantener la alta demanda glucogénica. Por lo tanto, la teoría actual sugiere que las alpacas utilizan aminoácidos para mantener el contenido de glucosa en

sangre y fomentan la producción de mayor proteína microbiana (Van Saun, 2006). La utilización de aminoácidos para mantener la demanda glucogénica requiere de la eliminación de amoníaco, el cual llega al hígado y es sintetizado en urea. La concentración de NUS en alpacas resulta ser mayor a la de los rumiantes (Lassen et al., 1986; Fowler y Zinkl, 1989; Kaneko, 1989; Simons et al., 1993; Olazabal et al., 2015a; Olazabal et al., 2015b)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO.

El presente estudio se realizó en el Centro de Investigación y Producción Quimsachata, perteneciente Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), ILLPA , Puno, Programa Nacional de Innovación Agraria en Camélidos (PNIA). El CIP Quimsachata está ubicado entre los distritos de Santa Lucia y Cabanillas de las provincias de Lampa y San Román respectivamente, a 15°04'00" latitud sur y 70°78'00" longitud oeste y tiene una altitud promedio de 4 300 m.s.n.m. está a 118 km de la ciudad de Puno, con una extensión total de 6 281 has. La temperatura varía entre 3°C para los meses de Mayo a Julio y 15°C entre setiembre y diciembre, con un promedio anual de 7°C. La fase experimental del presente estudio se llevó a cabo los meses de enero a mayo.

El Análisis Proximal del suplemento alimenticio se realizó en el Laboratorio de Bioquímica, Nutrición y Alimentación Animal y el Análisis de Urea se realizó en el Laboratorio de Patología Clínica de la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

3.1.1. INSTALACIONES

En las instalaciones del CIP Quimsachata se construyeron corrales individuales de 1.5 x 2 m., cada uno equipado con un comedero y un bebedero, con la finalidad de confinar a las unidades experimentales para el consumo del suplemento alimenticio ofrecido. Para el pastoreo se utilizó un potrero de pastura natural el cual fue destinado exclusivamente para el presente experimento.

3.2. DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL EXPERIMENTAL

3.2.1. ANIMALES

3.2.1.1. HEMBRAS

Utilizando la fórmula de diferencia de proporciones, con un nivel de significancia del 95%, con un poder de prueba de 80% y con una diferencia del 30% entre los grupos experimentales se calculó el tamaño de muestra, obteniendo 25.27 animales/grupo.

Se seleccionaron 60 hembras vacías, no gestantes, sin cría al pie, raza Huacaya, edad promedio de 6 a 7 años, peso vivo promedio de 44.7 kg \pm 4.2. Los animales seleccionados reportaron fertilidad comprobada (al menos un parto, demostrado con registros). Para verificar que no tuvieran algún problema reproductivo, se observó mediante ecografía que los animales estén libres de infecciones uterinas, quiste folicular o luteal. El total de animales se dividió en dos grupos experimentales de 30 animales cada uno, usando la tabla de números aleatorios. Por razones de fuerza mayor, 03 animales del Grupo Tratamiento fueron separados del experimento.

3.2.1.2. MACHOS

Del grupo de machos reproductores del plantel se seleccionaron 30 ejemplares adultos, de la raza huacaya a los cuales se les verificó la fertilidad usando los registros de empadre y nacimiento de la institución.

3.2.1.3. SUPLEMENTO ALIMENTICIO

Se utilizó un alimento comercial de uso en vacas lecheras como suplemento alimenticio. El suplemento estaba compuesto de maíz amarillo, subproductos de trigo y arroz, harina de girasol, torta de soya, harina integral de soya, harina de pescado, melaza, grasa by pass, fosfato de calcio, carbonato de calcio, sal común, sesquicarbonato de sodio y pre mezclas vitaminas-minerales. El análisis proximal se presenta en la Cuadro 2.

Cuadro N° 2. Análisis Proximal del Suplemento Alimenticio

Base Seca	
Humedad	91.16
Proteína	23.16
Extracto Etéreo	0.42
Fibra Cruda	7.40
Cenizas	5.11
ENN	63.91

Fuente: (Elaboración propia)

3.3. DISEÑO EXPERIMENTAL

3.3.1. PERIODO DE ACOSTUMBRAMIENTO

En este periodo, las hembras de ambos grupos, fueron debidamente identificadas mediante la colocación de collares, con colores y números característicos para cada

tratamiento. Luego fueron confinadas en un corral, donde se encontraban los corrales individuales destinados para los animales de grupo tratamiento. Los animales fueron separados dentro del mismo corral en dos grupos, Tratamiento (GT) y Control (GC). Luego los animales de GT eran trasladados a los corrales individuales, una vez dentro se les colocaba el comedero con el suplemento alimenticio. Para atraer la atención de las alpacas por los comederos, los primeros 3 días se mezclaron el suplemento alimenticio con heno de avena. Luego de esta etapa, se retiró el heno de avena y se les ofrecía el suplemento alimenticio adicionando de manera diaria el 10% de lo consumido el día anterior, hasta que todas las hembras llegaron a consumir la dieta establecida de 150 gr/día. El periodo de adaptación fue de 20 días.

3.3.2. INICIO DE LA ETAPA EXPERIMENTAL

3.3.2.1. PERIODO DE SUPLEMENTACIÓN ALIMENTICIA

Finalizado el periodo de acostumbramiento, se suministró 150 gr/animal/día del suplemento alimenticio al GT, en los corrales descritos anteriormente. El alimento fue otorgado de 6:00 a 8:00, momento en el que los animales, terminaban de consumir el suplemento y luego eran liberados para dirigirse a su potrero de pastoreo.

Por otra parte, el grupo Control (GC) esperaba de 6:00 a 8:00 a que los animales de GT consuman en su totalidad el suplemento alimenticio para poder salir a pastorear. Cabe resaltar que ambos grupos experimentales fueron pastoreados el mismo periodo de tiempo, bajo las mismas condiciones y en los mismos potreros. Este periodo de suplementación tuvo una duración de 30 días.

3.3.2.2. SINCRONIZACIÓN DE LA ONDA FOLICULAR

Con el propósito de uniformizar las ondas de crecimiento folicular y disponer de un folículo dominante en fase estática ≥ 7 mm, se procedió a la sincronización de la onda folicular con la aplicación de 1ml de acetato de buserelina (Conceptal® 0.004 mg de

acetato de buserelina). Este procedimiento se realizó 30 días después del inicio de la suplementación alimenticia (Ratto *et al.*, 2006).

3.3.2.3. EVALUACIÓN ECOGRAFÍA DE LA DINÁMICA FOLICULAR

El seguimiento de la dinámica folicular por ecografía se realizó de manera interdiaria, a las 18:00 horas, para no interrumpir las horas de suplementación y/o pastoreo de los animales. Una vez registrado el tamaño del folículo dominante ≥ 7 mm, y verificando que este se mantenía con el mismo tamaño por dos días, los animales de ambos grupos fueron empadrados a los 12 a 14 días posteriores a la sincronización de la onda folicular.

3.3.2.4. EMPADRE CONTROLADO

Utilizando los machos previamente seleccionados de hato de reproductores, los animales seleccionados de ambos grupos experimentales fueron empadrados. Para esto, un mismo ejemplar macho empadraba a un animal del Grupo Tratamiento y a un animal de Grupo Control, con el propósito de reducir el efecto que pudiera tener el macho sobre el experimento. Se registró el tiempo de copula, comprobando que tenga una duración mayor a 15 minutos. Si un macho no completaba el tiempo mínimo de 15 minutos, este volvía a repetir la cópula hasta completar el tiempo mínimo establecido.

3.3.2.5. OVULACIÓN, TAMAÑO DEL CUERPO LUTEO Y DIAGNOSTICO DE GESTACIÓN

Para efecto de la determinación de la tasa de ovulación, tamaño del CL y diagnóstico de gestación, se dispuso de un ecógrafo Aloka SSD 500, el cual estaba equipado con un transductor lineal de 5.0 MHz. El registro de la ovulación se realizó dos

(02) días después del empadre, tomando como indicador de este evento la ausencia (ovulación) y/o presencia (sin ovulación) del folículo dominante.

El tamaño del cuerpo lúteo se determinó a los (09) días después del empadre, en tanto que el diagnóstico de gestación se realizó a los 26 días post-empadre; en base a la determinación de la presencia de la vesícula embrionaria. Al día 40 post-empadre se realizó otro diagnóstico de gestación, para esto se tomó como parámetro de evaluación la presencia del feto, confirmada mediante la observación del latido cardíaco.

