

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
DOCTORADO EN CIENCIA ANIMAL**



**“NIVELES DE FÓSFORO EN LA DIETA Y SUS EFECTOS SOBRE
EL CRECIMIENTO Y PERFORMANCE REPRODUCTIVO EN
ALPACAS HEMBRAS POS DESTETE”**

Presentada Por:

CARLOS ENRIQUE QUISPE EULOGIO

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE DOCTOR *DOCTORIS*
PHILOSOPHIAE EN CIENCIA ANIMAL**

LIMA - PERÚ

2019

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

ESCUELA DE POSGRADO

DOCTORADO EN CIENCIA ANIMAL

**“NIVELES DE FÓSFORO EN LA DIETA Y SUS EFECTOS SOBRE
EL CRECIMIENTO Y PERFORMANCE REPRODUCTIVO EN
ALPACAS HEMBRAS POS DESTETE”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE DOCTOR *DOCTORIS
PHILOSOPHIAE* EN CIENCIA ANIMAL**

Presentada Por :

CARLOS ENRIQUE QUISPE EULOGIO

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Ph.D. Víctor Guevara Carrasco
PRESIDENTE

Ph.D. Carlos Gómez Bravo
ASESOR

Ph.D. Mariano Echevarría Rojas
CO-ASESOR

Dra. María Elena Villanueva Espinoza
MIEMBRO

Ph.D. Enrique Flores Mariazza
MIEMBRO

Dra. Irma Del Rosario Celi Mariátegui
MIEMBRO EXTERNO

DEDICATORIA

A Dios, fortaleza y fe en cada episodio de este trayecto académico, a mis padres, amor incondicional y base de lo que soy, a mi hermano, un escalón adicional de motivación en cada momento de dificultad y a mi esposa por compartir cada instante de esta travesía, fuerza, sentimiento, competencia y alegrías compartidas.

Con respeto, amor y mucha alegría:

Mario, Eva, Ricardo y Edith

AGRADECIMIENTOS

Al Ph.D. Carlos Gómez Bravo, asesor de la presente investigación, por su orientación y capacidades académicas de alto nivel brindadas para el buen desarrollo del estudio.

Al Ph.D. Enrique Flores Mariazza, modelo académico a seguir, por su contribución, enseñanzas y ser un ejemplo profesional y personal para los jóvenes investigadores.

Al Dr. Robert Van Saun, por su valioso apoyo, contribución académica y experiencia en orden de que este estudio tenga el contexto científico adecuado.

Al Ph.D. Mariano Echevarría Rojas, Co Asesor de la presente investigación por sus aportes académicos y confianza brindada.

Al Ph.D. Edwin Mellisho Salas y al Ph.D Javier Ñaupari Vásquez, quienes asentaron las bases de la investigación en mi persona, además por la amistad y confianza brindada, claves para mi desarrollo profesional como investigador.

A la Cooperativa Comunal “San Pedro de Racco” – Pasco y a cada uno de sus integrantes, especialmente a los señores Ruben Capcha Guillermo y Nilton Quispe Barrientos por su gran apoyo en la parte de campo y claves para el desarrollo del estudio.

A mi gran amigo Hugo Deza Calsin, por sus enseñanzas y consejos, además por los momentos compartidos durante los años del doctorado.

Al Concejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC) a través del Fondo Nacional de Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación Tecnológica (FONDECYT) mediante el convenio N°216 – 2014 – FONDECYT – Doctorado en Ciencia Animal por el financiamiento del presente estudio”

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Relación nutrición – reproducción en camélidos sudamericanos.....	4
2.2 Etapas críticas en la producción de alpacas.....	6
2.2.1 Estación reproductiva.....	6
2.2.2 Destete.....	7
2.3 Importancia de la nutrición mineral en camélidos.....	8
2.4 Implicancias fisiológicas del fósforo en camélidos sudamericanos.....	9
2.5 Fósforo y su relación con la función reproductiva.....	10
2.6 Deficiencia de fósforo en pastizales naturales.....	11
2.7 Pubertad.....	12
2.8 Ciclo reproductivo de la alpaca hembra.....	15
2.8.1 Estación reproductiva.....	15
2.8.2 Conducta sexual.....	15
2.8.3 Sincronización de la onda folicular.....	16
2.8.4 Diámetro del folículo pre ovulatorio.....	17
2.8.5 Ovulación.....	18
2.8.6 Cuerpo lúteo en alpacas.....	19
2.8.7 Niveles de progesterona después del servicio.....	20
2.8.8 Mortalidad embrionaria.....	21
2.8.9 Diagnóstico de gestación en camélidos.....	22
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
3.1 Estudio N° 1 (Caracterización de las concentraciones de fósforo en la dieta y suero de alpacas hembras púberes sometidas a pastoreo en un sistema extensivo en cuatro regiones del Perú.....	24
3.1.1 Área de estudio.....	24
3.1.2 Población y muestra.....	25
3.1.3 Determinación del fósforo en suero sanguíneo.....	25
a. Fase de campo.....	25
b. Fase de laboratorio.....	26
3.1.4 Determinación del fósforo en dietas de alpacas.....	26
a. Fase de campo.....	26

b. Fase de laboratorio.....	26
3.1.5 Determinación de la condición corporal.....	27
3.1.6 Análisis estadístico.....	28
3.2 Estudio N°2 (Efecto de tres niveles de fósforo en la dieta sobre el crecimiento, pubertad y performance reproductiva en alpacas hembras post destete.....)	28
3.2.1 Área de estudio.....	28
3.2.2 Fase experimental.....	29
3.2.2.1 Animales de estudio.....	29
3.2.2.2 Instalaciones.....	29
3.2.2.3 Duración del experimento.....	29
3.2.2.4 Tratamientos.....	30
3.2.2.5 Manejo alimenticio.....	30
3.2.2.6 Empadre.....	31
3.2.2.7 Evaluación de parámetros.....	32
a. Peso vivo.....	32
b. Condición corporal.....	32
c. Consumo.....	32
d. Concentraciones de fósforo en suero.....	32
e. Tasa de preñez.....	33
f. Tasa de ovulación.....	33
g. Mortalidad embrionaria.....	33
h. Diámetro de folículo pre ovulatorio.....	33
i. Niveles de progesterona en suero.....	33
j. Pubertad.....	34
3.2.3 Análisis estadístico.....	34
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	35
4.1 Estudio N° 1 (Caracterización de fósforo en la dieta y suero de alpacas hembras púberes sometidas a pastoreo en un sistema extensivo en cuatro regiones del Perú).....	35
4.1.1 Concentraciones de fósforo en dietas de alpacas.....	35
4.1.2 Concentraciones de fósforo en suero sanguíneo.....	36
4.1.3 Condición corporal.....	37
4.2 Experimento N° 2 (Efecto de tres niveles de fósforo en la dieta sobre el crecimiento pubertad y performance reproductiva en alpacas hembras post destete.....)	38

4.2.1	Peso vivo.....	38
4.2.2	Condición corporal.....	40
4.2.3	Concentraciones de fósforo en suero sanguíneo	42
4.2.4	Consumo de materia seca.....	45
4.2.5	Tasa de preñez.....	46
4.2.6	Tasa de ovulación.....	48
4.2.7	Mortalidad embrionaria.....	49
4.2.8	Diámetro de folículo pre ovulatorio.....	50
4.2.9	Niveles de progesterona pos empadre.....	51
4.2.10	Pubertad en alpacas pos destete.....	53
V.	CONCLUSIONES.....	58
VI.	RECOMENDACIONES.....	59
VII.	COLABORADORES	60
VIII.	BIBLIOGRAFIA.....	61
IX.	ANEXOS.....	74

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Distribución por regiones y selección de parámetros evaluados.....	28
Tabla 2: Composición química e insumos usados en dietas experimentales para alpacas pre – púberes con tres niveles de fósforo en la dieta.	311
Tabla 3: Concentraciones de Fósforo en la dieta (%) de alpacas púberes en cuatro regiones del Perú.....	366
Tabla 4: Concentraciones de fósforo en suero (mg/dl) de Alpacas Púberes en 4 regiones del Perú.....	37
Tabla 5: Condición corporal en alpacas púberes en cuatro regiones del Perú.	3838
Tabla 6: Peso vivo (kg) inicial, en la mitad y finales en alpacas hembras pre – púberes y púberes.....	3939
Tabla 7: Condición Corporal al inicio, en la mitad y al final del estudio en alpacas hembras pre – púberes y púberes	411
Tabla 8: Concentraciones de Fósforo en suero (mg/dl) al inicio, en la mitad y al final del estudio en alpacas hembras pre – púberes y púberes.....	43
Tabla 9: Consumo de materia seca expresado por kg/d y expresado como porcentaje del peso vivo a la mitad (noviembre) y final del estudio (febrero).	45
Tabla 10: Efecto del fósforo en la dieta sobre la tasa de preñez a los 30 días después del empadre	47
Tabla 11: Efecto del fósforo en la dieta sobre la tasa de ovulación después del empadre ..	49
Tabla 12: Efecto del fósforo en la dieta sobre la mortalidad embrionaria (%) entre los 13 días hasta los 60 días post empadre.	500
Tabla 13: Efecto del fósforo en la dieta sobre el diámetro del folículo pre ovulatorio.....	51
Tabla 14: Efecto del fósforo en la dieta sobre niveles de progesterona en suero (ng/ml) a diferentes días después del empadre.....	52
Tabla 15: Efecto del fósforo en la dieta sobre la presentación de pubertad (Número de alpacas que presentaron pubertad).....	54
Tabla 16: Efecto del fósforo en la dieta sobre la presentación de pubertad (Número de alpacas que presentaron pubertad por mes y edad en meses).....	55
Tabla 17: Efecto del fósforo en la dieta sobre la presentación de pubertad (Peso al que alcanzaron la pubertad).....	56

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Etapas críticas nutricionales en la producción de alpacas (adaptado de Van Saun, 2014).....	7
Figura 2: Diagrama del ciclo reproductivo iniciado con la Pubertad (adaptado de Van Saun, 2008).....	12
Figura 3: Distribución grafica de las regiones evaluadas en el primer estudio.....	25
Figura 4: Escala de medición de la condición corporal en camélidos. Edmonson (1987) adaptado por Van Saun (2013)	27
Figura 5: Distribución grafica del sitio experimental del segundo estudio.....	29

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: Base de Datos para la Variable Fósforo en dietas de alpacas (Estudio 1).....	74
ANEXO 2: Base de Datos para la Variable Fósforo en suero de alpacas púberes (Estudio 1)	75
ANEXO 3: Base de Datos para la Variable Condición Corporal de alpacas púberes (Estudio 1)	76
ANEXO 4: Base de Datos para la Variable peso vivo inicial a la mitad y al final del Estudio 2	77
ANEXO 5: Base de Datos para la Variable Condición Corporal inicial a la mitad y al final del Estudio 2	78
ANEXO 6: Base de Datos para la Variable Fósforo en suero al inicio a la mitad y al final del Estudio 2	79
ANEXO 7: Base de Datos para la Variable Consumo a la mitad y al final del Estudio 2 ...	80
ANEXO 8: Base de Datos para la Variable Diámetro del Folículo Pre Ovulatorio (Estudio 2).....	81
ANEXO 9: Base de Datos para la Variable Concentraciones de Progesterona en plasma día 9 y 13 post empadre (Estudio 2).....	81
ANEXO 10: Análisis de varianza y prueba de DLS para la variable concentraciones de fósforo en la dieta (Estudio 1)	82
ANEXO 11: Análisis de varianza y prueba de DLS para la variable fósforo en suero sanguíneo (Estudio 1).....	82
ANEXO 12: Análisis de varianza y prueba de DLS para la variable condición corporal en alpacas hembras púberes (Estudio 1).....	83
ANEXO 13: Análisis de varianza y prueba de DLS para la variable pesos vivos iniciales en alpacas hembras post destete (Estudio 2)	83
ANEXO 14: Análisis de varianza y prueba de DLS para la variable pesos vivos a la mitad del estudio en alpacas hembras post destete (Estudio 2).....	84
ANEXO 15: Análisis de varianza y prueba de DLS para la variable pesos vivos al final del estudio en alpacas hembras post destete (Estudio 2).....	84
ANEXO 16: Análisis de varianza y prueba de DLS para la variable condición corporal al inicio del estudio en alpacas hembras post destete (Estudio 2).....	85
ANEXO 17: Análisis de varianza y prueba de DLS para la variable condición corporal a la mitad del estudio en alpacas hembras post destete (Estudio 2).....	85

ANEXO 18: Análisis de varianza y prueba de DLS para la variable condición corporal al final del estudio en alpacas hembras post destete (Estudio 2).....	86
ANEXO 19: Análisis de varianza y prueba de DLS para la variable fósforo en suero sanguíneo al inicio del estudio en alpacas hembras post destete (Estudio 2).....	86
ANEXO 20: Análisis de varianza y prueba de DLS para la variable fósforo en suero sanguíneo a la mitad del estudio en alpacas hembras post destete (Estudio 2).....	87
ANEXO 21: Análisis de varianza y prueba de DLS para la variable fósforo en suero sanguíneo al final del estudio en alpacas hembras post destete (Estudio 2).....	87
ANEXO 22 Análisis de varianza y prueba de DLS para la variable consumo a la mitad del estudio en alpacas hembras post destete (Estudio 2).....	88
ANEXO 23: Análisis de varianza y prueba de DLS para la variable consumo al final del estudio en alpacas hembras post destete (Estudio 2).....	88
ANEXO 24: Análisis de varianza y prueba de DLS para la variable diámetro folicular en alpacas hembras post destete (Estudio 2)	89
ANEXO 25: Análisis de varianza y prueba de DLS para la variable Concentraciones de progesterona (día 9) en alpacas hembras post destete (Estudio 2)	89
ANEXO 26: Análisis de varianza y prueba de DLS para la variable Concentraciones de progesterona (día 13) en alpacas hembras post destete (Estudio 2)	90
ANEXO 27: Evidencia Fotográfica del estudio	90

RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar el efecto del fósforo sobre la performance reproductiva, crecimiento e inicio de la pubertad de alpacas hembras pre – púberes y púberes en dos etapas importantes de producción, como la temporada de reproducción (enero a febrero) y destete (agosto - septiembre). En la primera etapa del estudio, se determinaron los niveles sanguíneos de fósforo en 200 alpacas hembras de aproximadamente 11 a 13 meses de edad ubicadas en cuatro regiones de mayor importancia para la cría de alpacas en Perú. Se encontraron niveles de 8.25 ± 0.23 , 5.25 ± 0.12 , 6.42 ± 0.16 , 4.8 ± 0.14 mg / dl para las regiones de Pasco, Junín, Cuzco y Puno, respectivamente. Diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las cuatro regiones fueron encontradas, y estos datos se compararon con el rango esperado para alpacas (Van Saun, 2014) ($5-11.5$ mg / dl). En una segunda parte del estudio, se realizó un experimento controlado con diferentes concentraciones de fósforo en la dieta: 0.16% (T1), 0.25% (T2) y 0.34% (T3). Se utilizaron cuarenta y ocho alpacas hembras después del destete (25.24 ± 0.17 kg), con alimentación *ad libitum*, con 16 animales por tratamiento alojados en corrales individuales durante un período de 7 meses y las edades oscilando entre los siete y los ocho meses. Hubo un efecto del fósforo ($p < 0.05$) sobre la mayoría de variables evaluadas cuando los niveles en la dietas fueron de 0.25 y 0.34%, entre las que destacan el peso vivo y la condición corporal. El consumo de materia seca expresado en kg/día fue 0.71 ± 0.01 , 0.82 ± 0.01 y 0.96 ± 0.02 mientras que, como porcentaje del peso vivo fue 2.07, 2.24 y 2.60 para los tratamientos T1, T2 y T3, respectivamente. La variables reproductivas como tamaño del folículo pre ovulatorio, mortalidad embrionaria, tasa de ovulación y la pubertad se vieron mejoradas cuando las dietas contenían 0.25 y 0.34% de fósforo. Es probable que el bajo fósforo dietario en el T1 (0.16%) pueda haber tenido influencia sobre las variables evaluadas especialmente sobre la pubertad. Se concluye que dietas con 0.25 y 0.34% de fósforo tienen un efecto positivo sobre crecimiento, pubertad y algunos parámetros reproductivos.

Palabras claves: fósforo, alpacas, crecimiento, consumo, destete, pubertad, reproducción

ABSTRACT

The objective of the study was to know the effect of phosphorus on the reproductive performance, growth and onset of puberty of female pre - pubertal and pubertal alpacas in two important stages of production, such as the breeding season (January to February) and weaning (August September). In the first stage of the study, blood levels of phosphorus were determined in 200 female alpacas of approximately 11-13 months of age located in four regions of greater importance for alpacas breeding in Perú. Levels of 8.25 ± 0.23 , 5.25 ± 0.12 , 6.42 ± 0.16 , 4.8 ± 0.14 mg / dl were found for Cerro de Pasco, Junín, Cuzco and Puno regions, respectively. Significant differences ($P < 0.05$) were found among the four regions, and these data were compared with the expected range for alpacas (Van Saun , 2014) (5-11.5 mg/dl). In a second part of the study, a controlled experiment with different concentrations of phosphorus in the diet was performed: 0.16% (T1), 0.25% (T2), and 0.34% (T3). Forty-eight female alpacas post weaning (25.24 ± 0.17 kg) were used, with *ad libitum* feeding, with 16 animals per treatment housed in individual pens for a period of 7 months and ages range from seven to eight months. There was a phosphorus effect ($p < 0.05$) on the majority of variables evaluated as live weight, body condition when the levels in the diets were 0.25 and 0.34%. Dry matter intake expressed in kg / day was 0.71 ± 0.01 , 0.82 ± 0.01 and 0.96 ± 0.02 while, as a percentage of live weight it was 2.07, 2.24 and 2.60 for treatments T1, T2 and T3 respectively. The reproductive variables such as pre ovulatory follicle size, embryonic mortality, ovulation rate and puberty were improved when the diets contained 0.25 and 0.34% phosphorus. It is likely that low dietary phosphorus in T1 may have had an influence on the variables evaluated especially on puberty. It is concluded that diets with 0.25 and 0.34% phosphorus have a positive effect on growth, puberty and some reproductive parameters.

Key words: *phosphorus, alpacas, growth, intake, weaning, puberty, reproduction*

I. INTRODUCCIÓN

El Perú es el primer productor de alpacas con más de 4 millones de animales en el mundo. Desde su domesticación (hace 7000 años), este animal cumple un rol importante en la estructura socio - economía rural (Wheeler, 1995). Alrededor del 90% de las alpacas están en manos de pequeños productores y comunidades campesinas siendo su fuente económica más importante (Ramírez, 1990 y More *et al.*, 2011). En estos lugares, la explotación se lleva a cabo siguiendo sistemas productivos tradicionales, carentes de tecnologías lo que desencadena en una merma en la productividad. Los camélidos domésticos, alpacas y especialmente las llamas, han desarrollado una capacidad de adaptación metabólica y endocrina, superior a la reportada en otros rumiantes (Kiani *et al.*, 2015), lo que les permite sobrevivir en condiciones de pastizales de baja calidad. A pesar de estas condiciones los camélidos presentan una tasa de fecundación del 90 %, similar a la reportada en otras especies; sin embargo, el comportamiento reproductivo, en términos de tasa de preñez o tasa de natalidad, presenta un rango menor al 50%, atribuido a diversos factores y entre ellos el factor nutricional (Vaughan y Tibary, 2006). Se detalla una mortalidad embrionaria de 45-56% (Bravo *et al.*, 1987, 2010; Ratto *et al.*, 2011) y una tasa de ovulación de 60 - 80% (Bravo *et al.*, 1987; Andrade, 2007). Entonces las deficiencias nutricionales tienen consecuencias en diversas etapas del ciclo reproductivo, desde un retraso en el inicio de la actividad reproductiva o pubertad o en el reinicio de la actividad reproductiva post parto, deficiencias en la actividad ovárica, conducta de receptividad e interés sexual; así como la producción de gametos con una reducida capacidad fecundante, afectando la sobrevivencia embrionaria e incluso el mantenimiento de la gestación.

Las informaciones estadísticas señalan que de las 14'102.000 Ha de pastizales aptas para el pastoreo alrededor del 95% son de condición regular, pobre y muy pobre (CENAGRO, 2012). Sobre los 3800 m.s.n.m, la oportunidad de encontrar pastizales que ofrezcan una dieta con adecuadas concentraciones de nutrientes que se ajusten a los requerimientos de los camélidos es muy baja. Las deficiencias entonces de proteína, energía y algunas vitaminas y minerales son severas coincidiendo con etapas críticas en la vida productiva de las alpacas

como son el destete y el último tercio de gestación (San Martín, 1996). Una de las deficiencias reportadas en los pastizales es la del fósforo (Waldrige y Pugh, 1997; San Martín, 1987; Kalinowski *et al.*, 1970; Echevarría *et al.*, 1970 y Flores y Oscanoa, 1992) cuya relación con la función reproductiva ha sido atribuida por varios autores y en diferentes especies.

En ese contexto las funciones productivas y reproductivas en primera instancia se ven afectadas repercutiendo en la economía del ganadero. Una de las alteraciones de primer orden es el retraso en el inicio de la pubertad debido a que el destete coincide con la época seca donde los requerimientos nutricionales son difícilmente cubiertos y esto trae como consecuencia que los animales no alcancen pesos adecuados retrasando la pubertad y la función ovárica por lo que los criadores se ven obligados a empadrear a los dos años a estos animales asumiendo las consecuencias económicas que esto implica. Varios estudios en otras especies han relacionado las deficiencias de fósforo con el inicio de la pubertad, al respecto, Little (1970) y Pugh *et al.*, (1985) mencionan que a deficiencia de fósforo provoca ciclos irregulares en la función ovárica, bajas tasas de preñez y retraso en la pubertad, sin embargo en camélidos no hay estudios que demuestren tal apreciación. Tibary *et al.*, (2001) y Van Saun (2006), mencionan que las deficiencias de fósforo pudieran provocar alteraciones en las funciones reproductivas pero no hay evidencia práctica que lo demuestre en camélidos sudamericanos.

Más del 80% de alpacas destetadas no llegan a alcanzar el peso adecuado o mínimo requerido para ser servidas (>35 kg) al año de edad en la estación reproductiva (enero a marzo) (Sumar y Garcia, 1986; San Martín, 2015; Huanca *et al.*, 2015); además, la pubertad se evidencia con retraso por lo que estas alpacas son iniciadas en la reproducción a partir de los dos años de edad con las implicancias económicas que esto conlleva para los alpaqueros en términos de manejo, alimentación y sanidad por un año. La eficiencia reproductiva de las alpacas en los andes es afectado por las altas tasas de mortalidad embrionaria (Bravo *et al.*, 1987; Bravo y Sumar, 1989; Fernandez-Baca *et al.*, 1970). Por lo tanto esta investigación pretende desarrollar la problemática de la interacción fosforo dietario – performance reproductivo y crecimiento en alpacas pre púberes y púberes como estrategia nutricional.

En la actualidad, se reportan estudios sobre parámetros bioquímicos en camélidos sudamericanos tanto en estados de salud como en enfermedad (Anderson, 2002), sin embargo, se cuenta con poca información sobre la bioquímica sanguínea de la alpaca en diferentes etapas de su vida productiva considerando el plano nutricional, los trabajos de investigación son escasos y en su mayoría no exhiben una interrelación completa con su hábitat natural (Concha et al., 2013). Además, en la actualidad no se disponen de estudios que evidencien una relación cercana del fósforo a niveles diferentes en la dieta y sus efectos sobre algunos parámetros reproductivos a las cuales se le asocia. Tampoco existen estudios desarrollados en condiciones controladas donde se pueda determinar el consumo de alpacas con mayor grado de precisión y además nos permita relacionarlo con la eficiencia reproductiva y determinar requerimientos en base a respuestas biológicas. Un problema adicional es que los requerimientos actuales para camélidos publicados por la NRC, (2007) (National Research council) no establece diferencias entre llamas y alpacas y además son extrapolados de otras especies como cabras ovinos y vacunos.

Para implementar un esquema de manejo nutricional adecuado en relación a las deficiencias de fósforo en la producción de alpacas y contrarrestar sus efectos se establece el objetivo general para conocer los efectos del fósforo a diferentes niveles en la dieta sobre el crecimiento, consumo y performance reproductiva en alpacas hembras post destete. Además, como objetivos específicos se plantea conocer las concentraciones de fósforo en suero sanguíneo y en dietas de alpacas púberes en cuatro regiones del Perú en un primer estudio. Así mismo, determinar el efecto de tres niveles de fósforo en la dieta sobre el consumo, peso vivo y edad a la pubertad, además sobre parámetros reproductivos como tasa de ovulación, tasa de preñez y mortalidad embrionaria en un segundo estudio bajo condiciones controladas.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Relación nutrición – reproducción en camélidos sudamericanos

El concepto de homeorresis, sugiere que la reproducción tiene una prioridad menor en comparación con otros estados fisiológicos de mantenimiento. En consecuencia, hay una estrecha relación aparentemente entre el estado nutricional y el rendimiento reproductivo. Deficiencias o excesos nutricionales pueden impedir el desarrollo anatómico (pubertad, crecimiento embrionarios o fetales), la producción de hormonas (ciclicidad, el mantenimiento del embarazo), altera la respuesta inmune (condiciones de la enfermedad, fetal y viabilidad neonatal) o pueden afectar directamente la función reproductiva (foliculogénesis, la ovulación, función del cuerpo lúteo) (Van Saun, 2008). Al evaluar conjuntamente las diferentes fases productivas de la crianza de alpacas y llamas y la estacionalidad de la disponibilidad y calidad del forraje durante el año, es posible identificar algunas etapas en las cuales los requerimientos nutricionales de los animales son difícilmente cubiertos (San Martín, 1987). Estas etapas son el destete que se realiza entre los meses de setiembre y octubre y el último tercio de gestación, que se produce entre los meses de setiembre, octubre, noviembre y diciembre. Dentro las fallas reproductivas en machos y hembras, las pérdidas originadas en los factores nutricionales pueden ser las de mayor importancia por sus efectos deletéreos sobre el total de animales. Sin duda, las carencias o excesos nutricionales afectan a la totalidad del rebaño.

Los problemas reproductivos de tipo individual (patológicos, endocrinos o infecciosos) pasan a un segundo plano, cuando los requerimientos nutricionales no son cubiertos adecuadamente (Yaranga, 2009). Así mismo, existen interacciones negativas entre nutrientes, en especial entre minerales, que llevan a desbalances nutricionales, pueden acentuar las fallas y generar mayores factores de ineficiencia en el manejo reproductivo en su conjunto. En los procesos metabólicos para la distribución de nutrientes, la reproducción no es considerada como un evento con una alta prioridad, más aun cuando dicha distribución varía entre los órganos y el estado fisiológico del animal (Roche, 2006). Sin embargo, si bien la nutrición tiene una influencia directa sobre los diversos eventos reproductivos, hay que

considerar que es uno de los factores factible de ser controlado, mediante adecuados esquemas de manejo (Webb *et al.*, 2004)

Diversos estudios han confirmado el importante rol de la nutrición en el inicio de la pubertad, señalándose que una inadecuada nutrición resulta en un retraso de la pubertad, por un efecto atribuido a una deficiente secreción de la Hormona Luteinizante (LH) derivada de la inadecuada secreción de la Hormona Liberadora de las Gonadotropinas (GnRH) (Schillo, 1992). En otro estudio Samadía *et al.*, (2014) reportan que un mayor número de folículos ≥ 4 mm y una mejor tasa de ovulación, ha sido obtenida en vaquillas Brahman mantenidas con un mejor plano nutricional respecto a sus compañeras con deficientes planos nutricionales. Una reproducción eficiente es el resultado de complejos e integrados procesos anatómicos, desarrollo, fisiológicos y conductuales (Van Saun, 2008) y el efecto de la nutrición sobre el comportamiento reproductivo se sustenta en la baja prioridad de un evento reproductivo respecto a otros estados fisiológicos como las necesidades para el mantenimiento, lactación y crecimiento, especialmente cuando los recursos nutricionales disponibles son limitados (Beam y Butler, 1997). En camélidos, los estudios referidos a evaluar el impacto de la nutrición sobre los eventos reproductivos son escasos, posiblemente porque a pesar de las condiciones medioambientales adversas, es posible la crianza de estos animales, habiendo desarrollado una capacidad de adaptación metabólica y endocrina a estas condiciones, superior a otras especies (Kiani *et al.*, 2015), lo que permite sobrevivir bajo condiciones de pasturas de baja calidad, con adaptaciones fisiológicas funcionales como una alta tasa de pasaje de alimentos líquidos pero una baja tasa de pasaje de alimentos sólidos (Robinson *et al.*, 2006) y con una habilidad para reducir los requerimientos de energía para mantenimiento o dietas con bajo contenido de proteína.