Los registros de ovulación, tamaño del cuerpo lúteo y diagnóstico de gestación se realizaron a las 18:00 horas, para evitar que los animales sufran estrés antes, durante o después de su periodo de alimentación.

3.3.2.6. NIVELES DE NITRÓGENO ÚRICO EN SANGRE

La toma de muestras de sangre se realizó el último día del experimento de suplementación alimenticia. Los animales de ambos grupos se encontraban en ayunas. Con la ayuda de vacutainer se colectaron 10 mL de cinco animales completamente al azar, de cada grupo experimental. Las muestras de sangre fueron centrifugadas a 3000 r.p.m., por un tiempo de 15 min. El suero sanguíneo obtenido se depositó en crioviales debidamente identificados y fueron conservados a -198.5 °C y enviadas al Laboratorio de Patología Clínica de la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos para el análisis de nitrógeno úrico en sangre (NUS) utilizando la metodología standard de Urea UV Cinética AA (Uricostat enzimático AA líquido) de la marca Wiener Lab. ®, utilizando el espectrofotómetro METROLAB 2300 PLUS Wiener Lab. ® y el Monocalibrador proteico comercial- Wiener Lab.® (Wiener Laboratorios, 2000).

3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se utilizó el programa estadístico SPSS (SPSS Inc. Chicago, EEUU) para analizar los datos obtenidos. Las diferencias estadísticas entre grupos con respecto a tasa de ovulación, mantenimiento de la gestación al día 25 y 40 fueron analizadas usando la

prueba del Chi – Cuadrado. Las diferencias estadísticas entre grupos con respecto a tamaño del folículo dominante, tamaño del cuerpo lúteo fueron evaluados con una prueba de t – Student. Los resultados de Nitrógeno Úrico Sérico fueron evaluados con la prueba de U Mann Whitney. Los valores que se muestran en los diferentes cuadros están expresados como conteos totales y se consideró que las diferencias observadas eran estadísticamente significativas cuando $P < 0,05$.

IV. RESULTADOS

4.1. EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN EN EL TAMAÑO DEL FOLÍCULO DOMINANTE

El tamaño del folículo dominante registrado antes del empadre, no muestra diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos ($P \geq 0.05$), sin embargo, se observa una tendencia de un mayor tamaño folicular en el Grupo Tratamiento (7.33 ± 0.54 mm) respecto a los folículos dominantes del Grupo Control (7.03 ± 0.42 mm).

4.2. EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN EN LA TASA DE OVULACIÓN

Las tasas de ovulación registrada al día 02 post cópula, fue del 93.33 % para el grupo control (28/30) y del 96.30 % para el grupo tratado (26/27), sin diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos ($P \geq 0.05$).

4.3. EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN EN EL TAMAÑO DEL CUERPO LÚTEO

El tamaño del Cuerpo Lúteo registrado al día 09 post empadre no muestra diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos ($P \geq 0.05$), aun cuando se observa una tendencia en el Grupo Tratamiento a tener el Cuerpo Lúteo de mayor tamaño (11.66 ± 0.61 mm), comparado con el Grupo Control (9.74 ± 0.90 mm). Los animales que no ovularon (02 animales del Grupo Control, 01 animales del Grupo Tratamiento) fueron excluidos del análisis estadístico para tamaño del Cuerpo Lúteo.

4.4. EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN EN EL MANTENIMIENTO DE LA GESTACIÓN

Las tasas de gestación al día 26 post cópulas no muestran diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos ($P \geq 0.05$), no obstante, se observa una tendencia en el Grupo Control a tener una mayor tasa de gestación comparado con el Grupo Tratamiento.

Las tasas de gestación al día 40 post cópula no muestra diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos ($P \geq 0.05$), no obstante, se observa una tendencia en el Grupo Control a tener una mayor tasa de gestación en comparación con el Grupo Tratamiento. La tasa de gestación del Grupo Tratamiento se mantuvo constante desde el día 26 hasta el día 40. Por otra parte, el Grupo Control registró la muerte de un embrión entre los días 26 y 40, por esta razón, su tasa de gestación disminuyó en la evaluación al día 40. Los animales que no registraron Cuerpo Lúteo fueron excluidos del análisis estadístico para mantenimiento de gestación.

4.5. EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN EN LOS NIVELES DE NITRÓGENO ÚRICO EN SANGRE

Las concentraciones de Nitrógeno Úrico en Sangre (NUS) se muestran en la Cuadro N° 7, en el cual, se observa que las concentraciones del Grupo Tratamiento son estadísticamente diferentes a las concentraciones del Grupo Control ($p \leq 0.05$). De los animales a los cuales se les analizó el NUS, 3 animales del Grupo Control y 2 animales del Grupo Tratamiento registraban preñez al día 40 post cópula.

Cuadro N° 3. Resultados del efecto de la suplementación alimenticia en tamaño del folículo dominante, tasa de ovulación, tamaño del Cuerpo Lúteo, Tasa de preñez al día 26 y 40, nitrógeno úrico sérico de los grupos Control y Tratamiento.

Grupo de evaluación	Tamaño de Folículo Dominante	Tasa de ovulación	Tamaño de Cuerpo Lúteo	Tasa de preñez 26d	Tasa de preñez 40d	Nitrógeno Úrico Sérico
Control n = 30	7.03 mm ± 0.42 * (6.0 -8.0)	93.33 % * n = 28	9.74 mm ± 0.90 * (8.0 - 11.0 mm) n = 28	75.00 % * n = 21	71.43 % * n = 20	24.0 mg/dL ± 3.81 ^b (19 – 28 mg/dL) n = 5 (3 preñadas, 2 vacías)
Tratamiento n = 27	7.33 mm ± 0.54 * (7.0 -9.0)	96.30 % * n = 26	11.66 mm ± 0.91 * (10.0 - 13.0 mm) n = 25	52.00 % * n = 13	52.00 % * n = 13	39.8 mg/dL ± 3.35 ^a (34 – 42 mg/dL) n = 5 (2 preñadas, 3 vacías)

* Las diferencias entre grupos no tienen diferencia estadística significativa (P≥0.05)

^{a,b} Muestran diferencias estadísticamente significativas (p≤0.05)

V. DISCUSIÓN

En la actualidad, existe limitada información respecto al efecto de la nutrición en la reproducción y específicamente respecto al efecto de la nutrición sobre la sobrevivencia embrionaria en CSA, por esta razón, no existen alimentos balanceados o suplementos alimenticios específicos para los CSA y mucho menos para las condiciones de puna donde habitan estos animales consumiendo forrajes de baja calidad nutricional. La mayoría de la información nutricional de los CSA es extrapolada de vacunos, ovinos y cabras.

Sin embargo, al suplementar a los animales del presente estudio con un alimento comercial para vacas lecheras de alta producción (rico en proteína y energía) y al evaluar los parámetros reproductivos, se determinó que el tamaño del Folículo Dominante (FD) difiere con lo ocurrido en otro trabajo con rumiantes, las alpacas del presente trabajo no presentaron ovarios quísticos como consecuencia de un desbalance hormonal a consecuencia del incremento de la hormona GnRH (Jahani-Moghadam *et al.*, 2015); por esta razón, la suplementación proteica es una alternativa viable en la reproducción de los CSA, de la misma manera, a lo demostrado por Morrow *et al.* (1969) en vacas. Adicionalmente, el presente trabajo demuestra que existe una tendencia a incrementar el tamaño del FD de la misma manera que sucede en vacas lecheras donde un incremento de PC en la dieta mejora la calidad de los folículos dominantes (Lents *et al.*, 2008).