El efecto de la restricción alimenticia sobre la dinámica folicular ovárica, respuesta ovulatoria y desarrollo del cuerpo lúteo fue evaluado en llamas por Norambuena *et al.*, (2013), reportándose diferencias altamente significativas en el tamaño del folículo dominante (9.5 ± 0.7 con restricción vs 13.2 ± 0.9 sin restricción) y en el tiempo del vida del folículo dominante (19.9 ± 2.0 con restricción vs 24.3 ± 1.1 sin restricción). Huanca *et al.*, (2012) en un estudio realizado con el propósito de evaluar el efecto de la suplementación con heno de alfalfa, dos semanas antes del servicio, señalan una mejor tasa de preñez en alpacas del T1: con cría + suplementación (65.6 y 62.5 % de preñez) a los 20 y 60 días post servicio, respecto a los otros tratamientos; T2: alpacas con cría y sin suplementación (51.7 y

37.9 % de preñez); T3: alpacas sin cría + suplementación (52.9 y 47.1 % de preñez) y T4: alpacas sin cría y sin suplementación (53.1 y 33.3 % de preñez). Los resultados sugieren que la suplementación permite una mejor tasa de concepción pero sobre todo mejoran la tasa de sobrevivencia al día 60, en alpacas con y sin cría.

La menor tasa de sobrevivencia en el tratamiento de alpacas sin cría y sin suplementación puede ser explicada porque estos animales vienen de una campaña anterior sin cría y existe la posibilidad de presentar alteraciones adicionales que no fue evaluada en el estudio. Machaca *et al.*, (2015) en un estudio reciente que fue diseñado con el propósito de evaluar el efecto de la suplementación alimenticia con concentrado, durante un largo periodo, sobre las características ováricas y la tasa de preñez. Los resultados señalan que aun cuando no se han registrado diferencias estadísticas, existe diferencias en el tamaño del cuerpo lúteo (10.8 ± 3.2 mm vs 9.1 ± 2.6 mm) a favor del tratamiento con suplementación, sugiriendo que debería estar correlacionada con una mejor tasa de preñez al día 26, sin embargo, los resultados fueron contrarios a lo esperado y se observó una diferencia mayor al 20 % entre los tratamientos, favorable al tratamiento sin suplementación. Otras deficiencias de nutrientes tales como agua, proteínas, vitaminas y minerales pueden también afectar la reproducción, pero sus efectos no están bien documentados (Short y Adams, 1988).

2.2 Etapas Críticas en la Producción de Alpacas

2.2.1 Estación Reproductiva

Estudios efectuados en alpacas criadas en su hábitat natural muestran una estacionalidad reproductora que se extiende de diciembre a marzo (San Martin, 1996); esta época coincide con los meses más abrigados del año, lluviosos y con abundancia de forraje verde. Sumar y García (1986) mencionan que en las explotaciones grandes y en las comunidades campesinas donde machos y hembras se encuentran juntos todo el año, los nacimientos ocurren entre los meses de diciembre a marzo. Esta estacionalidad reproductiva se observa también en los camélidos silvestres, (vicuña y guanaco). Sin embargo, cuando las hembras son mantenidas separadas de los machos y se permite el servicio una sola vez por mes, hembras y machos muestran actividad sexual durante todo el año. Las alpacas son estacionales por manejo reproductivo para asegurar el parto y el posterior empadre en la época de lluvias donde la oferta alimenticia es mejor y pueda sustentar los requerimientos altos de energía y proteína por parte de las hembras. Sin embargo en esta estacionalidad confluyen varios eventos de orden reproductivo entre los que se encuentran el parto, la inmediata involución uterina, la

reactivación ovárica y el empadre que normalmente en los sistemas de explotación en el Perú se realiza entre los 15 a 25 días post parto, además se suma que el animal está en plena lactación que es otro evento de mucha relación con la reproducción y que probablemente aumenta los requerimientos en estación reproductiva. Sumar y García (1986).

2.2.2 Destete

El destete es considerado como una actividad en el cual se realiza la separación de la cría con respecto a la madre, otros autores la señalan como la interrupción del amamantamiento, en ambos casos se considera a la cría como un animal con plena capacidad fisiológica para realizar sus actividades independientes. Un periodo crítico en la producción de alpacas es el destete (Van Saun, 2014), debido a que esta etapa coincide con la época seca (agosto – setiembre) donde la oferta alimenticia es pobre y no logra cubrir sus requerimientos considerando que están en pleno crecimiento, otro factor es que el destete implica un estrés lo que pudiera generar una baja en la inmunidad afectando los parámetros productivos y sobre todo la salud de estos animales, siendo vulnerables a los agentes etiológicos. Esto pudiera generar que en estación reproductiva los animales no lleguen a alcanzar el peso adecuado mínimo para ser empadrados debiendo esperar un año adicional. El plano nutricional es de suma importancia en esta etapa para conocer e implementar estrategias posteriores de alimentación y nutrición. Se menciona que el peso al destete está en función a la alimentación. Las crías Huacaya desarrollan más rápidamente alcanzando un peso de 25 – 35 kg de los 7 a 9 meses. Se nota que los de fibra de color son de mayor peso (San Martín, 1996). Con un buen manejo de pastos se llega al destetar 30 kg de peso vivo sin problema en 7 meses. Bustinza *et al.*, (1979), señalan que el peso promedio al destete, a los 9 meses, está entre 30 kg y 31 Kg.

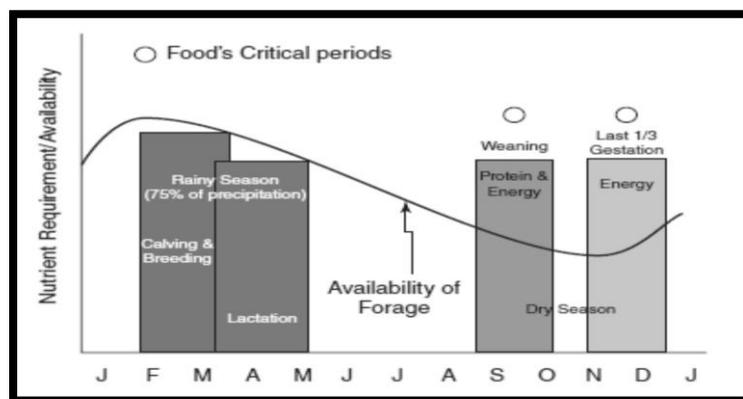


Figura 1: Etapas críticas nutricionales en la producción de alpacas (adaptado de Van Saun, 2014).

2.3 Importancia de la Nutrición Mineral en Camélidos

Los minerales son elementos inorgánicos que cumplen un rol fundamental en la conservación de la homeostasis (Van Saun, 2006). El desbalance de estos en el organismo produce pérdidas importantes en los diferentes sistemas productivos, ya que los camélidos son susceptibles a toda enfermedad por deficiencia de algún mineral (Van Saun, 2006). Estos minerales son clasificados en dos grupos por su concentración en el organismo, Macrominerales (Ca, P, Mg) medidos en gramos/día y Microminerales (Zn, I, Cu) expresados en miligramos/día (Van Saun, 2006). De los minerales que participan en el funcionamiento orgánico, cabe destacar el calcio y el fósforo, cuyos excesos o deficiencias dan origen a diversas patologías, tales como: raquitismo, osteomalacia, hipocalcemia postparto, trastornos en la fertilidad, si bien las patologías indicadas precedentemente centran la atención por los signos que acompañan las bajas concentraciones plasmáticas de estos elementos también son capaces de limitar la productividad en forma inaparente y constante. Sin embargo, esta deficiencia se puede suplir mediante la suplementación de estos minerales de distinta manera (Van Saun, 2008).

Las publicaciones relacionadas con deficiencia de minerales en camélidos son escasas, pero basándose en experiencias clínicas, se asume que el proceso patológico en alpacas es similar a otras especies de rumiantes (Van Saun, 2006) sobre estas necesidades de minerales aún no están definidas siendo generados a partir de la extrapolación de las necesidades de minerales de ganado vacuno, ovino y caprino. La información sobre el estatus mineral en alpacas podría utilizarse en el estudio nutricional y estado de salud de estos animales, además nos sirve para estudiar el comportamiento de estas variables en condiciones ecológicas diferentes así como también a cambios que pudieran producirse al criar estas especies en un ambiente diferente. Al respecto algunas investigaciones evidencian que la determinación de metabolitos sanguíneos está sujeta a las capacidades adaptativas propias de su habitat. La bioquímica sanguínea es la valoración de la concentración de metabolitos en la sangre, representa un análisis integrado de la adecuación del suministro de nutrientes con relación a su utilización, así como también refleja el funcionamiento renal y hepático (Marín et al; 2016).

Los parámetros bioquímicos pueden ser influenciados por diferentes factores como sexo edad, estado reproductivo, estrés y estación de año (Siguas y Olazabal, 2008). En la mayoría de las especies la información relacionada con parámetros bioquímicos es abundante, sin

embargo en camélidos esta información es incompleta (Quispe et al; 2016). La valoración química sanguínea se podría utilizar para evaluar el estado nutricional y sanitario de los animales y especialmente para descubrir carencias de alimento (Flores et al; 2016), cabe indicar que también para problemas clínicos y alteraciones metabólicas (Sanchez – Araujo et al; 2011), los camélidos, presentan características bioquímicas propias a la adaptación de su habitat (Rosales et al; 1980). En relación con otras especies y sobre todo en alpacas existe una escasez de información publicada que documenta los problemas entre la relación nutrición - reproducción.

2.4 Implicancias Fisiológicas del Fósforo en Camélidos Sudamericanos

El fósforo, es esencial para la formación del tejido óseo y el metabolismo energético celular. Aproximadamente un 85% se encuentra en el hueso y en los dientes. Aproximadamente el 20% del fosforo del cuerpo es se distribuye a través de los tejidos blandos, siendo especialmente concentrada en los glóbulos rojos de la sangre, músculo y los tejidos nerviosos (Vitti et al., 2010). Van Saun (2014) menciona que el control de la concentración de calcio en la sangre y una concentración de fósforo en menor medida se produce a través de las acciones reguladoras de la paratohormona calcitonina y con la mediación de la vitamina D. Las cantidades dietéticas de calcio y fósforo deben cumplir una relación ideal dentro de un rango de 1:1 ó 2: 1, rangos más amplios pueden ser toleradas por los animales adultos pero no por los más jóvenes. Todos los procesos fisiológicos relacionados al fósforo implican una ganancia o pérdida de energía y se realizan mediante la formación o la destrucción de “enlaces fosfato” que acumulan energía. Sumado a ello cumple con el mantenimiento de la presión osmótica y el equilibrio ácido-básico, la formación de fosfolípidos y, en consecuencia, en el transporte de ácidos grasos y en la formación de aminoácidos y proteínas (Vitti et al., 2010).

Van Saun (2006) menciona que el metabolismo del fósforo en rumiantes y especialmente en camélidos es único. El fósforo de la sangre es reciclado al rumen a través de la saliva. Fisiológicamente es posible que esto sea necesario para proporcionar fósforo a los microbios del rumen; esto debido a que el fósforo es un mineral crítico para el pastoreo de animales. En camélidos, los cambios estacionales de fósforo en la sangre y las concentraciones se asocian con el estado de vitamina D; además menciona que las concentraciones son bajas durante los meses de invierno condicionando un raquitismo hipofosfatémico clínico que ocurre en el crecimiento de crías debido a la deficiencia de vitamina D. El metabolismo del

calcio y el fósforo se entrelazan con la vitamina D. Hay un equilibrio dinámico entre la ingestión dietética y la absorción de calcio y fósforo del intestino, la resorción o deposición en el hueso, el reciclaje del fósforo a través de la saliva, y la eliminación de calcio y fósforo a través de la orina, heces y leche. La vitamina D es de importancia central en metabolismo del calcio y fósforo, con un efecto directo sobre la tasa de absorción intestinal, hueso deposición, y la pérdida urinaria. Sin suficiente actividad de la vitamina D la eficiencia de absorción intestinal de fósforo en la dieta disminuye en gran medida Van Saun (2006).

Se menciona que la concentración de fósforo en la sangre está determinada por un equilibrio entre la absorción del fósforo de la dieta en el intestino, el almacenamiento en los huesos, y la eliminación a través de la orina. La regulación más importante de los niveles de fósforo en la sangre ocurre a nivel renal (eliminación por la orina). Vitti *et al.*, (2010). Dada la participación del fósforo en varios procesos biológicos, niveles bajos en la sangre o bien pérdidas del mineral pueden causar enfermedades serias, y alteración de muchas funciones entre ellas la reproductiva. Con respecto al análisis mineral de los tejidos y fluidos del cuerpo son útiles para evaluar el estado de los animales, por lo tanto es posible superar las limitaciones de diagnóstico con las observaciones clínicas y patológicas.

Un problema adicional es que los requerimientos actuales para camélidos publicados por la NRC, (2007) (National Research council) no establece diferencias entre llamas y alpacas y sobre estas necesidades de minerales aún no están definidas siendo generados a partir de la extrapolación de las necesidades de minerales de ganado vacuno, ovino y caprino.