Otro aspecto importante, es el efecto que tiene la suplementación proteica en otras especies que incrementa las concentraciones de IGF-I, por lo tanto se originan folículos de mayor tamaño y calidad (Spicer *et al.*, 1991; Lents *et al.*, 2008), lo que nos supondría una ventaja al momento de realizar trabajos como aspiración folicular o trabajos de súper estimulación folicular para la trasferecia de embriones. El incremento en tamaño del FD posiblemente tiene efectos positivos en la calidad del ovocito y en la función del cuerpo lúteo como se demostró en vacas (Vasconcelos *et al.*, 2001); ya que está bien demostrado que un bajo metabolismo o una mala nutrición materna, afecta la calidad de los ovocitos y embriones (Leroy *et al.*, 2008a; Leroy *et al.*, 2008b; Leroy *et al.*, 2011)

La tasa de ovulación tuvo una tendencia al incremento en el Grupo Tratamiento, debido al efecto inmediato del incremento en el tamaño del folículo dominante pre-ovulatorio, el cual posiblemente contribuyo a un incrementó en la sensibilidad a nivel hipotalámico para la producción de la Hormona Liberadora de las gonadotropinas (GnRH) y su posterior efecto sobre la producción de la hormona LH, debido a la producción de estradiol y su interacción con el Kisspeptin, según lo sugiere El Allali K. *et al* (2017) o probablemente por la inducción de concentraciones mayores de colesterol, en el líquido folicular y plasma (Beam y Butler, 1997; Jordan y Swanson, 1979b; Lucy *et al.*, 1991; Moallem *et al.*, 2007; Zachut *et al.*, 2008). Esto podría deberse a que la suplementación alimenticia posiblemente haya incrementado las concentraciones de IGF-1 como sucede en vacas, y esto haya ocasionado un incremento en las tasas de ovulación (Murphy *et al.*, 1991; Bossis *et al.*, 2000). Contrariamente a lo ocurrido con ovejas, como lo reportado por Scaramuzzi *et al.* (2006) quienes en un trabajo demostraron que el incremento de los niveles de alimentación afecta significativamente al eje hipotálamo-pituitaria-gónadas, reduciendo las tasas de ovulación y la disminuyendo la calidad de los ovocitos en ovejas; y teniendo además influencias negativas en la secreción de gonadotropinas (LH y FSH), progesterona, estrógeno, insulina y hormonas de crecimiento; todo esto trae como consecuencia una disminución de los parámetros reproductivos en ovejas (Scaramuzzi *et al.*, 2006).

La tendencia de los animales del Grupo Tratamiento a tener cuerpos lúteos de mayor tamaño pudo haber sido la respuesta de los animales suplementados, al periodo de escases natural (época de secas) al cual fueron sometidos los animales antes de ser seleccionados para el presente experimento y esto origino que hayan tenido una mayor

eficiencia al momento de utilizar la proteína, energía y los nutrientes del suplemento alimenticio.

Como se reporta en diferentes trabajos donde el hipercolesterolemia, como resultado de la adición de dietas suplementadas con grasas, mejora la secreción de progesterona, como consecuencia de una mejor funcionabilidad del cuerpo lúteo, lo que apoya de mejor manera el desarrollo embrionario temprano (Ryan *et al.*, 1992; Lammoglia *et al.*, 1996; McNamara *et al.*, 2003). La suplementación de omega-3 alrededor de la concepción salvaguarda la sobrevivencia embrionaria a través de la función sostenida del cuerpo lúteo (Leroy *et al.*, 2014). Si bien es cierto que la suplementación con ácidos grasos poliinsaturados puede suprimir la secreción de prostaglandina del endometrio y prolongar la vida media del cuerpo lúteo (Staples *et al.*, 1998; Cheng *et al.*, 2001; Thatcher *et al.*, 2006); mediante la reducción de la expresión de la enzima endometrial ciclooxigenasa-2 la cual es esencial para la biosíntesis de la prostaglandina, en dietas ricas en aceite de pescado (n-3 poliinsaturadas) (Bilby *et al.*, 2006b; Thatcher *et al.*, 2006); también existe información que hace un contraste negativo con esa información, afirmando que la adición de aceite de pescado, en las dietas, inhibe en las células luteales la producción de progesterona en cultivos *in vitro* (Hinckley *et al.*, 1996) y en experimentos *in vivo* con dietas alimentadas con dietas ricas en linaza (ácido linoneno C18:3, n-3) donde se redujo significativamente la concentración de progesterona plasmática (Robinson *et al.*, 2002).

Toda la información extrapolada de rumiantes corrobora lo ocurrido en el presente experimento, donde la suplementación ocasiono una tendencia al incremento en el tamaño del cuerpo lúteo en el grupo tratamiento, pero no tuvo un efecto significativo positivo en el mantenimiento de la gestación; como lo reportado en los trabajos de Mattos *et al.* (2002) donde no se demostró el efecto negativo de la suplementación con grasas en la producción de progesterona en vacas sincronizadas alimentadas con Ácido eicosapentaenoico (EPA, C20:5, n-3) o Ácido docosahexaenoico (DHA, C22:6, n-3); demostrado la importancia de considerar el tipo exacto de suplementación grasa (largo de la cadena carbonada y grado de saturación) y relacionarlo con efectos específicos sobre la fertilidad; también con el trabajo de (Lents *et al.*, 2008) donde observaron que la adición de una dieta rica en PC no afecta la fase luteal.

La suplementación alimenticia en rumiantes, es un procedimiento practicado ampliamente para mejorar los parámetros productivos; pero esto no siempre conlleva a un mejoramiento de los parámetros reproductivos. En el presente trabajo se observa que los animales del GT presentan una disminución en las tasas de preñez cuando los comparamos con el grupo control. Esto podría explicarse por lo reportado por (Jordan y Swanson, 1979b) quienes observaron que vacas lecheras incrementaron sus niveles de LH pero sufrieron un decaimiento en las concentraciones de progesterona en suero; siendo esta última hormona la responsable del mantenimiento de la preñez. Diversos autores nos mencionan que altas concentraciones de ácidos grasos no esterificados (NEFA) durante la maduración de ovocitos están correlacionados con una morfología anormal del complejo COC, lo que conlleva a impedir el normal desarrollo embrionario (Leroy *et al.*, 2005; Marei *et al.*, 2010).

Los aditivos grasos que tuvo el suplemento alimenticio, como los LA tuvieron efectos negativos en la maduración y desarrollo normal de los ovocitos (Marei *et al.*, 2010). Los ácidos grasos producto de la fermentación del suplemento alimenticio pudieron haber reducido la calidad de los embriones, como sucedió en vacas suplementadas con ácidos grasos saturados, cuando las comparan con las suplementadas con ácido linolenico o ácido linoleico (Thangavelu *et al.*, 2007). Estas disminuciones en la fertilidad pudo haberse debido al incremento de en la producción de la prostaglandina E2 sintetasa-1 en el COC, la cual es promotora de la producción de prostaglandina 2 α (Ponter *et al.*, 2012) y también en Petit *et al.* (2004) donde la alimentación con ácidos grasos n-6 en vacas lecheras estimula la síntesis de PGF2-a, mejorando la salud uterina, debido a una presencia excesiva de ácidos grasos en el micro ambiente del ovocito debido a una suplementación con grasas (Wonnacott *et al.*, 2010; Jungheim *et al.*, 2011; Leroy *et al.*, 2014).

Estas afirmaciones serian ciertas si la mortalidad embrionaria hubiera sido significativamente menor en el GT, es así que se puede plantear la hipótesis acerca un efecto positivo de la suplementación alimenticia en la sobrevivencia embrionaria, afirmando que los embriones producidos en el GT, como consecuencia de la suplementación, vienen de folículos más desarrollados, y de un cuerpo lúteo más funcional, por lo tanto sería fácil de suponer que estos embriones seria de mejor calidad y menos dispuestos a continuar con la tendencia de mortalidad embrionaria; como se ha

demostrado en vacas suplementadas con ácidos linoleico y linolénico, presentes en los aceites de girasol y linaza, los que tuvieron efectos positivos en la maduración *in vitro*, calidad del ovocito, fertilización y desarrollo embrionario (Bilby *et al.*, 2006a; Marei *et al.*, 2009); o en ovejas donde la suplementación con aceite de pescado mejoró la calidad del ovocito, la integridad de su membrana y aumento la proporción de ácidos grasos poli insaturados (PUFA) en el plasma, fluido folicular y células del cumulus, pero no en ovocito; además, se demostró que una dieta con una relación alta de n-3/n-6 incrementa los niveles de ácido linolénico y estradiol en el folículo e incrementa la tasa de *cleavage* (Zeron *et al.*, 2002).