2.5 Fósforo y su relación con la función reproductiva

Signos de deficiencia del calcio y fósforo no son fácilmente distinguibles. En condiciones de escasez extrema de fósforo, los animales pueden tener amplios rangos de infertilidad, e incluso no entrar en celo por varios años (Bindari *et al.*, 2013). Las alpacas pueden entrar en un periodo de anestro prolongado por las deficiencias de calcio y fósforo (Tibary *et al.*, 2001). Además se evidencia disminución de la actividad ovárica, estro irregular, incidencia de ovarios quísticos, madurez sexual tardía y bajas tasas de concepción cuando la ingesta de fósforo es baja. La involución uterina también puede verse afectada dando lugar a problemas de infertilidad (Bindari *et al.*, 2013). Por su parte Smith y Chase (1985) reportan la presencia de ovarios inactivos, retraso en la madurez sexual y bajas tasas de concepción. En un trabajo de campo Ríos (1970) menciona que la baja fertilidad por deficiencia de fósforo se debe a

celos irregulares ya que el ciclo ovárico es sensible a la carencia de fósforo siendo este problema corregido con la adición de este mineral en la dieta. Bicalho *et al.*, (2014) evaluando las concentraciones séricas de fósforo y calcio en vacas menciona que la metritis estaba relacionada a las bajas concentraciones séricas de calcio ($P < 0,01$). La deficiencia de fósforo se ha relacionado a la ineficiencia reproductiva, principalmente anestro (Van Saun, 2008; Echevarría *et al.*, 1977). Esta implicación se había llevado a la dieta excesiva rutina la suplementación de fósforo en la industria láctea, que ha conducido en última instancia a la contaminación ambiental preocupaciones. La investigación reciente no ha mostrado mejores desempeño reproductivo con la suplementación de fósforo en las dietas de vacas de alta producción de leche (Bicalho *et al.*, 2014).

Observaciones clínicas en llamas y alpacas sugieren una papel de bajo fósforo en la capacidad de ovular (Tibary A, 2001). En particular, los resultados de la deficiencia de fósforo en una tasa de concepción inferior, una disminución en la actividad ovárica, ciclos estrales irregulares, anestro (ovarios inactivos), y una mayor incidencia de ovarios quísticos. (Amaral-Phillips y Heersche, 1997).

2.6 Deficiencia del fósforo en pastizales naturales

El fósforo es el mineral más deficiente en pastizales naturales en las regiones de mayor población de alpacas (Waldrige y Pugh, 1997; San Martin, 1987; Kalinowski *et al.*, 1970; Echevarría *et al.*, 1970 y Flores y Oscanoa, 1992). Flores y Bryant (1989) señalaron que los macrominerales y microminerales como el calcio, fósforo, magnesio, cobre, etc, son de mucha importancia para la alimentación animal pero se desconoce el status de minerales y su interrelación con el suelo. Soikes *et al.*, (1978) analizando la composición química de los pastos nativos de la sierra central observó que durante la época seca y en estado de madurez las concentraciones de proteína, fósforo y cobalto fueron bajas. Para el caso del fósforo la concentración promedio de este elemento fue 0.09%, nivel considerado deficiente para animales en pastoreo. Langlands (1987), indica que importantes indicadores del status mineral son las concentraciones de calcio y fósforo en la dieta, tejido animal, concentración de enzimas, componentes orgánicos o metabolitos con el cual el elemento mineral esta funcionalmente asociado. Así mismo, McDowell *et al.*, (1983) sugirió que el contenido de fosforo inorgánico medida a partir del suero sanguíneo efectivo para diagnosticar el status nutricional de este elemento.

Kalinowski *et al.*, (1970) en un trabajo desarrollado en Cerro de Pasco analizaron la concentración de fósforo en pastos naturales y mencionan que el contenido de este mineral fue bastante bajo durante el año, incluso durante la estación de lluvias. Oscanoa (1992) determinó el estatus nutricional de animales y pastizales con dos sistemas de pastoreo, estos autores encontraron valores críticos de fósforo 0.17% los cuales no satisfacen los requerimientos, siendo éstos déficits mayores en tercio final de gestación y a inicios de lactación. San Martín y Campos (1982) determinaron el contenido de fosforo sérico en alpacas en pastizales naturales encontrando que el 50% de animales experimentales tuvieron valores inferiores a 4.5 mg/dl y estos valores estuvieron relacionados con un bajo nivel de fosforo en la pastura (0.07%). Estudios actuales que corroboren estos datos no se disponen siendo un tema de importancia nutricional dada las implicancias de este mineral en muchas funciones del cuerpo.

2.7 Pubertad

La pubertad es descrita cuando el animal adquiere la capacidad de liberar gametos y de manifestar secuencias completas de comportamiento sexual (Hafez, 2002). Todos los ciclos reproductivos comienzan con la pubertad.

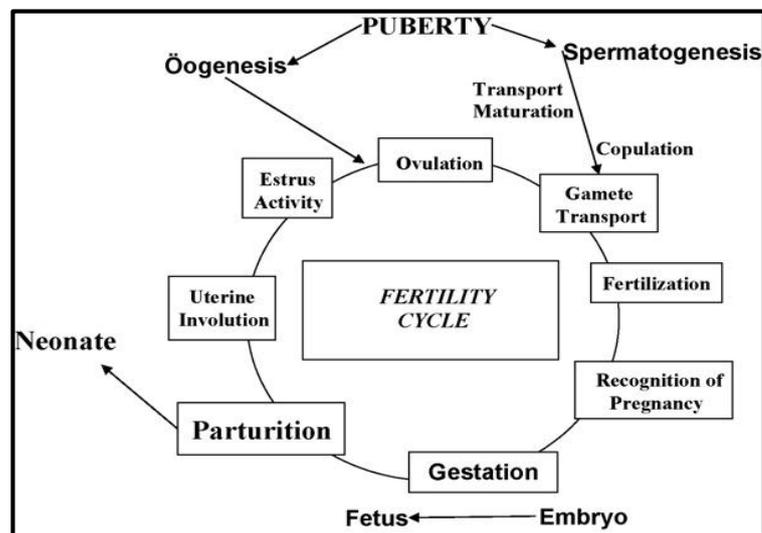


Figura 2: Diagrama del ciclo reproductivo iniciado con la Pubertad (adaptado de Van Saun, 2008).

La pubertad está controlada por un mecanismo fisiológico gobernado por el sistema nervioso central (SNC). El SNC regula la aparición de la pubertad mediante la síntesis y secreción en el hipotálamo de la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH). Durante la etapa

prepúber, la secreción de GnRH está restringida como consecuencia de la elevada sensibilidad del hipotálamo frente al efecto inhibitor (retroalimentación negativa) originado por la baja concentración de estrógenos que secreta el ovario prepúber. Para que se inicie la pubertad en las hembras, es necesaria la disminución gradual en la sensibilidad del hipotálamo a la retroalimentación negativa provocada por las bajas concentraciones de estrógenos. De esta forma, el hipotálamo comienza a secretar GnRH, que a su vez estimula la liberación de FSH y LH permitiendo así a los folículos sobrepasar la fase de folículo preantral y transformarse en folículo antral. Este efecto positivo estimula la secreción del pico de LH necesario para desencadenar la ovulación y luteinización folicular, y por tanto, la actividad cíclica ovárica. La retroalimentación positiva se establece gradualmente durante el periodo de transición de la pubertad (García *et al.*, 1995).

Las alpacas tienen la capacidad de reproducirse desde el año de edad, pero factores como la alimentación y la fecha de nacimiento afectan esta manifestación (Novoa, 1992). Existen evidencias que el peso vivo y la edad influyen en los porcentajes de ovulación, fertilidad y natalidad, los cuales se incrementan cuando se sobrepasan los 33 kilos de peso vivo (Novoa *et al.*, 1972). Bajo los actuales sistemas de alimentación y crianza, solo el 50 % de las alpacas primerizas alcanzan un peso superior a los 33 kg al momento del empadre, que se efectúa cuando las hembras tienen 12 meses de edad, lo cual puede ser mejorado con una alimentación adecuada. También se reportó que el peso al nacimiento de las crías de hembras de bajo peso fue significativamente menor que las de aquellas con más de 38 kg; así mismo que por cada kilogramo de incremento de peso corporal hubo 5% de incremento en el porcentaje de natalidad (Leyva y Sumar, 1981)

A los doce meses de edad, la mayoría de las hembras vírgenes muestran receptividad sexual al ser puestas en contacto con el macho; sin embargo, la actividad ovárica se inicia a los diez meses o antes dependiendo del estado nutricional del animal, cuando los ovarios muestran folículos de 5 mm o mayores. Novoa *et al.*, (1972) mostraron que en las hembras vírgenes la actividad sexual, seguida de ovulación y fertilización, ocurre una vez alcanzado cierto grado de desarrollo corporal el cual, bajo las condiciones actuales de crianza (doce a catorce meses de edad), se obtiene cuando mejora la disponibilidad de los alimentos, lo que a su vez depende de factores climáticos.

Leyva y Sumar (1981) en un estudio de la evaluación del peso corporal al empadre, sobre la capacidad reproductiva de 280 hembras de 1 año de edad, encontraron que existe una asociación altamente significativa ($P < 0,001$) entre el peso corporal al empadre y el porcentaje de natalidad. Por cada kg de incremento en peso corporal hubo un incremento del 5% en el porcentaje de natalidad, y por encima de los 33 kg de peso vivo al empadre el porcentaje de hembras vacías fue relativamente independiente del peso corporal, mientras que por debajo el porcentaje se incrementó notablemente. Posteriormente se evaluaron las campañas de estas hembras en relación con su primer parto y el peso de las crías fue similar al de las de hembras adultas, así como no hubo detención en el crecimiento y producción de las madres.

Bajo los actuales sistemas de alimentación y crianza solo un 50% de las primerizas alcanza un peso superior a los 33 kg en el momento del empadre; con mejores condiciones alimenticias y de manejo, hasta un 80% de las primerizas alcanza y supera los 33 kg. Un retardo en la pubertad de los animales de granja en la zona tropical del mundo ha sido atribuido a una lenta tasa de crecimiento, y se ha sugerido que la pubertad llega con un cierto umbral de peso corporal (Andrade, 2007). En las actuales condiciones de manejo se acostumbra empadrear a las hembras a los 2 años de edad, lo cual puede ser reflejo de una inadecuada alimentación y manejo.

La etapa reproductiva de alpacas se produce en el Perú debido a la temporada de lluvias. Se desea que el parto se produzca durante la temporada del año en el que hay precipitaciones (de enero a mayo) para apoyar el estado nutricional con pastizales necesarios para la crianza óptima de las crías. Sin embargo, los términos estacional y no estacional, no reflejan con precisión la actividad ovárica. A pesar de que la actividad del folículo tendió a ser ligeramente menor durante la temporada no reproductiva (animales examinados durante agosto y septiembre) vs la época de reproducción, las diferencias no fueron significativas. Así es posible que las alpacas tengan actividad ovárica continua durante todo el año. Estos resultados son similares a los reportados para la llama por England *et al.* (1969). Parece que las hembras de alpaca son capaces de madurar la actividad ovárica entre los 11 a 12 meses de edad, edad probable para afirmar que estos animales en esta circunstancia son animales púberes.

2.8 Ciclo reproductivo de la alpaca hembra

2.8.1 Estación reproductiva

Estudios efectuados en alpacas criadas en su hábitat natural muestran una estacionalidad reproductora que se extiende de diciembre a marzo (San Martín, 1996); esta época coincide con los meses más abrigados del año, lluviosos y con abundancia de forraje verde. Sumar y García (1986) mencionan que en las explotaciones grandes y en las comunidades campesinas donde machos y hembras se encuentran juntos todo el año, los nacimientos ocurren entre los meses de diciembre a marzo. Esta estacionalidad reproductiva se observa también en los camélidos silvestres, la vicuña y el guanaco. Sin embargo, cuando las hembras son mantenidas separadas de los machos y se permite el servicio una sola vez por mes, hembras y machos muestran actividad sexual durante todo el año.

2.8.2 Conducta sexual

El origen del comportamiento de la receptividad sexual durante el estro está directamente relacionado con las variaciones en la concentración sanguínea de las hormonas estrógenos y progesterona, las cuales actúan en centros del sistema nervioso central relacionados con la conducta determinando este comportamiento sexual (García *et al.*, 1995). Los camélidos no presentan un ciclo estral definido que sea comparable en otras especies (Novoa, 1992) Se ha observado que a partir de los 12 meses de edad en alpacas muestran una conducta sexual similar a las adultas de 2 a más años de edad (Novoa *et al.*, 1972). Las alpacas o llamas hembras, en ausencia de la estimulación copulatoria, muestran periodos de receptividad sexual hasta de 36 días, con breves periodos de rechazo al macho, que puede durar 48 horas (Huanca *et al.*, 2007).

La hembra receptiva adopta una posición particular, a veces intenta escapar después de un breve periodo de persecución por parte del macho o se acerca a un macho que está copulando a otra hembra y adopta la posición característica (San Martín, 1996). Las hembras no receptivas rechazan los requerimientos del macho, escapando y escupiendo, aunque machos muy agresivos pueden forzar a algunas hembras sobre todo a las primerizas a adoptar la posición de cópula, saltando sobre ellas, presionando los flancos con sus miembros anteriores y aprovechando su mayor masa corporal para realizar la monta (Sumar, 1991).

La actividad sexual es intensa al inicio del apareamiento, posteriormente va disminuyendo en intensidad, tal es así que en el primer día de empadre más del 50% de las hembras son servidas y muchas de ellas reciben hasta 5 ó 6 servicios ese día, siendo la actividad de los machos muy intensa realizando hasta 15 servicios el primer día con una duración de 5 – 40 minutos cada uno. Sin embargo, la duración de la cópula varía en relación a la frecuencia de montas del macho, siendo el primer servicio más prolongado que los sucesivos en el mismo día del empadre y a la competencia entre ellos mismos (Fernández Baca, 1991). Dado que las hembras al inicio de la estación de monta muestran un continuo desarrollo folicular y por lo tanto, una receptividad continuada, se puede esperar que la mayoría de las hembras del rebaño esté en celo, siempre y cuando las hembras no hayan sido expuestas al macho o a otros estímulos capaces de inducir la ovulación. El estímulo necesario para la descarga de la hormona LH y subsecuente ovulación es la introducción del pene; el estímulo de la monta sola, sin introducción del pene resulta en una baja tasa de ovulación (Fernández Baca *et al.*, 1972).