También la bibliografía indica que el incremento del consumo de PC incrementa los niveles de amoníaco en el rumen y los niveles de Nitrógeno Úrico en Sangre (NUS) (Fenderson y Bergen, 1976; Bartley *et al.*, 1981) lo que origina disminución estadísticamente significativa de las tasas de fertilidad e incremento entre los intervalos entre partos en vacas lecheras (Jordan y Swanson, 1979a, b; Folman *et al.*, 1981)

Van Saun y Cebra (2014) recomendaron que cuando la cuantificación de amoníaco en sangre excede los 1 - 4 mg/dL (0.37 - 1.46 mmol/L) ya se debe considerar valores altos, (Simons *et al.*, 1993) reporta para alpacas 8.5 ± 2.0 mmol/L y para alpacas hembras preñadas reporta 8.3 ± 1.9 mmol/L de urea en sangre; por otro lado (Fowler, 1989) reportó 9.3 mmol/L para llamas y (Kaneko, 1989) reporta 9.7 mmol/L para llamas y 2.86 mmol/L para ovejas y 5.36 mmol/L para cabras. Sin embargo, el trabajo registro 24 mg/dL (4 ± 0.5 mmol/L) para el Grupo Control y 39.8 mg/dL (6.5 ± 0.5 mmol/L) para el Grupo Tratamiento, excediendo este último en 60% al Grupo Control; valores que son altos en comparación a los resultados reportados, donde se menciona que los niveles normales de NUS (Nitrógeno Úrico Sanguíneo) en alpacas fue de 20.5 ± 5.8 mg/dL (Olazabal *et al.*, 2015a) y 13.40 ± 6 mg/dL para llamas (Olazabal *et al.*, 2015b). En el trabajo de Quispe, 2017 los valores de Nitrógeno Úrico Sérico fueron estadísticamente superior en alpacas hembras suplementadas (31.93mg/dL) frente a hembras alimentadas solamente con pastura natural (23.11mg/dL); resultados similares a lo obtenido en el presente trabajo.

Los valores de NUS registrados en el Grupo Tratamiento pueden ser una posible causa de la menor tasa de preñez al día 26, por el efecto negativo a nivel uterino. Sin embargo, se debe señalar que sigue existiendo un enorme vacío en la literatura para saber

cuáles son los rangos normales en los valores de NUS de los CSA y a partir de cuanto se consideran valores patológicos.

Debido al consumo de forrajes de mala calidad, típicos de un ambiente de puna seca como donde se realizó el presente trabajo, estos no proporcionan suficiente cantidad de energía para la utilización del nitrógeno ofrecido en la dieta. Entonces, es posible que el amoniaco que no es utilizado por los microorganismos se haya difuminado a través de la pared del C1 y llegó a la circulación de la sangre portal hasta el hígado donde este amoniaco en exceso no pudo ser reciclado o eliminado mediante el ciclo de la urea (Van Saun y Cebra, 2014), esto explica el incremento de las concentraciones de NUS en los animales del Grupo Tratamiento; esta teoría también se corrobora con lo encontrado en vacas lecheras con dietas con alta proteína incremento las concentraciones de NUS de 24 a 31mg/dL (Blauwikel *et al.*, 1986).

También se ha reportado que vacas que tienen los niveles altos de NUS, como consecuencia de una dieta alta en PC, tienen el efecto de reducir significativamente la fertilidad, debido a la reducción de pH uterino lo que conduce a la liberación de la hormona PGF 2 α (Lucy *et al.*, 1992; Butler, 1998); de la misma manera Ferguson *et al.* (1988) y Ferguson *et al.*, (1993) determinaron que el NUS se puede usar como indicador que nos muestra el exceso de proteína, el cual está inversamente relacionado con las tasas de concepción en vacas lecheras, lo cual puede ser corroborado con otros trabajos como el de Jordan *et al.*, (1983) demostró que las concentraciones de urea en plasma fueron 3.5 veces más altas en vacas alimentadas con 23% de PC que en vacas alimentadas con 18% de PC (16.8 ± 0.5 y 4.8 ± 0.3 mg/100ml), alterando también las concentraciones de urea en las secreciones uterinas que fueron 2.7 veces más altas en vacas alimentadas con dietas altas en PC al 23 % (17.2 ± 1.1 y 6.4 ± 0.7 mg/100 ml) disminuyendo significativamente la fertilidad. Carroll *et al.* (1988) y Howard *et al.* (1987) indican que en vacas lecheras las concentraciones de BUN son de 10 a 20 mg/dl (10.0 ± 0.3 mg/dl) sin afectar la tasa de concepción, pero cuando estas concentraciones exceden ligeramente los 20 mg/dl (24.5 ± 0.5 mg/100 dl), las tasas de preñez descienden dramáticamente; resultados a tener en consideración, debido a que nos muestran las diferencias fisiológicas entre los rumiantes y los CSA, los cuales en el presente trabajo presentaban un incremento del 60% en sus concentraciones de NUS y sin embargo no presentan diferencias estadísticas significativas con el Grupo Control en la sobrevivencia embrionaria

También se tiene reporte de Jordan *et al.*, (1983) quienes demostraron que a concentraciones altas de NUS puede reducir la unión de la hormona LH en los receptores del ovario, lo que disminuye las concentraciones de progesterona sérica y la fertilidad. Y Klucinski y Targowski (1984) demostraron que el consumo de cantidades altas de PC disminuye la fertilidad a través de la toxicidad del amoniaco y la supresión del sistema inmune debido a la alta concentración de amoniaco circulante en vacas; contradiciendo a lo ocurrido en borregas según Parr *et al.* (1992) y Parr *et al.* (1993) afirman que la sobrealimentación en las etapas tempranas de la preñez en borregas (a partir del día 14 después de la copula), puede disminuir las mortalidades embrionarias, debido al incremento de las concentraciones circulantes de progesterona.

Por otra parte, los altos valores de NUS en el grupo suplementado pudo haber disminuido la capacidad de los espermatozoides para migrar en el moco cervical lo que trajo como consecuencia una disminución en la capacidad fecundante de los espermatozoides como lo demostró Breau *et al.*, (1985) cuando sometieron a los espermatozoides a una solución con altas concentraciones de urea, en comparación de otra de baja concentración (100 vs 50 mg/dL), lo que resultó fue que los espermatozoides en presencia de concentraciones altas de urea migran menos que los espermatozoides en bajas concentraciones; de igual manera lo demostró Dietz y Flipse (1969) mencionan que el amoniaco inhibe el ciclo del ácido cítrico de los espermatozoides.

Partiendo de estas premisas, las alpacas sometidas a una suplementación alimenticia experimentaron una disminución no significativa de las tasas de preñez, registrado a los días 26 y 40 post copula como consecuencia de una disminución de las concentraciones de progesterona como consecuencia de un incremento de las concentraciones de LH y a un incremento de las concentraciones de PFG 2α ; similar a lo reportado por (Jordan y Swanson, 1979a; Folman *et al.*, 1981) en vacas alimentadas con dietas altas en PC. Adicionalmente a la tendencia en la disminución de la tasa de preñez en el Grupo Tratamiento, los CSA por el contrario no expresaron esta disminución de manera significativa. Por consiguiente, estaríamos asumiendo que los CSA poseen en el útero un mecanismo buffer aún desconocido que les permitiría mantener la gestación además de evitar que exista una disminución de la capacidad fecundante de los espermatozoides, aun con un incremento del 60% en los niveles de NUS. Es en este sentido que a partir del presente trabajo se plantea la hipótesis de que el incremento de

una fuente de energía más alta en la dieta de los camélidos suplementados con proteína, hará que estos puedan desintoxicar el amoníaco producido en el C1 y así reducir las concentraciones de NUS.

Debido a su buena capacidad de utilizar un suplemento alimenticio de base proteica, se recomienda también la suplementación de ácidos grasos, lo que mejoraría el desarrollo del folículo y la actividad del cuerpo lúteo, y es un importante precursor para la síntesis de hormonas reproductivas como ya se ha demostrado en vacas lecheras (Mattos *et al.*, 2000; Fouladi-Nashta *et al.*, 2009). Por otra parte, los azúcares y el almidón deberían ser limitados y las fuentes de almidón base (granos de cereal) deberían ser reemplazados con fuentes fermentables de fibra como remolacha, pulpa de cítricos, salvado de trigo, cascara de soya y torta de alfalfa (San Martín y Van Saun, 2014).

Finalmente, sigue existiendo la necesidad de definir el consumo, balance apropiado de proteína y energía en los camélidos SAC, haciendo énfasis en los camélidos criados en condiciones propias del clima altoandino, de la misma manera para los requerimientos nutricionales; tomando en cuenta los diferentes sistemas de manejo.