2.8.3 Sincronización de la onda folicular

Los conceptos que enmarcan la dinámica folicular según Gigli *et al.*, (2006) están en torno a la maduración de un grupo de folículos terciarios que divergen mientras uno de ellos continúa su crecimiento y se diferencia en un folículo dominante y por otro lado, los demás que son los folículos subordinados sufren un proceso de regresión por efectos hormonales fisiológicos. Las ondas foliculares comprenden fases desde el reclutamiento, crecimiento y maduración de los folículos. La onda folicular se divide en tres etapas: a) la fase de crecimiento, b) la fase de maduración y c) la fase de regresión (Bravo *et al.*, 1990). Durante la etapa de crecimiento, se inicia el desarrollo de un grupo de folículos antrales, los cuales oscilan entre 2 a 3 mm y llegan a 4 a 5 mm al final de esta etapa. En la etapa de maduración, continúa creciendo el folículo dominante, se diferencia y alcanza el tamaño ovulatorio (igual o mayor a 7 mm de diámetro); entre tanto los demás regresionan (Fernandez Baca, 1993), dicho proceso probablemente se produzca debido a la secreción de inhibina (Tibary, 2001). La dominancia se da tanto para los folículos del ovario en que se encuentra el folículo dominante como para el otro ovario donde no se encuentra (Bustinza, 2001).

El folículo dominante ejerce un efecto inhibitorio que lleva al resto de los folículos del mismo grupo (subordinados) a detener su crecimiento y atresarse. Entre 1 y 4 días de comenzada la regresión del folículo dominante emerge la onda siguiente. (Adams *et al.*, 1990

y Bravo *et al.*, 1990). En camélidos sudamericanos se han utilizado tratamientos hormonales para inducir la ovulación y superestimular el desarrollo folicular con GnRH y LH (Bravo *et al.*, 1992; Aller *et al.*, 1999; Huanca *et al.*, 2001)

Las inyecciones de GnRH durante el ciclo estral en el ganado vacuno sincronizan el desarrollo folicular para la ovulación o luteinización del folículo dominante para el reclutamiento y selección de un nuevo folículo dominante (Thatcher *et al.*, 1993). En yeguas, las inyecciones diarias de GnRH inducen el desarrollo de folículos preovulatorios en un régimen efectivo para la inducción de una oleada de LH y ovulación (Turner *et al.*, 1991; McCue *et al.*, 1991; citado por Andrade, 2007). Por otro lado, se han empleado otros métodos de sincronización de la onda folicular en camélidos, es así que la sincronización de la onda folicular empleando dosis inyectables de progesterona y benzoato de estradiol se realizó en llamas para iniciar tratamientos superestimuladores en ausencia del folículo dominante (Carretero *et al.*, 2006; citado por Andrade, 2007). Además, la progesterona exógena ejerce un efecto inhibitorio en el desarrollo de los folículos subordinados y en el folículo dominante, desapareciendo este efecto después de suspenderse el tratamiento (Santiani *et al.*, 2002).

2.8.4 Diámetro del folículo pre ovulatorio

Cervantes *et al* (2004) en un estudio sobre la dinámica folicular encontraron que un plano de nutrición bajo tuvo un efecto supresor sobre el crecimiento del folículo dominante, lo que resultó en un intervalo entre ondas acortado en llamas y alpacas. El intervalo entre ondas no fue significativamente más largo en las llamas que en las alpacas a pesar de la tendencia a una fase de crecimiento más larga y un folículo dominante más grande.

Informes previos del crecimiento de folículos en alpacas y llamas (San Martín *et al.*, 1968; Fernández-Baca *et al.*, 1970; England *et al.*, 1969), y camellos (Shalash y Nawito, 1964; Elias *et al.*, 1984) se basaron en ovarios obtenidos en mataderos u observaciones ocasionales hechas por laparotomía. (Fernández-Baca, 1970; England *et al.*, 1969). Estos estudios fueron incapaces de proporcionar una idea del tiempo de crecimiento y regresión de los folículos. Los resultados se derivaron de la observación repetida de los ovarios por laparoscopia durante un período de 36 días y se pudo definir la fase del folículo en alpacas de una manera más precisa de lo que se hizo anteriormente. Se identificó que el crecimiento del folículo

tardó 3-5 días en desarrollarse desde el tamaño detectable más pequeño de 2 mm para alcanzar un tamaño máximo de 12 mm.

Se mantuvieron folículos grandes para un promedio de 4 días y luego disminuyó de tamaño, es decir, se sometió a atresia, durante alrededor de un período de 4 días. La duración promedio del tiempo requerido para el desarrollo, mantenimiento y regresión del folículo fue de 12 días. Además, la frecuencia en que los folículos en el rango de 8 a 12 mm se correlacionaron bien con las manifestaciones de receptividad sexual, lo que sugiere la posibilidad de ovulación a través de contacto coital. Debido a que la alpaca es un ovulador inducido, todos los folículos sufrirán regresión a menos que sea ovulado debido a la liberación de gonadotropina inducida por copulación. El desarrollo de folículos es más prominente en el ovario izquierdo que en el ovario derecho (Shalash y Nawito, 1964). Bravo y Sumar (1989) en un estudio sobre la dinámica folicular encontraron que el número de folículos grandes fue menor en jóvenes vs adultos (65 vs 80, respectivamente, número total observado por grupo de edad) durante la época de reproducción, la diferencia no fue significativa. Para cuando las hembras jóvenes fueron 6 meses mayores (ahora en la temporada no reproductiva), los números de los números grandes de folículos fueron similares en hembras jóvenes y adultas (58 vs 53, respectivamente).

2.8.5 Ovulación

Los camélidos sudamericanos son especies de ovulación inducida similar a otras especies como conejos y gatos. Un folículo dominante de diámetro mayor a 6 mm en plena fase de crecimiento es el requisito fundamental para originar la ovulación como respuesta a la cópula (Adams *et al.*, 1990). Por el contrario se ha demostrado que un folículo en fase de regresión o con un diámetro folicular menor a 6 mm, no produce ovulación (Bravo *et al.*, 1991). La ovulación puede ocurrir 26 a 30h después de la cópula (Adams *et al.*, 1990), también se puede inducir de manera artificial en llamas posteriormente a la aplicación de hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH), LH y gonadotropina corionica humana (hCG) entre las 24-30 horas (Fernandez Baca, 1970) En alpacas y llamas la ovulación inducida por la cópula, ocurre aproximadamente 26 a 36 horas después del estímulo copulatorio (Adams *et al.*, 1990; Huanca *et al.*, 2015) y de manera artificial 24 a 30 horas post administración de las hormonas gonadotropina coriónica humana (hCG), hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) u hormona luteinizante (LH) (Leyva y García., 1999; Aller *et al.*, 1999; Huanca *et al.*, 2001). La ovulación inducida por la cópula es el estímulo nervioso que

va al hipotálamo para desencadenar la liberación de GnRH, la cual actúa sobre la hipófisis estimulando la secreción de LH (Fernández Baca *et al.*, 1970; Bravo *et al.*, 1990).

Se han reportado también ovulaciones espontáneas, en alpacas y llamas este tipo de ovulaciones se presentan en un 3.5% ante folículos preovulatorios con una medida superior a 6 mm (Bravo y Sumar, 1989). Suelen producirse en caso de manejo del tracto reproductivo de la hembra en el momento de las ecografías tras rectales y por contacto físico entre machos y hembras. Además, las hembras que fueron montadas por machos vasectomizados tienden a ovular. Por otro lado, la ovulación se puede desencadenar cuando hembras montan a otras hembras y hay además un reporte de animales que ovulan espontáneamente en un pequeño porcentaje (Bravo y Sumar, 1989).

2.8.6 Cuerpo lúteo en alpacas

Después de la ovulación desde el punto de vista fisiológico comienza un proceso de organización funcional y estructural del cuerpo lúteo a consecuencia de las secreciones de LH precedidas en el momento de la ovulación. Este proceso de formación del cuerpo lúteo es llamado metaestro y es el más corto, en esta circunstancia, las células de la teca generan células luteales pequeñas al luteinizarse, además de la luteinización se evidencia un proceso de hipertrofia celular de la granulosa formándose así las células luteales grandes (Santiani *et al.*, 2002). Otra consecuencia de la oleada de LH es que las células luteales pequeñas incrementan la secreción de progesterona al activar la proteína quinasa A vía segundo mensajero. A este nivel los receptores para la $PGF2\alpha$ se encuentran en las células luteales grandes (Niswender *et al.*, 2000). Tanto las células de la granulosa como las de la teca son responsables de la secreción de progesterona; siendo las células de la granulosa más predominantes que las de la teca, estas contribuyen de manera significativa en la organización de la estructura lútea, además de estas células también se da la formación del sistema vascular comprendido por las venas y arterias ováricas como sistema principal que servirá de soporte al crecimiento y diferenciación tisular (Hafez, 2002).

El cuerpo lúteo en la alpaca desarrolla de manera rápida después de ocurrida la ovulación alcanzando su máximo tamaño y actividad secretora entre los días 8-9 post servicio. En ausencia de preñez, el cuerpo lúteo declina claramente en tamaño y actividad secretora para el día 12 completando su regresión hasta el día 18. Sin embargo, en hembras preñadas, el tamaño del cuerpo lúteo permanece casi inalterado después de alcanzar el máximo

desarrollo, el cual ocurre después del día 8 post servicio para el mantenimiento de la preñez (Fernández Baca *et al.*, 1970). Existe la presencia de folículos en crecimiento y maduros que acompañan al cuerpo lúteo por un tiempo no menor de 10 días; además, en animales no preñados la vida del cuerpo lúteo fue estimada entre 8 y 9 días post empadre (Aba *et al.*, 1995). Fernández Baca *et al.*, (1970) muestran que en estudios macroscópicos del ovario en alpacas, el diámetro promedio del cuerpo lúteo a los 3 días post servicio o 4 post ovulación es de 7.72 mm para el lado izquierdo y 8.67 mm para el derecho. Es evidente entonces que para medir concentraciones de progesterona con fines de detección de preñez, se puede tomar en cuenta realizar mediciones de las concentraciones de progesterona en sangre entre los días 8 a 13, un indicativo de que el animal no este preñado sería la disminución de la progesterona plasmática en este periodo y contrariamente un animal preñado mantendría las concentraciones de progesterona constantes durante el día 8 a 13 post servicio (Fernández Baca *et al.*, 1970).

2.8.7 Niveles de progesterona después del servicio

Varios autores mencionan que los niveles de progesterona comienzan a incrementarse a partir del día 1 post servicio en orden creciente hasta el día 11 cuando las concentraciones empiezan a descender si la alpaca no está preñada (Sumar, 1993). Bravo *et al.*, (1991) determinaron que existe una relación positiva entre el tamaño del cuerpo lúteo y las concentraciones de glucurónido de pregnanediol en orina de alpacas y llamas, las cuáles se incrementaron dentro de los 3 días siguientes a la ovulación. Así mismo, observaron un desarrollo del cuerpo lúteo más rápido en llamas que en alpacas, durante el desarrollo temprano. En llamas se ha detectado el cuerpo lúteo aproximadamente en el día 3, en hembras que ovularon indistintamente de sí estuvieron preñadas o no.

El máximo diámetro del cuerpo lúteo fue de 12.8 mm y 16.3 mm para llamas preñadas y no preñadas respectivamente (Adams *et al.*, 1991). Después de un empadre estéril, las concentraciones de progesterona en sangre incrementaron desde el día 5, alcanzando la máxima concentración entre los días 7 y 8 y declinó rápidamente entre los días 9 y 10 (Sumar, 1999). El cuerpo lúteo se mantiene por lo menos 10 días después de la ovulación en llamas vacías (Adams *et al.*, 1990). Mientras que el cuerpo lúteo de la preñez se mantiene sobre los 10 mm luego del día 4 alcanzando su mayor diámetro a los 21.4 días con 16.3 mm. En llamas vacías no apareadas no se detecta el cuerpo lúteo (Adams *et al.*, 1991).

En alpacas y llamas no preñadas, un incremento de la secreción de prostaglandina F_{2α} se observó desde el día 9 al 12 post cópula, alcanzando picos de valor alto. En la actualidad se está poniendo mucha atención en los mecanismos de regresión del cuerpo lúteo (luteolisis) en todas las especies domésticas. La caída rápida en los niveles de progesterona en el tejido luteal y en el plasma circulante el día 13 en alpacas no preñadas sugiere una interferencia con la actividad del cuerpo lúteo entre los días 8 y 13. Esto se debería ya sea a la acción de una activa sustancia luteolítica, a la rápida caída de un agente luteotrófico, o a una combinación de ambas (Sumar y García, 1986). Es muy probable que en forma intrínseca haya un pico de prostaglandina que funcione como agente luteolítico, sin embargo se conoce muy poco aun sobre los mecanismos fisiológicos de este evento.

2.8.8 Mortalidad embrionaria

En un estudio conducido por Huanca *et al.*, (2007) se menciona que el 70% de los óvulos recuperados tres días después de la monta con machos enteros estaban fertilizados, pero solamente un 50% sobrevivió más allá de los 30 días de gestación. La mortalidad embrionaria durante los primeros meses de gestación es más alta en alpacas que en otras especies domésticas y representa un serio problema de reproducción de esta especie. En alpacas, se ha determinado que los índices de fertilización son mayores al 80% en el día 3 post servicio y de 35% en los días 21 a 31 de gestación, esto demuestra que existe una pérdida embrionaria aproximada del 50% en los 30 primeros días de la gestación. (Fernández Baca *et al.*, 1970).

Los factores causantes de la alta tasa de pérdida embrionaria no son bien conocidos, sin embargo, la restricción alimenticia, desbalances hormonales, factores inmunológicos, ambiente externo, entre otros factores, pueden ser los más importantes, sin encontrar una forma de infección del aparato reproductor (Sumar, 1999). Se ha demostrado que la capacidad reproductiva de la hembra después de un periodo de aborto, no están totalmente impedidas de que queden preñadas nuevamente y terminen su proceso de 11 meses (Novoa, 1992).