VI. CONCLUSIONES

- Las tasas de sobrevivencia embrionaria en alpacas suplementadas con 150 gr/día de un alimento energético- proteico, no tuvieron diferencias estadísticas significativas.
- El tamaño del folículo dominante, la tasa de ovulación, el tamaño del cuerpo lúteo y la tasa de preñez los días 26 y 40 en alpacas suplementadas con 150 gr/día de un alimento energético- proteico, no tuvieron diferencias estadísticas significativas.
- Las concentraciones de nitrógeno úrico en sangre (NUS) en alpacas suplementadas con 150 gr/día de un alimento energético- proteico, fue estadísticamente superior.

VII. LITERATURA CITADA

1. **[INEI] Instituto Nacional de Estadística e Informática. 2012.** IV Censo Nacional Agropecuario p. 63.
2. **[NRC] National Research Council. 1985.** En: Nutrient requirements of sheep. National Academy Press, Washington, DC. 99 p.
3. **[NRC] National Research Council. 2007.** Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids. National Academies Press.
4. **Aba MA, Kindahl H, Forsberg M, Quiroga M, Auza N. 2000.** Levels of progesterone and changes in prostaglandin F2a release during luteolysis and early pregnancy in llamas and the effect of treatment with flunixin meglumine. Anim Reprod Sci 59: 87-97.
5. **Adams GP, 2007.** Ovarian function in llamas and alpacas. En Current Therapy in Large Animal Theriogenology 2^a ed. 873-877.
6. **Adams GP, Sumar J, Ginther OJ. 1991.** Form and function of the corpus luteum in llamas. Anim Reprod Sci 24: 127-138.
7. **Adams, GP, Griffin PG, Ginther OJ. 1989.** In situ morphologic dynamics of ovaries, uterus, and cervix in llamas. Biol Reprod 41: 551-558.
8. **Ardalan M, Rezayazdi K, Dehghan-Banadaky M. 2009.** Investigation on the effect of supplementing rumen-protected forms of methionine and choline on health situation and reproductive performance of Holstein dairy cows. Pakistan journal of biological sciences. Pak J Biol Sci: 12, 69-73.

9. **Bartley EE, Avery TB, Nagaraja TG, Watt BR, Davidovich A, Galitzer S, Lassman B. 1981.** Ammonia Toxicity in Cattle. V. Ammonia concentration of lymph and portal, carotid and jugular blood after the ingestion of urea. *J Anim Sci* 53: 494-498.
10. **Bauman DE, Currie WB. 1980.** Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: a review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. *J Dairy Sci*: 63, 1514-1529.
11. **Beam SW, Butler WR. 1997.** Energy balance and ovarian follicle development prior to the first ovulation postpartum in dairy cows receiving three levels of dietary fat. *Biol Reprod* 56: 133-142.
12. **Bilby TR, Block J, do Amaral BC, Sa Filho O, Silvestre FT, Hansen PJ, Staples CR, Thatcher WW, 2006a.** Effects of dietary unsaturated fatty acids on oocyte quality and follicular development in lactating dairy cows in summer. *J Dairy Sci* 89: 3891-3903.
13. **Bilby TR, Guzeloglu A, MacLaren LA, Staples CR, Thatcher WW. 2006b.** Pregnancy, bovine somatotropin, and dietary n-3 fatty acids in lactating dairy cows: II. Endometrial gene expression related to maintenance of pregnancy. *J Dairy Sci* 89: 3375-3385.
14. **Blauwiel R, Kincaid RL, Reeves JJ. 1986.** Effect of high crude protein on pituitary and ovarian function in holstein cows. *J Dairy Sci* 69: 439-446.
15. **Bossis I, Wettemann RP, Welty SD, Vizcarra J, Spicer LJ. 2000.** Nutritionally induced anovulation in beef Heifers: ovarian and endocrine function during realimentation and resumption of ovulation. *Biol Reprod* 62: 1436-1444.
16. **Bravo PW, Diaz D, Alarcon V, Ordoñez C. 2010.** Effect of the reproductive state of female alpacas on embryonic mortality rate. *Am J Vet Res* 71, 1096-1099.
17. **Bravo PW, Stabenfeldt GH, Lasley BL, Fowler ME. 1991.** The effect of ovarian follicle size on pituitary and ovarian responses to copulation in domesticated South American Camelids. *Biol Reprod* 45: 553-559.
18. **Bravo PW, Sumar J. 1989.** Laparoscopic examination of the ovarian activity in alpacas. *Anim Reprod Sci* 21: 10.
19. **Breau WC, Boice ML, Tritschler JP, Prange RW, Duby RT. 1985.** Migration ability through synthetic cervical mucus and acrosomal integrity of bull sperm after incubation with urea in vitro. *Biol Reprod* 32: 219.

20. **Bryant FC, Florez A, Pfister J. 1989.** Sheep and Alpaca Productivity on High Andean Rangelands in Perú. *J Anim Sci* 67: 3087-3095.
21. **Burton S, Robinson TF, Roeder NP, Johnston NP, Latorre EV, Reyes SB, SchaaJle B. 2002.** Body condition and blood metabolite characterization of alpaca (*Lama pacos*) three months prepartum and offspring three months postpartum. USA. *Small Ruminant Res*: 48 (2003): 69-76.
22. **Butler WR. 1998.** Review: effect of protein nutrition on ovarian and uterine physiology in dairy cattle. *J Dairy Sci* 81: 2533-2539.
23. **Carmean BR, Johnson KA, Johnson DE, Johnson LW. 1992.** Maintenance energy requirement of llamas. *Am J Vet Res* 53: 1696-1698.
24. **Carroll DJ, Barton BA, Anderson GW, Smith RD. 1988.** Influence of protein intake and feeding strategy on reproductive performance of dairy cows. *J Dairy Sci* 71: 3470-3481.
25. **Cebra CK. 2009.** Disorders of carbohydrate or lipid metabolism in camelids. *Vet Clin Food Anim* 25(2):339-352.
26. **Cebra CK, McKane SA, Tornquist SJ. 2001.** Effects of exogenous insulin on glucose tolerance in alpacas. *Am J Vet Res* 62(10):1544-1547.
27. **Cebra CK, Tornquist SJ, Van Saun RJ, Smith BB. 2000.** Glucose tolerance testing in llamas and alpacas. *Am J Vet Res* 62(5):682-686.
28. **Chaves MG, Aba M, Agüero A, Egey J, Berestin V, Rutter B. 2002.** Ovarian follicular wave pattern and the effect of exogenous progesterone on follicular activity in non-mated llamas. *Anim Reprod Sci* 69: 37-46.
29. **Cheng Z, Robinson RS, Pushpakumara PG, Mansbridge RJ, Wathes DC. 2001.** Effect of dietary polyunsaturated fatty acids on uterine prostaglandin synthesis in the cow. *J Endocrinol* 171: 463-473.
30. **Chipayo G., Leyva V., García V. 2003.** Efecto del estradiol en el periodo de reconocimiento maternal de la preñez sobre la supervivencia embrionaria en alpacas. *Rev. Investig. Vet. Perú, Lima*, 14:,111-118.
31. **Davies HL, Robinson TF, Roeder BL, Sharp ME, Johnston NP, Christensen AC. 2007a.** Plasma metabolites and nitrogen balance in *Lama glama* associated with forage quality at altitude. *Small Ruminant Res* 69: 1-9.
32. **Davies HL, Robinson TF, Roeder BL, Sharp ME, Johnston NP, Christensen AC. 2007b.** Digestibility, nitrogen balance, and blood metabolites in llama (*Lama glama*)

- and alpaca (*Lama pacos*) fed barley or barley alfalfa diets. *Small Ruminant Res* 73: 1-7.
33. **Dietz RW, Flipse RJ, 1969.** Metabolism of bovine semen. XX. Role of ammonia in interactions between the citric acid and urea cycles. *Biol. Reprod.* 1, 200-206.
 34. **El Allali K., Najlae El Bousmaki, Hassan Ainani and Valérie Simonneaux. 2017.** Effect of the camelid's seminal plasma Ovulation-Inducing Factor/ β .NGF: A Kisspeptin Target Hypothesis. *Front. Vet* 4:99
 35. **Ellmen E. 2004.** Efecto de la suplementación alimentaria estratégica sobre la eficiencia reproductiva de vicuñas mantenidas en semicautiverio Memoria para optar al Título Profesional de Médico Veterinario. Universidad de Chile. Santiago, Chile.
 36. **Engelhardt WV, Schneider W. 1977.** Energy and nitrogen metabolism in the llama. *Anim Res and Develop* 5: 68-72.
 37. **Fenderson CL, Bergen WG. 1976.** Effect of excess dietary protein on feed intake and nitrogen metabolism in steers. *J Anim Sci* 42: 1323-1330.
 38. **Ferguson JD, Blanchard T, Galligan DT, Hoshall DC, Chalupa W. 1988.** Infertility in dairy cattle fed a high percentage of protein degradable in the rumen. *J Am Vet Med Assoc* 192: 659-662.
 39. **Ferguson JD, Galligan DT, Blanchard T, Reeves M. 1993.** Serum urea nitrogen and conception rate: the usefulness of test information. *J Dairy Sci* 76: 3742-3746.
 40. **Fernández-Baca S. 1991.** Avances y perspectivas del conocimiento de los camélidos sudamericanos. Oficina Regional de la FAO para América Latina y El Caribe., Santiago, Chile, 429 p.
 41. **Fernández-Baca S, Hansel W, Novoa C. 1970.** Embryonic mortality in the alpaca. *Biol. Reprod.* 3, 243-251.
 42. **Fernández-Baca, S, Sumar J, Novoa C, Leyva V. 1973.** Relación entre la ubicación del cuerpo lúteo y la localización del embrión en la alpaca. *Rev Investig Vet Peru* 2: 131-135.
 43. **Folman Y, Neumark H, Kaim M, Kaufmann W. 1981.** Performance, rumen and blood metabolites in high-yielding cows fed varying protein percents and protected soybean. *J Dairy Sci* 64: 759-768.
 44. **Fouladi-Nashta AA, Wonnacott KE, Gutiérrez CG, Gong JG, Sinclair KD, Garnsworthy PC, Webb R. 2009.** Oocyte quality in lactating dairy cows fed on high levels of n-3 and n-6 fatty acids. *Reproduction* 138: 771-781.

45. **Fowler ME. 1989.** Medicine and surgery of South American camelids: llama, alpaca, vicuña, guanaco, 1^a ed. Iowa State University Press.
46. **Fowler, ME., 1998.** Medicine and surgery of South American camelids. Llama, alpaca, vicuña, guanaco, 2^a Ed. Ames, Iowa State University Press.
47. **Fowler ME, Zinkl JG. 1989.** Reference ranges for hematologic and serum biochemical values in llamas. *Am J Vet Res* 50 (12):2049-2053.
48. **Franco FF, San Martín HF, Ara GM, Olazabal LJ, Carcelén CF. 2009.** Efecto del nivel alimenticio sobre el rendimiento y calidad de fibra en alpacas. *Rev Investig Vet Peru* 20, 187-195.
49. **Ghosal AK, Tanwar RK, Dwarakanath PK. 1981.** Note on rumen microorganisms and fermentation pattern in camel. *Indian J Anim Sci* 51: 1011-1012
50. **Heller R, Cercasov V, von Engelhardt W. 1986.** Retention of fluid and particles in the digestive tract of the llama (*Lama guanacoe* f. *glama*). *Comp Biochem Physiol A Comp Physiol* 83: 687-691.
51. **Hinckley T. Sr, Clark RM, Bushmich SL, Milvae RA. 1996.** Long chain polyunsaturated fatty acids and bovine luteal cell function. *Biol Reprod* 55: 445-449.
52. **Hinderer S, Engelhardt WV. 1975.** Urea metabolism in the llama. *Comp Biochem Physiol A Comp Physiol* 52: 619-622.
53. **Howard HJ, Aalseth EP, Adams GD, Bush LJ, McNew RW, Dawson LJ. 1987.** Influence of dietary protein on reproductive performance of dairy cows. *J Dairy Sci* 70: 1563-1571.
54. **Huanca WF, Mamani C, Huanca W. 2014.** Effect of injection of seminal plasma on ovulation rate, corpus luteum development, and sensitivity to prostaglandin in alpacas (*Vicugna pacos*). *Reprod Fertil Dev* 27: 173-174.
55. **Jahani-Moghadam M, Mahjoubi E, Dirandeh E. 2015.** Effect of linseed feeding on blood metabolites, incidence of cystic follicles, and productive and reproductive performance in fresh Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.* 98 :1–8
56. **Jordan ER, Chapman TE, Holtan DW, Swanson LV. 1983.** Relationship of dietary crude protein to composition of uterine secretions and blood in high-producing postpartum dairy cows. *J Dairy Sci* 66: 1854-1862.
57. **Jordan ER, Swanson LV. 1979a.** Effect of crude protein on reproductive efficiency, serum total protein, and albumin in the high-producing dairy cow. *J Dairy Sci* 62: 58-63.

58. **Jordan ER, Swanson LV. 1979b.** Serum progesterone and luteinizing hormone in dairy cattle fed varying levels of crude protein. *J Dairy Sci* 48: 1154-1158.
59. **Jungheim ES, Macones GA, Odem RR, Patterson BW, Lanzendorf SE, Ratts VS, Moley KH. 2011.** Associations between free fatty acids, cumulus oocyte complex morphology and ovarian function during in vitro fertilization. *Fertil Steril* 95: 1970-1974.
60. **Kaneko JJ. 1989.** Clinical biochemistry of domestic animals, 4^a ed. Sydney: Academic Press. pp. 886-891.
61. **Kershaw-Young CM, Druart X, Vaughan J, Maxwell WMC. 2012.** β -Nerve growth factor is a major component of alpaca seminal plasma and induces ovulation in female alpacas. *Reprod Fertil Dev* 24: 1093-1097.
62. **Klucinski W, Targowski SP. 1984.** Ammonia toxicity for mammalian and avian lymphocytes from blood. *Immunopharmacology* 8: 47-52.
63. **Lammoglia MA, Willard ST, Oldham JR, Randel RD. 1996.** Effects of dietary fat and season on steroid hormonal profiles before parturition and on hormonal, cholesterol, triglycerides, follicular patterns, and postpartum reproduction in Brahman cows. *J Anim Sci* 74: 2253-2262.
64. **Lassen ED, Pearson EG, Long P, Schmotzer WB, Kaneps AJ, Riebold TW. 1986.** Clinical biochemical values of llamas: reference values. *Am J Vet Res* 47(10):2278-2280.
65. **Lents CA, White FJ, Ciccioli NH, Wettemann RP, Spicer LJ, Lalman DL. 2008.** Effects of body condition score at parturition and postpartum protein supplementation on estrous behavior and size of the dominant follicle in beef cows. *J Anim Sci* 86: 2549-2556.
66. **Leroy JL, Opsomer G, Van Soom A, Goovaerts IG, Bols PE. 2008a.** Reduced fertility in high-yielding dairy cows: are the oocyte and embryo in danger? Parte I. The importance of negative energy balance and altered corpus luteum function to the reduction of oocyte and embryo quality in high-yielding dairy cows. *Reprod Domestic Anim* 43: 612-622.
67. **Leroy JL, Rizos D, Sturmey R, Bossaert P, Gutierrez-Adan A, Van Hoeck V, Valckx S, Bols PE. 2011.** Intrafollicular conditions as a major link between maternal metabolism and oocyte quality: a focus on dairy cow fertility. *Reprod Fertil Dev* 24: 1-12.