Los desbalances nutricionales y su efecto sobre la reproducción se han tocado en anteriores secciones, sin embargo, específicamente su efecto sobre la mortalidad embrionaria se viene estudiando, hay afirmaciones primarias que señalan al desbalance nutricional como causa de mortalidad embrionaria en camélidos sudamericanos; pese a no ser considerado una razón

principal en esta especie Huanca (1997). Cuando un animal esta preñado las concentraciones de progesterona permanecen un tanto estables entre el día 9 y día 13, sin embargo, Sumar, (2000) menciona que entre el día 8 y día 11 a pesar de que hubo fertilización, se genera una reducción en la concentración de progesterona, y también una disminución del tamaño del cuerpo lúteo, los mecanismos fisiológicos de esta reducción no son claros aún, pero una probable explicación a este fenómeno que además sería fisiológico está en que justo en este periodo se da el reconocimiento maternal de la preñez y que estaría relacionado también con la mortalidad embrionaria en alpacas. Otra probable causa que contribuiría a la alta tasa de mortalidad embrionaria es la ya conocida migración del embrión del cuerno derecho al cuerno izquierdo. Esto sugiere que podría haber una variación en el ambiente uterino para el desarrollo embrionario entre un cuerno y otro, siendo el cuerno izquierdo el preferido para que la gestación progrese. Al parecer el ovario derecho se vuelve dependiente de factores extraovarios durante los estadios tardíos de la gestación, lo cual se asocia a un mecanismo luteolítico en el cuerno uterino derecho más efectivo, por lo cual los embriones deberían migrar al cuerno uterino izquierdo para sobrevivir, la ausencia del embrión en el cuerno derecho puede conducir a regresión en el ovario derecho del cuerpo lúteo resultando a la larga en la muerte embrionaria (Tibary *et al.*, 2001).

2.8.9 Diagnóstico de Gestación en Camélidos

Existen diversos métodos de diagnóstico de gestación en camélidos sudamericanos. Es así, que el método de palpación rectal considera como preñada a aquellas alpacas en las cuales se determinó la presencia del feto por palpación directa o balotaje del cuerno uterino grávido (Calderón, 1968). Por otro lado, el comportamiento sexual de la hembra frente al macho es un método para el diagnóstico temprano de preñez en camélidos (Fernández Baca, 1991).

La ultrasonografía es utilizada en el diagnóstico temprano de preñez en vacas, en la yegua (Adams y Domínguez, 2000) y ovejas (Saelzer *et al.*, 1989). Asimismo, la ultrasonografía diagnosticó la gestación precozmente en alpacas y llamas y con mayor eficiencia que los métodos tradicionales (Raggi *et al.*, 1996). Para el diagnóstico temprano de preñez en llamas y alpacas preñadas también se han utilizado las determinaciones de las concentraciones de la hormona progesterona, la cual incrementa a partir del día 4 post apareamiento (Aba *et al.*, 1995). Bravo *et al.*, (1992) en un estudio reportan que las concentraciones de relaxina son un indicador de preñez a partir del segundo mes de gestación en alpacas y llamas. Bravo *et al.*, (2010) demostraron la detección de la vesícula embrionaria el día 12 después de la

cópula. Asimismo, los embriones fueron detectados el día 22 post cópula en alpacas. El diagnóstico de gestación por ultrasonografía puede llevarse con seguridad los días 23 y 24 en alpacas y llamas respectivamente (Parraguez *et al.*, 1997). Sin embargo, Adams *et al.*, (1990) indican que la preñez fue detectada en llamas el día 11 post empadre y todas las vesículas fueron localizadas en el cuerno uterino izquierdo. Además, la preñez en llamas puede ser diagnosticada tan temprano como a los 19 días después del apareamiento (Bourke *et al.*, 1992).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron dos estudios de acuerdo a los objetivos planteados, los cuales se describen de la siguiente manera:

3.1 Estudio N° 1

“Caracterización de las concentraciones de fósforo en la dieta y suero de alpacas hembras púberes sometidas a pastoreo en un sistema extensivo en cuatro regiones del Perú”.

3.1.1 Área de estudio

La etapa inicial del estudio se llevó a cabo en cuatro regiones representativas del Perú considerando el número de alpacas. Se colectaron muestras de sangre y de dietas de alpacas hembras de aproximadamente un año de edad en la Unidad de Producción de Cochas, perteneciente a la SAIS (Sociedad Agrícola de Interés Social) Túpac Amaru Ltda N° 1, ubicada en la región Junín, provincia Jauja, a una altitud promedio de 3800 m.s.n.m, con una temperatura ambiental promedio de 8° C y una humedad relativa promedio de 70%. También se consideró realizar el estudio en la Cooperativa comunal “San Pedro de Racco” ubicada en el distrito de Simón Bolívar, región de Pasco, ubicada a una altitud de 4,318 m.s.n.m con una temperatura promedio de 7 C° y humedad relativa de 68%. Además se colectaron muestras en el “Centro de investigación y producción La Raya”, ubicado en el Sector La Raya, Distrito de Santa Rosa, Provincia de Melgar, departamento de Puno perteneciente a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional del Altiplano a una altitud de 4335 m.s.n.m, con una temperatura promedio de 8.4 C° y humedad relativa de 55%. Por último se realizó el muestreo en Alpacas del Centro Experimental de La Raya, perteneciente a la provincia de Canchis y a la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC) a una altitud de 4318 m.s.n.m, con una temperatura promedio de 8 C° y humedad relativa de 58%.



Figura 3: Distribución grafica de las regiones evaluadas en el primer estudio

3.1.2 Población y Muestra

Las poblaciones estuvieron conformadas por grupos de alpacas hembras de la raza Huacaya de aproximadamente un año de edad pertenecientes a majada, cuyas cantidades fueron 456, 382, 417 y 422 para las regiones de Pasco, Junín, Puno y Cusco respectivamente. En cada región se colectaron muestras de 50 alpacas haciendo un total de 200 animales. La colecta fue realizada en estación reproductiva en febrero. Se determinó el estatus de fósforo mediante las concentraciones en suero sanguíneo y concentraciones de fósforo en la dieta de alpacas hembras púberes de un año de edad alimentadas en pastizales naturales de condición regular en un sistema extensivo.

3.1.3 Determinación de fósforo en suero sanguíneo

a. Fase de campo

Se colectaron las muestras de 50 animales por cada región. La colecta se realizó con los animales en ayuno. Las muestras de sangre fueron recogidas en tubos vacutainer de la vena yugular a razón de 3 a 5 ml por cada animal. Las muestras una vez colectadas fueron almacenadas en cajas herméticas a 8 C° hasta que fueron trasladadas al laboratorio. Se siguieron los protocolos de asepsia al momento de colectar la muestra cuidando la integridad del animal.

b. Fase de laboratorio

Las muestras colectadas fueron trasladadas al laboratorio lo más rápido posible, una vez en laboratorio fueron centrifugadas a 1008 G (gravedades) por 15 minutos para separar el suero sanguíneo. Se colectó el suero en viales y fue congelada a -20 C° hasta su análisis. La determinación de fósforo inorgánico fue por colorimetría basada en la formación de fosfomolibdato de amonio, y en su posterior reducción a azul de molibdeno (Wang y Osaki, 1983). Se utilizó un kit comercial Valtek®. El complejo fosfomolibdico no reducido fue medido a 340 nm (nanómetros) de longitud de banda. La absorbancia obtenida es directamente proporcional a la concentración de fósforo inorgánico presente en la muestra.

3.1.4 Determinación de fósforo en dietas de alpacas

a. Fase de campo

Se colectaron 10 dietas correspondientes a 10 animales escogidos al azar de los 50 animales a los cuales se les colectó sangre previamente. Esto fue realizado en cada región. La colecta de dietas fue realizada por el método de simulación manual (Austin *et al.*, 1983), el cual consiste en observar al animal lo más cerca posible e identificar las especies de pastizal que conforman la dieta de los animales, una vez identificadas se procede a simular manualmente la misma dieta representativa en un área continua con las mismas características y dimensiones del pasto. Cada dieta estuvo compuesta por 25 estaciones alimentarias. Las estaciones alimentarias se definen como el semicírculo en frente del animal dentro del cual el animal cosecha el forraje cada vez que se detiene a comer. Cabe mencionar que esta colecta se realizó en el mismo potrero donde pastorean los animales en esta etapa productiva. Por último las dietas colectadas fueron llevadas al laboratorio para su análisis.

b. Fase de laboratorio

Las dietas colectadas fueron secadas a 60 C° por 24 horas en una estufa (AOAC, 2000). Luego fueron sometidas a molienda para tener una muestra homogénea. Las concentraciones de fósforo en la dieta se determinaron por el método colorimétrico (molibdato de amonio) (AOAC, 2012). Previamente se preparó una solución estándar de fósforo y una curva estándar.

3.1.5 Determinación de la condición corporal

La determinación de la condición corporal fue realizada mediante observación visual y por palpación. Este procedimiento fue realizado por una sola persona con lo que se evitó la variabilidad en la medición debido al efecto del operador. El procedimiento fue realizado siguiendo la metodología propuesta por Edmonson (1987) adaptado por Van Saun (2013) de acuerdo a la siguiente escala.

Guía para medir condición corporal en camélidos

			1	2	3	4
	Score	Animal Description	Frontal Profile	Rear Profile	Spinous to Transverse Process	Paralumbar Fossa
Emaciated	1.0	No visible or palpable fat or muscle between skin and bones. Ribs, dorsal spinous and transverse processes, and pelvic bones are individually prominent. Extreme loss of muscle mass.	Prominent "V" keel 	Acutely inverted "V" 	 Deep depression	 Gaunt, tucked-in fossa
Poor	1.5				 Obvious depression	
Thin	2.0	Slight cover over bony structure. Ribs, spinous processes still visible and easily palpated as sharp. Less muscle mass loss.	Gradual Flattening of Sternum 	Gradual Filling of "V" 	 Prominent shelf	
Borderline	2.5				 Smooth concave curve	
Moderate	3.0	Overall smooth appearance. Slight fat cover over ribs and other bony processes. Ribs and spinous processes can be palpated with slight pressure. No muscle mass loss present.	Moderate fat 	Moderate fat 	 Smooth slope	
High Moderate	3.5				 Nearly flat	
Excess	4.0	Fleshy appearance with visible coverage of fat. Moderate to firm pressure necessary to palpate bony structures under skin.			 Rounded	 Bulged in fat
Fat	4.5					
Grossly Obese	5.0	Excessive fat cover over entire body with smooth rounded appearance. Bony prominences cannot be palpated, even with firm pressure. Bulging fat pads visible around tailhead.	Sternum Bulging in fat 	Inguinal Area Bulging in fat 		

Figura 4: Escala de medición de la condición corporal en camélidos. Edmonson (1987) adaptado por Van Saun (2013)

Tabla 1: Distribución por regiones y selección de parámetros evaluados

Ensayo	Regiones	Parámetros a medir	Muestras	Referencias bibliográficas
Caracterización de las concentraciones de fósforo en la dieta y suero de alpacas hembras púberes sometidas a pastoreo en un sistema extensivo en cuatro regiones del Perú	Junín	Concentraciones de fósforo en suero sanguíneo.	200	(Wang y Osaki, 1983)
	Cuzco			
	Puno			
	Pasco			
Caracterización de las concentraciones de fósforo en dietas de alpacas colectadas por simulación manual.	Junín	Concentraciones de fósforo en dietas de alpacas colectadas por simulación manual.	40	(Austin <i>et al.</i> , 1983) (AOAC, 2000) (AOAC, 2012)
	Cuzco			
	Puno			
	Pasco			

3.1.6 Análisis Estadístico

Los parámetros fueron analizados en base a una estadística descriptiva (medidas de tendencia central y medidas de dispersión). Además para ver las diferencias entre las regiones evaluadas se realizó un análisis de varianza (ANVA) y una prueba de comparación múltiple de medias. El paquete estadístico que se utilizó fue el SAS 9.0.

3.2 Estudio N° 2

“Efecto de tres niveles de fósforo en la dieta sobre el crecimiento, pubertad y performance reproductiva en alpacas hembras post destete”.

3.2.1 Área de estudio

El estudio fue llevado a cabo en la Cooperativa comunal “San Pedro de Racco” ubicada en el distrito de Simón Bolívar en la región de Cerro de Pasco a una altitud de 4,318 m.s.n.m, con una temperatura promedio de 8 C° y una humedad relativa promedio de 65%. El estudio fue desarrollado entre los meses de setiembre del 2016 a marzo del 2017 considerado como época húmeda.



Figura 5: Distribución grafica del sitio experimental del segundo estudio

3.2.2 Fase experimental

3.2.2.1 Animales de Estudio

Se utilizaron 48 alpacas hembras post destete de la raza Huacaya, todos los animales pertenecientes al grupo de estatus genético común. Todos los animales tuvieron una edad promedio de 8 meses y un peso vivo promedio de 25.24 ± 0.17 kg.

3.2.2.2 Instalaciones

Las instalaciones fueron construidas en un área de 750 metros cuadrados dividida en tres sub áreas; la primera estuvo compuesta por los corrales individuales en un área de 350 metros cuadrados, se construyeron 50 corrales individuales; cada corral tuvo una dimensión de 3 x 2 metros cuadrados. La segunda área estuvo compuesta por un corral de empadre de 80 metros cuadrados y la tercera fue un brete de ecografía y almacén de alimentos y materiales no permanentes de 6 metros cuadrados. Cada corral tuvo comederos y bebederos individuales (Ver Anexo 27).

3.2.2.3 Duración del Experimento

El trabajo se desarrolló por un periodo de 7 meses desde la etapa de destete (setiembre) cuando los animales tuvieron aproximadamente 8 meses de edad hasta abril del año siguiente cuando los animales alcanzaron los 14 meses de edad.

3.2.2.4 Tratamientos

Los animales fueron distribuidos en corrales individuales de acuerdo a tres tratamientos cuya variación fue la concentración de fósforo en la dieta. Se utilizaron 48 alpacas hembras post destete (pre - púberes) con un peso aproximado de 25 Kg. Se asignaron dietas a cada animal donde el único factor de variación fue la proporción de fósforo en un orden creciente (bajo, medio y alto) teniendo en cuenta los requerimientos publicados por Van Saun (2006, 2014) para la etapa de crecimiento. Los animales fueron distribuidos al azar en tres tratamientos a razón de 16 animales por tratamiento como se detalla a continuación:

- **T1:** Dieta basal sin fósforo suplementario en la dieta (0.16% P)
- **T2:** Dieta basal con fósforo suplementario en la dieta (0.25% P)
- **T3:** Dieta basal con fósforo suplementario en la dieta (0.34% P)

3.2.2.5 Manejo Alimenticio

Si bien es cierto no hay requerimientos establecidos en alpacas basados en estudios experimentales, sin embargo, la dieta fue establecida basada en publicaciones de Van Saun (2006, 2014) para la etapa de crecimiento en alpacas, los mismos que fueron usados para establecer las dietas experimentales.