68. **Leroy JL, Sturmeijer RG, Van Hoeck V, De Bie J, McKeegan PJ, Bols PE. 2014.** Dietary fat supplementation and the consequences for oocyte and embryo quality: hype or significant benefit for dairy cow reproduction? *Reprod Domestic Anim* 49: 353-361.
69. **Leroy JL, Vanholder T, Mateusen B, Christophe A, Opsomer G, de Kruif A, Genicot G, Van Soom A. 2005.** Non-esterified fatty acids in follicular fluid of dairy cows and their effect on developmental capacity of bovine oocytes in vitro. *Reproduction* 130: 485-495.
70. **Leroy JL, Vanholder T, Van Kneegsel AT, Garcia-Ispierto I, Bols PE. 2008b.** Nutrient prioritization in dairy cows early postpartum: mismatch between metabolism and fertility? *Reprod Domestic Anim* 43 (Suppl 2): 96-103.
71. **Lima FS, Sa Filho MF, Greco LF, Santos JE. 2012.** Effects of feeding rumen-protected choline on incidence of diseases and reproduction of dairy cows. *Vet J* 193, 140-145.
72. **López A, Maiztegui J, Cabrera R. 1998.** Voluntary intake and digestibility of forages with different nutritional quality in alpacas (*Lama pacos*). *Small Ruminant Res* 29: 295-301.
73. **López A, Raggi LA. 1992.** Requerimientos nutritivos de camélidos sudamericanos: Llamas (*Lama glama*) y Alpacas (*Lama pacos*). *Arch Med Vet* XXIV n° 2: 121-130.
74. **Lucy MC. 2001.** Reproductive loss in high-producing dairy cattle: where will it end? *J Dairy Sci* 84: 1277-1293.
75. **Lucy MC, Savio JD, Badinga L, De La Sota RL, Thatcher WW. 1992.** Factors that affect ovarian follicular dynamics in cattle. *J Anim Sci* 70: 3615-3626.
76. **Lucy MC, Staples CR, Michel FM, Thatcher WW, Bolt DJ. 1991.** Effect of feeding calcium soaps to early postpartum dairy cows on plasma prostaglandin F2 alpha, luteinizing hormone, and follicular growth. *J Dairy Sci* 74, 483-489.
77. **Marei WF, Wathes DC, Fouladi-Nashta AA. 2009.** The effect of linolenic Acid on bovine oocyte maturation and development. *Biol Reprod* 81: 1064-1072.
78. **Marei WF, Wathes DC, Fouladi-Nashta AA. 2010.** Impact of linoleic acid on bovine oocyte maturation and embryo development. *Reproduction* 139: 979-988.
79. **Mattos R, Staples CR, Thatcher WW. 2000.** Effects of dietary fatty acids on reproduction in ruminants. *Rev Reprod* 5: 38-45.

80. **Mattos R, Staples CR, Williams J, Amorocho A, McGuire MA, Thatcher WW. 2002.** Uterine, ovarian, and production responses of lactating dairy cows to increasing dietary concentrations of menhaden fish meal. *J Dairy Sci* 85: 755-764.
81. **McNamara S, O'Mara FP, Rath M, Murphy JJ. 2003.** Effects of different transition diets on dry matter intake, milk production, and milk composition in dairy cows. *J Dairy Sci* 86: 2397-2408.
82. **Moallem U, Katz M, Arieli A, Lehrer H. 2007.** Effects of peripartum propylene glycol or fats differing in fatty acid profiles on feed intake, production, and plasma metabolites in dairy cows. *J Dairy Sci* 90: 3846-3856.
83. **Morrow DA, Tyrrell HF, Trimberger GW. 1969.** Effects of liberal concentrate feeding on reproduction in dairy cattle. *J Am Vet Med Assoc* 155: 1946-1954.
84. **Morvan B, Bonnemoy F, Fonty G, Gouet P. 1996.** Quantitative determination of H₂-utilizing acetogenic and sulfate-reducing bacteria and methanogenic archaea from digestive tract of different mammals. *Curr Microbiol* 32: 129-133.
85. **Murphy MG, Enright WJ, Crowe MA, McConnell K, Spicer LJ, Boland MP, Roche JF. 1991.** Effect of dietary intake on pattern of growth of dominant follicles during the oestrous cycle in beef heifers. *J Reprod Fertil* 92: 333-338.
86. **Newman S-AN, Paterson DJ. 1994.** Effect of level of nutrition and season on fibre growth in alpacas, Vol 54. *New Zealand Society of Animal Production* 54: 147-150 pp.
87. **Olazabal J, Gonzales R, San Martín F. 2015a.** Niveles de glucosa y nitrógeno ureico sérico en alpacas. En VII Congreso Mundial en Camélidos Sudamericanos. Puno. Perú. Universidad Nacional del Altiplano. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, p. 81.
88. **Olazabal J, Moscoso J, Franco F, San Martín F. 2015b.** Relación entre glucosa y nitrógeno ureico en llamas. En VII Congreso Mundial en Camélidos Sudamericanos. Puno. Perú. Universidad Nacional del Altiplano. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, p. 81.
89. **Olivera LV, Zago DA, Jones CJ, Bevilacqua E. 2003.** Developmental changes at the materno-embryonic interface in early pregnancy of the alpaca, *Lamos pacos*. *Anat Embryol* 207, 317-331.
90. **Ørskov ER. 1982.** Protein nutrition in ruminants. New York. Academic Press. 159 p.

91. **Paolicchi F, Urquieta B, Del Valle L, Bustos-Obregón E. 1994.** Biological activity of the seminal plasma of alpacas: stimulus for the production of LH by pituitary cells. *Anim Reprod Sci* 54: 203-210.
92. **Parr RA, Davis IF, Miles MA, Squires TJ. 1993.** Liver blood flow and metabolic clearance rate of progesterone in sheep. *Res Vet Sci* 55: 311-316.
93. **Parr RA, Davis IF, Squires TJ, Miles MA. 1992.** Influence of lupin feeding before and after joining on plasma progesterone and fertility in Merino ewes. *Proc Aust Soc Anim Prod* 19: 185-187.
94. **Petit HV, Germiquet C, Lebel D. 2004.** Effect of feeding whole, unprocessed sunflower seeds and flaxseed on milk production, milk composition, and prostaglandin secretion in dairy cows. *J Dairy Sci* 87: 3889-3898.
95. **Picha Y, Tibary A, Memon M, Kasimanickam R, Sumar J. 2013.** Chronology of early embryonic development and embryo uterine migration in alpacas. *Theriogenology* 79: 702-708.
96. **Ponter AA, Guyader-Joly C, Nuttinck F, Grimard B, Humblot P. 2012.** Oocyte and embryo production and quality after OPU-IVF in dairy heifers given diets varying in their n-6/n-3 fatty acid ratio. *Theriogenology* 78: 632-645.
97. **Powell SA, Smith BB, Timm KI, Menino AR Jr. 2007.** Estradiol production by preimplantation blastocysts and increased serum progesterone following estradiol treatment in llamas. *Anim Reprod Sci* 102: 66-75.
98. **Quispe M. 2017.** Efecto de la suplementación alimenticia en la fertilidad de alpacas machos y hembras por empadre natural. Tesis de Médico Veterinario y Zootecnista. Puno: Universidad Nacional del Altiplano. 69 p.
99. **Ratto MH, Huanca W, Singh J, Adams GP. 2006.** Comparison of the effect of natural mating, LH, and GnRH on interval to ovulation and luteal function in llamas. *Anim Reprod Sci* 91: 299–306
100. **Ratto MH, Leduc YA, Valderrama XP, van Straaten KE, Delbaere LTJ, Pierson RA, Adams GP. 2012.** The nerve of ovulation-inducing factor in semen. *Proc Natl Acad Sci U S A* 109: 15042-15047.
101. **Robinson RS, Pushpakumara PG, Cheng Z, Peters AR, Abayasekara DR, Wathes DC. 2002.** Effects of dietary polyunsaturated fatty acids on ovarian and uterine function in lactating dairy cows. *Reproduction* 124: 119-131.

102. **Robinson TF, Roeder BL, Schaalje GB, Hammer JD, Burton S, Christensen M. 2005.** Nitrogen balance and blood metabolites of alpaca (*Lama pacos*) fed three forages of different protein content. *Small Ruminant Res* 58: 123-133.
103. **Robinson TF, Sponheimer M, Roeder BL, Passey B, Cerling TE, Dearing MD, Ehleringer JR. 2006.** Digestibility and nitrogen retention in llamas and goats fed alfalfa, C3 grass, and C4 grass hays. *Small Ruminant Res* 64: 162-168.
104. **Roche JF. 2006.** The effect of nutritional management of the dairy cow on reproductive efficiency. *Anim Reprod Sci* 96, 282-296.
105. **Rojas, D., 2015.** Efecto De La Suplementación Energética Sobre El Rendimiento Reproductivo En Alpacas Hembras Al Pastoreo. Tesis de Médico Veterinario y Zootecnista. Puno: Universidad Nacional Del Altiplano 74 p.
106. **Russel AJF, Redden HL. 1997.** The effect of nutrition on fibre growth in the alpaca. *Anim Sci* 64: 509-512.
107. **Russell JB, O'Connor JD, Fox DG, Van Soest PJ, Sniffen CJ. 1992.** A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminant fermentation. *J Anim Sci* 70: 3551-3561.
108. **Ryan DP, Spoon RA, Williams GL. 1992.** Ovarian follicular characteristics, embryo recovery, and embryo viability in heifers fed high-fat diets and treated with follicle-stimulating hormone. *J Anim Sci* 70: 3505-3513.
109. **San Martín F. 1987.** Comparative forage selectivity and nutrition of South American camelids and sheep. Tesis Doctoral. Texas: Texas Tech Univ. 146 p.
110. **San Martín F. 1991.** Alimentación y Nutrición. En: Fernández-Baca, S. Avances y Perspectivas Camelidos Sudamericanos. Chile. FAO. p. 213-262.
111. **San Martín, F., 1999.** Nutrición y alimentación de camélidos sudamericanos. En: Seminario de reproducción y nutrición de camélidos sudamericanos Bolivia.
112. **San Martin F, Bryant FC. 1989.** Nutrition of domesticated South American llamas and alpacas. *Small Ruminant Res* 2: 191-216.
113. **San Martín F, Van Saun RJ. 2014.** Applied Digestive Anatomy and Feeding Behavior. En: Llama and Alpaca Care. 1ª ed. Saunders. St. Louis. Elsevier. p. 51-58.
114. **San Martin M, Copaira M, Zuniga J, Rodríguez R, Bustinza G, Acosta L. 1968.** Aspects of Reproduction in the Alpaca. *J Reprod Fertil* 16: 395-399.