Las dietas formuladas fueron isoenergéticas e isoproteicas y la única variación fueron las concentraciones de fósforo. El alimento fue picado (3 – 4 cm) para evitar selección de las partes de la planta por parte de los animales, fue suministrado dos veces por día a las 5:00 am y a las 12:00 pm en comederos individuales. Todos los animales tuvieron alimento y agua *ad libitum*. El período de acostumbramiento a la dieta fue 20 días, se esperó que todos los animales estuvieran plenamente acostumbrados a las condiciones de las jaulas y a la dieta. El suministro del alimento fue en exceso 20% más por sobre el consumo esperado de acuerdo a Van Saun (2014).

La composición química de las dietas además de los insumos usados en las mismas se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2: Composición química e insumos usados en dietas experimentales para alpacas pre – púberes con tres niveles de fósforo en la dieta.

Componente	Niveles de Fósforo		
	Bajo	Medio	Alto
Materia Seca (%)	85.10	85.10	85.15
Proteína (%)	12.11	12.11	12.07
EM (Mcal/kg)	1.88	1.87	1.86
FDN (%)	68.47	67.13	69.32
P (%)**	0.166	0.252	0.347
Ca (%)	0.69	0.80	0.92
Insumo	Proporciones en la dieta (%)		
Paja de Avena	68.7	68.1	67.7
Heno de Alfalfa	24.9	25.0	24.9
Melaza	4	4	4
Nitroshure***	1.9	1.9	1.9
Sal Común	0.3	0.3	0.3
Supl. Vitamínico	0.2	0.2	0.2
Fosfato Dicálcico	-----	0.5	1.0
TOTAL	100	100	100

** **Bajo** (0.16) considerado por debajo de los mínimos requeridos en crecimiento. **Medio** (0.25) considerado requerimiento mínimo para etapa en crecimiento. **Alto** (0.34) considerado por encima de los máximos requeridos para crecimiento.

***Proteína de sobrepaso

3.2.2.6 Empadre

A todos los animales que alcanzaron la pubertad se les sometió a sincronización de la onda folicular con GnRH y fueron empadradas con machos de conocida fertilidad y en estación reproductiva. Se utilizaron en total 5 machos que rotaron entre los tres tratamientos para reducir la variabilidad que pudiera ocasionar el efecto macho.

3.2.2.7 Evaluación de Parámetros

De acuerdo a los objetivos planteados en este experimento se evaluaron los siguientes parámetros o variables como se detalla a continuación:

a) **Peso Vivo**

Se hicieron tomas del peso vivo dos veces por mes desde el inicio del experimento (Setiembre) hasta su culminación (Abril) a una frecuencia de dos veces por mes. Se utilizó una balanza electrónica tipo plataforma con ± 100 g de precisión. La toma de pesos se hicieron a las 6:00 am con el animal en ayunas.

b) **Condición Corporal**

La determinación de la condición corporal fue realizada mediante observación visual y por palpación. Este procedimiento fue realizado por una sola persona con lo que se evitó la variabilidad en la medición debido al efecto del operador. El procedimiento fue realizado siguiendo la metodología propuesta por Edmonson (1987) adaptado por Van Saun (2013) de acuerdo a la escala descrita en la Figura N°3.

c) **Consumo**

El consumo fue medido por diferencia entre el alimento ofrecido y el alimento rechazado. Esta medición se hizo dos veces por semana, se determinó el contenido de materia seca (MS) de acuerdo a los procedimientos indicados por AOAC (2012), Los resultados se expresaron en porcentaje de peso vivo y en kg/día.

d) **Concentraciones de Fósforo en Suero**

Las muestras de sangre fueron recogidas en tubos vacutainer de la vena yugular a razón de 3 a 5 ml por cada animal. Las muestras una vez colectadas fueron almacenadas en cajas herméticas a 8 C° hasta su traslado al laboratorio. Se siguieron los protocolos de asepsia al momento de coleccionar la muestra cuidando la integridad del animal. Las muestras colectadas fueron centrifugadas a 1008 G (gravedades) por 15 minutos para separar el suero sanguíneo. Se colectó el suero en viales que fueron congeladas a -20 C° para su análisis. Se utilizó un kit comercial Valtek®. La mayoría de los métodos para la determinación de fósforo inorgánico se basan en la formación de fosfomolibdato de amonio, y en su posterior reducción a azul de molibdeno. El método Valtek®, se basa en la proposición de Daly y Ertingshausen y la modificación de Wang. La formación del complejo fosfomolibdico no reducido se mide a 340 nm, y la absorbancia obtenida es directamente proporcional a la concentración de fósforo inorgánico presente en la muestra.

e) Tasa de Preñez

La tasa de preñez fue determinada a los 30 días post empadre por observación de la vesícula embrionaria. Se utilizó un ecógrafo Marca Esaote modelo Tringa Linear Vet (Holanda) con transductor lineal 7.0 MHz por vía transrectal.

f) Tasa de Ovulación

Fue determinada por ultrasonografía tranrectal 24 horas antes del empadre y de 36 – 40 horas post empadre para observar desaparición del folículo dominante. Se utilizó un ecógrafo con transductor lineal por vía transrectal a una frecuencia de 7.0 MHz.

g) Mortalidad Embrionaria

La mortalidad embrionaria fue determinada por ultrasonografía transrectal entre los 13 a 60 días post empadre. A los nueve y trece días se determinaron concentraciones de progesterona. El análisis fue por radioinmunoensayo de fase sólida (Sumar, 1993). Animales con niveles iguales o mayores a 1.25 ng / ml después del 9° día fueron consideradas preñadas. A los 60 días se realizó una exploración ecográfica transrectal para observar vesícula embrionaria. Se usó un ecógrafo marca Esaote-Pie Medical – Holanda con transductor lineal a una frecuencia de 7.0 MHz.

h) Diámetro de Folículo Pre Ovulatorio

Fue determinado 24 horas antes del empadre mediante ultrasonografía transrectal, se realizó la evaluación a todos los animales que entraron a pubertad y que fueron sincronizadas, los resultado fueron expresados en milímetros. Un folículo pre ovulatorio fue considerado si tenía igual o mayor a 7 mm de diámetro.

i) Niveles de Progesterona en Suero

Se determinaron los niveles de progesterona en el día 9 y día 13 post empadre, el objetivo fue verificar preñez basada en el análisis de esta hormona. Se tomaron muestras de sangre a razón de 3 - 5 ml de la vena yugular. Se separó el suero por centrifugación a 3000 rpm x 15 minutos y fueron congeladas a – 20 grados hasta el análisis. El análisis fue por radioinmunoensayo de fase solida (Sumar, 1993). Animales con niveles de 1.25 ng / ml después del 9° día fueron consideradas preñadas. Además fueron expuestas a un macho después de 15 días post empadre para observar receptividad como segundo medio de verificación de preñez.

j) Pubertad

La determinación de la pubertad implicó un seguimiento continuo de los animales, se consideraron animales en pubertad los que cumplieron las siguientes consideraciones:

- Animales que tuvieron folículo pre ovulatorio mayor ó igual a 7 mm de diámetro, para esto se hicieron ecografías transrectales y observación de ovarios cada 7 días a partir del noveno mes de edad.
- Animales que tuvieron receptividad sexual después de la exposición al macho, para ello se expuso la hembra a la presencia del macho cada 7 días. Se permitió el coito para determinar la capacidad de ovulación de la hembra, solo si la hembra fue receptiva y habiendo observado previamente un folículo dominante mayor ó igual a 7 mm. Cabe mencionar que los machos fueron vasectomizados.
- Por último se determinaron los niveles de progesterona sérica (P4) en el día 13 post exposición al macho. Se evaluaron los niveles crecientes de progesterona tomando como base niveles mayores a 0.45 ng/ml (Jeffs *et al.*, 1996).

3.2.3 Análisis Estadístico

Se evaluaron los parámetros medidos en base a una estadística descriptiva (medidas de tendencia central y medidas de dispersión). Para ver las diferencias entre los tratamientos se realizó un análisis de varianza (ANVA) y una prueba de comparación múltiple de medias. El paquete estadístico que se utilizó fue el SAS 9.0.

Para realizar el análisis de varianza se consideró utilizar un diseño completamente al azar. El modelo aditivo lineal fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = U + T_i + e_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} : Variable de respuesta

U : La media general.

T_i : Efecto del i-esimo tratamiento (niveles de fosforo en la dieta)

e_{ij} : error experimental.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 “Caracterización de las concentraciones de fósforo en la dieta y suero de alpacas hembras púberes sometidas a pastoreo en un sistema extensivo en cuatro regiones del Perú”

En la etapa inicial del estudio se evaluó las siguientes variables: concentraciones de fósforo en suero sanguíneo y concentraciones de fósforo en dietas simuladas de los mismos animales.

4.1.1 Concentraciones de Fósforo en Dietas de Alpacas

En la Tabla 3 se muestran las concentraciones de fósforo en las dietas pertenecientes a 40 alpacas púberes entre 11 y 13 meses de edad (10 por cada región) colectadas mediante la técnica de simulación manual en estación reproductiva (febrero).

Los valores más bajos se observan en la región Junín seguido por Puno y Cusco, además estos se encuentran por debajo del rango referencial propuesto (0.2 – 0.4%; Van Saun, 2014), los valores más altos se evidencian en la región Pasco. Estos datos contrastan por lo reportado por (Waldrige y Pugh, 1997; San Martin *et al.*, 1995; Flores y Oscanoa, 1992 y Echevarría *et al.*, 1970) quienes reportaron deficiencias de este mineral en pastizales en la zona sur y central del Perú, estos autores mencionaron que hay una deficiencia de fósforo en pastizales, hay muy pocos o nulos estudios que evidencien la deficiencia de este mineral en los últimos 15 años, esto hace que los datos presentados sean importantes para identificar aún su deficiencia a pesar de las últimas estrategias de manejo de pastizales que se vienen implantando por parte de entidades gubernamentales.

Un aspecto interesante resulta observar que la región Pasco evidencia valores dentro del rango establecido o referencial, esto probablemente debido a que la zona donde se simularon las dietas (San Pedro de Racco) sea un área con bofedales o considerada como puna húmeda lo que incrementa la calidad de dieta.

Por otro lado a pesar de que las alpacas son considerados animales selectivos (San Martín y Bryant 1989; Quispe, 2015) y que tienen tendencia a seleccionar brotes, mayor proporción de hojas en la dieta y a pesar de su mayor capacidad metabólica y digestiva para aprovechar pastizales de baja calidad, ello no le permite aun cubrir sus requerimientos de fósforo con las repercusiones productivas, reproductivas y fisiológicas que esto trae; más aún si consideramos que estas dietas simuladas pertenecen a época húmeda donde se infiere que hay mejor pasto, a pesar de esta condición nuestros resultados evidencian una clara deficiencia de este mineral en las regiones evaluadas.

Tabla 3: Concentraciones de Fósforo en la dieta (%) de alpacas púberes en cuatro regiones del Perú.

Región	N° de muestras	Fósforo en la dieta (%)
Pasco	10	0.24 ^a
Junín	10	0.11 ^b
Puno	10	0.13 ^c
Cuzco	10	0.13 ^c

4.1.2 Concentraciones de Fósforo en Suero Sanguíneo

La Tabla 4 muestra las concentraciones de fósforo en suero sanguíneo de los animales en las cuatro regiones evaluadas. Se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las regiones evaluadas excepto entre Puno y Cuzco, lo que demuestra la variabilidad entre los animales evaluados y por región. Un aspecto interesante resultó al comparar los valores obtenidos con respecto a las concentraciones de fósforo en la dieta con el rango de valores esperados, reportados por Van Saun (2014), quien señalan un rango de 5 – 11.5mg/dl como valores normales. En el presente estudio, se observó que los animales de Pasco y Cusco se encontraron dentro del rango; los de Junín, se encontraron en el límite inferior y los animales de Puno se encontraron por debajo del rango. Esto puede estar relacionado a las deficiencias de este mineral en los pastizales altoandinos reportadas por algunos autores (Waldridge y Pugh, 1997; San Martín *et al.*, 1995; Flores y Oscanoa, 1992 y Echevarría *et al.*, 1970), lo cual podría estar afectando algunos parámetros productivos, de consumo y crecimiento de

los animales. Estos datos además están en estrecha relación con los niveles de fósforo presentados en la Tabla 3 donde se evidencian las concentraciones de fósforo en dietas y en las cuatro regiones evaluadas. Esta relación refrenda la teoría de que hay una interrelación entre suelo – planta – animal, propuesta cuando se estudia estatus de minerales (Mc Dowell, 2005). Nuevamente se hace importante mencionar que la evaluación fue realizada en época húmeda donde la oferta alimenticia se ve incrementada, sin embargo, tal como se observa en el la Tabla 3 las dietas de alpacas en esta época son deficientes en fósforo en la mayoría de regiones excepto en las muestras que pertenecen a la Región Pasco.

Tabla 4: Concentraciones de fósforo en suero (mg/dl) de Alpacas Púberes en 4 regiones del Perú

Región	N°	Fósforo (mg/dl)
Pasco	50	8.25 ^a ±0.23
Junín	50	5.25 ^c ± 0.12
Puno	50	4.8 ^c ± 0.14
Cuzco	50	6.4 ^b ±0.16

a, b, c letras diferentes en la misma columna muestran diferencias significativas ($P < 0.05$)

Uno de los objetivos de la valoración química sanguínea es que ésta se pueda utilizar para evaluar el estado nutricional y sanitario de los animales y especialmente para descubrir carencias de alimento (Flores *et al*; 2016), cabe indicar que también para evaluar o determinar problemas clínicos y alteraciones metabólicas (Sanchez – Araujo *et al*; 2011), se menciona que los camélidos en general presentan características bioquímicas propias a la adaptación a su habitat (Rosales *et al*; 1980). Debido a estas condiciones se pretende implementar un esquema de manejo nutricional adecuado en relación al fósforo basado en el conocimiento inicial de los niveles de fósforo en alpacas hembras post destete y en dietas en condiciones naturales y en cuatro regiones del Perú.