115. **Scaramuzzi RJ, Campbell BK, Downing JA, Kendall NR, Khalid M, Munoz-Gutierrez M, Somchit A. 2006.** A review of the effects of supplementary nutrition in the ewe on the concentrations of reproductive and metabolic hormones and the mechanisms that regulate folliculogenesis and ovulation rate. *Reprod Nutr Dev* 46: 339-354.
116. **Schillo KK. 1992.** Effects of dietary energy on control of luteinizing hormone secretion in cattle and sheep. *J Anim Sci* 70, 1271-1282.
117. **Simons JA, Waldron DL, Hennessy DP. 1993.** Clinical biochemical reference ranges for female alpacas (*Lama pacos*). *Comp Biochem Physiol B* 105: 603-608.
118. **Skidmore JA. 2005.** Reproduction in dromedary camels: an update. *Anim. Reprod* 2: 161-171.
119. **Smith BB, Timm KI, Reed PJ. 1992.** Morphometric evaluation of growth in llamas (*Lama glama*) from birth to maturity. *J Am Vet Med Assoc* 200: 1095-1100.
120. **Spicer LJ, Enright WJ, Murphy MG, Roche JF. 1991.** Effect of dietary intake on concentrations of insulin-like growth factor-I in plasma and follicular fluid, and ovarian function in heifers. *Domest Anim Endocrinol* 8: 431-437.
121. **Sponheimer M, Robinson T, Roeder B, Hammer J, Ayliffe L, Passey B, Cerling T, Dearing D, Ehleringer J. 2003.** Digestion and passage rates of grass hays by llamas, alpacas, goats, rabbits, and horses. *Small Ruminant Res* 48: 149-154.
122. **Staples CR, Burke JM, Thatcher WW. 1998.** Influence of supplemental fats on reproductive tissues and performance of lactating cows. *J Dairy Sci* 81: 856-871.
123. **Sumar J. 1988.** Removal of the ovaries or ablation of the corpus luteum and its effect on the maintenance of gestation in the alpaca and llama. *Acta Vet Scand Suppl* 83: 133-141.
124. **Sumar J. 1994.** Effects of various ovulation induction stimuli in alpacas and llamas. *J Arid Environ* 26: 39-45.
125. **Thangavelu G, Colazo MG, Ambrose DJ, Oba M, Okine EK, Dyck MK. 2007.** Diets enriched in unsaturated fatty acids enhance early embryonic development in lactating Holstein cows. *Theriogenology* 68: 949-957.
126. **Thatcher WW, Bilby TR, Bartolome JA, Silvestre F, Staples CR, Santos JE. 2006.** Strategies for improving fertility in the modern dairy cow. *Theriogenology* 65, 30-44.
127. **Van Saun RJ, Cebra C. 2014.** Nutritional Diseases. En: *Llama and Alpaca Care*. 1^a ed. Saunders. St. Louis. Elsevier. p. 124-139.

128. **Van Saun RJ. 2006.** Nutrient requirements of South American camelids: A factorial approach. *Small Ruminant Res* 61: 165-186.
129. **Van Saun RJ. 2014.** Nutritional Requirements. En: *Llama and Alpaca Care*. 1^a ed. Saunders. St. Louis. Elsevier. p. 59-80.
130. **Vasconcelos JL, Sartori R, Oliveira HN, Guenther JG, Wiltbank MC. 2001.** Reduction in size of the ovulatory follicle reduces subsequent luteal size and pregnancy rate. *Theriogenology* 56: 307-314.
131. **Vaughan JL, Macmillan KL, D'Occhio MJ. 2004.** Ovarian follicular wave characteristics in alpacas. *Anim Reprod Sci* 80: 353-361.
132. **Vaughan JL, Tibary A. 2006.** Reproduction in female South American camelids: A review and clinical observations. *Small Ruminant Res* 61: 259-281.
133. **Webb R, Garnsworthy PC, Gong JG, Armstrong DG. 2004.** Control of follicular growth: local interactions and nutritional influences. *J Anim Sci* 82: 63-74.
134. **Wonnacott KE, Kwong WY, Hughes J, Salter AM, Lea RG, Garnsworthy PC, Sinclair KD. 2010.** Dietary omega-3 and -6 polyunsaturated fatty acids affect the composition and development of sheep granulosa cells, oocytes and embryos. *Reproduction* 139: 57-69.
135. **Zachut M, Arieli A, Lehrer H, Argov N, Moallem U. 2008.** Dietary unsaturated fatty acids influence preovulatory follicle characteristics in dairy cows. *Reproduction* 135: 683-692.
136. **Zeron Y, Sklan D, Arav A. 2002.** Effect of polyunsaturated fatty acid supplementation on biophysical parameters and chilling sensitivity of ewe oocytes. *Mol Reprod Dev* 61: 271-278.

VIII. SECCIÓN APÉNDICE



Figura A1. Suplementación alimenticia del Grupo Tratamiento.



Figura A2. Suplementación alimenticia del Grupo Tratamiento. Grupo Control esperando el pastoreo.



Figura A3. Folículo Dominante de 7.7 mm, diagnosticado por ecografía.



Figura A4. Empadre controlado de ambos grupos experimentales.

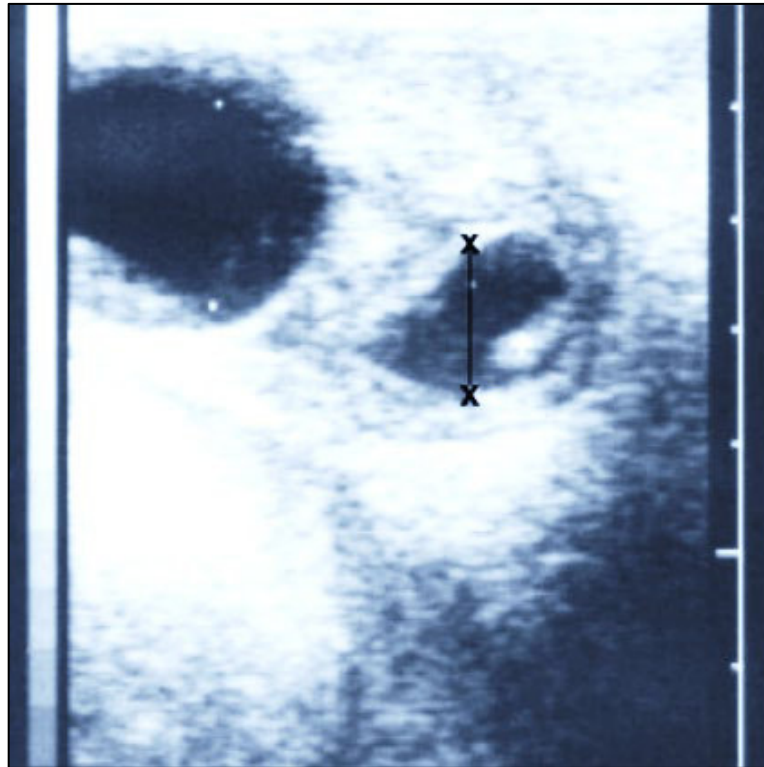


Figura A5. Diagnóstico de vesícula embrionaria a los 26 días.



Figura A6. Diagnóstico embrión a los 40 días.



Figura A7. Registro del peso de los animales.