4.1.3 Condición Corporal

Un indicador del estado nutricional de los animales es la condición corporal. La Tabla 5 muestra valores para la condición corporal de 2.8 ± 0.05 y 2.9 ± 0.06 para la región Puno y Junín respectivamente, siendo el valor más bajo para Puno y el segundo más bajo el de Junín,

esto pudiera estar relacionado con las bajas concentraciones de fósforo en la dieta de estos animales que también fueron las más bajas (Tabla 3); mientras que, el valor más alto para la condición corporal se encontró para las alpacas evaluadas en la Región Pasco con 3.4 ± 0.05 y que también tuvieron la dieta más alta en fósforo. Se hallaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las regiones evaluadas excepto entre las regiones de Junín y Puno.

Tabla 5: Condición corporal en alpacas púberes en cuatro regiones del Perú.

Región	N°	Condición Corporal
Pasco	50	$3.4^a \pm 0.05$
Junín	50	$2.9^c \pm 0.06$
Puno	50	$2.8^c \pm 0.05$
Cuzco	50	$3.1^b \pm 0.06$

a, b, c letras diferentes en la misma columna muestran diferencias significativas ($P < 0.05$)

Un trabajo realizado por (Valdivia, 2009) reportó una mayor cantidad de alpacas de 1 a 2 años de edad con condición corporal que fluctuó entre 2.5-3 similar al presente estudio comparativamente por la edad y condiciones altoandinas, esto evidenciado en la zona sur del Perú, comparativamente no hay estudios sobre la medición de la condición corporal para edad de 12 a 14 meses y en etapa reproductiva.

4.2 “Efecto de tres niveles de fósforo en la dieta sobre el crecimiento, pubertad y performance reproductiva en alpacas hembras post destete”

4.2.1 Peso Vivo

La Tabla 6 muestra los pesos vivos iniciales, a la mitad del estudio y los pesos finales para los tratamientos con 0.16, 0.25 y 0.34% de fósforo dietario respectivamente. Los pesos iniciales fueron similares al comienzo de la fase experimental acreditando la validez interna. A la mitad del estudio se hallaron diferencias estadísticas ($p < 0.05$) entre los pesos con 0.16% comparado con 0.25 y 0.34% de fósforo dietario que tuvieron mayores cantidades de fósforo dietario. Con respecto a los pesos finales la tendencia fue la misma, no se hallaron diferencias entre los tratamientos con 0.25 y 0.34% de fósforo dietario, pero si de estos dos con el 0.16% de fósforo dietario ($p < 0.05$). Entre el inicio de la fase experimental (Octubre) y el final de la

misma (Abril) los animales con 0,25 y 0.34% de fósforo dietario alcanzaron un incremento total de 11.61 y 11.77 kilogramos respectivamente frente a los 9.36 kilos del tratamiento con 0.16% de fósforo dietario, esto evidencia el efecto de la cantidad de fósforo en la dieta sobre los incrementos de peso en animales post destete. Es probable que estas diferencias tengan un efecto posterior sobre otras variables relacionadas como las reproductivas debido a que los animales con 0,25 y 0.34% de fósforo dietario alcanzaron los pesos mínimos requeridos para el empadre de acuerdo al manejo en las zonas altoandinas.

Tabla 6: Peso vivo (kg) inicial, en la mitad y finales en alpacas hembras pre – púberes y púberes

Tratamiento	N°	Pesos Iniciales (Octubre)	Mitad del Estudio (Enero)	Pesos Finales (Abril)
T1 (Bajo Fósforo)	16	25.2 ^a ±0.36	30.5 ^c ±0.39	34.5 ^b ±0.34
T2 (Medio Fósforo)	16	25.1 ^a ±0.23	32.4 ^b ±0.24	36.8 ^a ±0.26
T3 (Alto Fósforo)	16	25.3 ^a ±0.30	33.3 ^a ±0.25	37.1 ^a ±0.33

a, b, c letras diferentes en la misma columna muestran diferencias significativas ($P < 0.05$)

Bajo las mismas condiciones alto andinas medidas similarmente al presente estudio Olazabal; et al (2009) en un trabajo desarrollado en Puno en alpacas destetadas encontraron pesos vivos desde 21.9 a 24.3 kg, pesos ligeramente inferiores a los hallados en el presente estudio. Bustinza *et al.*, (1979) y Van saun (2014) mencionan que el peso al destete está en función a la alimentación. Las crías Huacaya desarrollaron más rápidamente alcanzando un peso de 25 – 35 kg de los 7 a 9 meses, sin embargo, los pesos finales hallados en el presente estudio evidenciaron pesos de 34.58 a 37.1 cuya edad va de 12 a 14 meses. Es probable que otros factores influyeran esta variación de pesos entre los que podemos mencionar los genéticos, manejo, alimentación, calidad de dieta. Con un buen manejo de pastos se llega al destetar cuando los animales alcanzan 30 kilogramos de peso vivo sin problema en 7 meses. Estos autores señalan que el peso promedio al destete, a los 9 meses, está entre 30 kg y 31 Kg. Sin embargo, en los últimos años los pastizales alto andinos han sufrido un deterioro grave con un avance significativo (Oscanoa y Flores, 2016) que debe repercutir

notablemente en la calidad de dieta y ésta sobre los pesos vivos. Así mismo, San Martín, (1996) menciona que sobre los 3800 m.s.n.m la oportunidad de encontrar pastizales que ofrezcan una dieta con adecuadas concentraciones de nutrientes que se ajusten a los requerimientos de los camélidos es muy baja. Las deficiencias entonces de proteína, energía y algunas vitaminas y minerales son severas coincidiendo con etapas críticas en la vida productiva de las alpacas como son el destete y el último tercio de gestación. Estas etapas críticas son también mencionadas e identificadas por Van Saun (2014).

Es probable que el efecto de los tratamientos se vea evidenciado en los pesos vivos finales, tal como se ha reportado en la Tabla 3, las dietas de estos animales son muy bajas en lo que respecta al fósforo estando por debajo de los rangos referenciales y dada la participación de este mineral en diversas reacciones enzimáticas sobre todo de transferencia de energía puede repercutir indirectamente sobre la ganancia de peso; a esto se suma que los reportes mencionan que cuando hay deficiencia de fósforo (Waldrige y Pugh, 1997; San Martín *et al.*, 1995; Flores y Oscanoa, 1992 y Echevarría *et al.*, 1970) se presentan alteraciones sobre todo de funciones secundarias como la reproductiva y otra de importancia es el retraso en el inicio de la pubertad. Debido a que bajo los actuales sistemas de alimentación más del 80% de alpacas destetadas no llegan a alcanzar el peso adecuado o mínimo requerido para ser servidas (>35 kg) al año de edad en la estación reproductiva (enero a marzo) (Sumar y García, 1986; San Martín, 2015; Huanca *et al.*, 2015). Hubo un efecto apreciable de los tratamientos con 0.25 y 0.34% de fósforo dietario donde se alcanzaron pesos finales de 36.8 a 37.1 no existiendo diferencias significativas entre ellos ($p < 0.05$), pesos considerados aptos para iniciar un proceso reproductivo al año de edad, además es probable que estos niveles de fósforo en la dieta puedan considerarse como los requerimientos adecuados para esta etapa basada en la respuesta biológica observada.

4.2.2 Condición Corporal

La Tabla 7 muestra los valores de condición corporal. Al inicio del experimento (octubre) fluctuó entre 2.89 a 3.01 no hallándose diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tres tratamientos. A la mitad del experimento (mes de enero), ya se evidencia un cambio entre los tratamientos con 0.25 y 0.34% de fósforo dietario siendo diferentes y mayores significativamente al tratamiento al T1 cuyo nivel de fósforo en la dieta fue 0.16%, el mismo patrón fue encontrado para la condición corporal al final del estudio (Abril) donde los tratamientos con 0.25 y 0.34% de fósforo dietario fueron superiores al tratamiento con 0.16%

de fósforo dietario. El mismo comportamiento que se evidenció comparativamente con la variable peso vivo presentado en la Tabla 6. Es evidente que hay un efecto de las concentraciones de fósforo en las dietas de los animales sobre esta variable y que repercute no solamente a ésta sino a otras funciones sobre todo energéticas con las que se le asocia a la condición corporal. La condición corporal se relaciona con la movilización de grasa (De Vries y Veerkamp, 2000) y por lo tanto la condición corporal podría usarse como indicador del balance energético durante etapas críticas donde se puede apreciar movilización de grasa corporal.

Tabla 7: Condición Corporal al inicio, en la mitad y al final del estudio en alpacas hembras pre – púberes y púberes

Tratamiento	Nº	Inicio (Octubre)	Mitad (Enero)	Final (Abril)	Ganancia de peso/día (g)	Ganancia gramos/peso metabólico
T1 (Bajo Fósforo)	16	2.9 ^a ±0.11	2.9 ^b ±0.11	2.9 ^c ±0.10	44.57 ^b ± 0.58	17.24 ^b ± 0.08
T2 (Medio Fósforo)	16	2.8 ^a ±0.12	3.0 ^b ±0.08	3.2 ^b ±0.07	55.28 ^a ± 0.39	20.27 ^a ± 0.03
T3 (Alto Fósforo)	16	3.0 ^a ±0.11	3.3 ^a ±0.09	3.5 ^a ±0.04	56.04 ^a ±0.56	20.48 ^a ± 0.05

a, b letras diferentes en la misma columna muestran diferencias significativas ($P < 0.05$)

El uso de datos de condición corporal es clave para identificar la variación del estado energético de los animales y es una alternativa económica para medir el balance energético debido a su asociación con metabolitos energéticos. No hay estudios donde se relacionen directamente el efecto de este mineral sobre metabolitos energéticos, sin embargo, podemos mencionar que todos los procesos fisiológicos relacionados al fósforo implican una ganancia o pérdida de energía se realizan mediante la formación o la destrucción de “enlaces fosfato” que acumulan energía.

Un estudio conducido por Carhuapoma *et al.*, (2009), desarrollado en Huancavelica sobre los 4000 m,s,n.m donde se utilizaron alpacas de diferentes edades se encontró valores de condición corporal que van de 2.89 a 3.14 en alpacas de 1 – 1.5 años y de sexo hembra. Se menciona que estos valores están dentro del rango conveniente para fines productivos y reproductivos, pues alpacas con CC alta tienen mayores riesgos al stress de calor,

infertilidad, dificultad al parto, pobre lactación y mortalidad neonatal, mientras que alpacas con baja CC son susceptibles a pérdidas embrionaria, abortos, baja producción láctea y nacimiento de crías con bajo peso (Australian Alpaca Association Ltda., 2008); por tanto en las condiciones alto andinas se puede obtener alpacas de adecuadas condiciones corporales (por tanto buenas condiciones nutricionales) durante el periodo noviembre – abril, que corresponde a la época de lluvias. Si los comparamos con la condición corporal obtenida en el presente estudio que va de 2.94 a 3.52 podemos inferir las mismas conclusiones. El efecto del fósforo en la dieta es evidenciada en esta variable debido a que se hallaron diferencias estadísticas ($p < 0.05$) entre los tratamientos con 0.25 y 0.34% de fósforo dietario comparado con el T1 (0.16% de fósforo dietario) cuyas concentraciones fósforo en la dieta fue la más baja.

Pocos son los estudios que relacionan el efecto de estatus minerales sobre variables productivas y reproductivas y más aún en etapas tempranas de crecimiento debido a que antes no era considerada como etapa crítica el destete. Molina *et al.*, (1994) y Vatankhah *et al.*, (2012) mencionan una condición corporal recomendada para pequeños rumiantes en general de 3-3.5 puntos, niveles que están dentro de los obtenidos en el presente estudio. Un estudio realizado por Norambuena *et al.*, (2018) donde se evaluó el efecto de la condición corporal sobre metabolitos energéticos y su efecto sobre el éxito reproductivo en llamas antes del periodo de empadre menciona que un balance energético negativo afecta la masa corporal, aumenta la concentración de NEFA (Ácidos grasos no esterificados) en el plasma. Además hay un aumento de colesterol y triglicéridos, concluyen que la condición corporal no define el éxito reproductivo en llamas.

4.2.3 Concentraciones de fósforo en suero sanguíneo

La Tabla 8 muestra las concentraciones de fósforo en suero sanguíneo de alpacas hembras sometidas a diferentes niveles de fósforo dietario. No se hallaron diferencias en las concentraciones iniciales entre los tres tratamientos. Con respecto a las concentraciones finales hubo una apreciable reducción en la concentración de fósforo en suero sanguíneo en el T1 (5.02 ± 0.16 mg/dl) comparado con el T2 (11.07 ± 0.18 mg/dl) y el T3 (11.45 ± 0.14) que al contrario se incrementaron. Las concentraciones de fósforo en el T1 podrían considerarse como deficiente si los comparamos con los valores referenciales propuestos por Van Saun, 2014: 5-11.5 mg / dl. Con respecto a las concentraciones iniciales, éstas estuvieron al límite si los comparamos con los rangos referenciales sin embargo, no hubo diferencias estadísticas

($p < 0.05$) entre los tratamientos. Esto probablemente debido a dos factores; el primero el estrés ocasionado por el efecto propio del destete y la restricción consecuente de leche materna lo que disminuiría el aporte de nutrientes y el segundo factor relacionado a la restricción alimenticia ya que esta etapa confluye con la época seca donde los pastizales no ofrecen un balance de nutrientes adecuado para los animales.

Si partimos de la premisa de que la bioquímica sanguínea es la valoración de la concentración de metabolitos en la sangre y que ésta representa un análisis integrado de la adecuación del suministro de nutrientes con relación a su utilización (Marin *et al.*, 2016). Bajo ese contexto podemos mencionar que se han reportado pocos estudios sobre parámetros bioquímicos en camélidos sudamericanos, tanto en buena condición de salud como en enfermedad (Anderson, 2002); a esto sumarle que además existe escasa información sobre las concentraciones de fósforo de la alpaca en diferentes etapas de su vida productiva sobre todo en etapas críticas de su producción como es el destete. Por otro lado hay evidencia clara de que componentes nutricionales en etapas críticas de la explotación de alpacas pueden ayudar a conocer con mayor exactitud su comportamiento y pueda servir de base para implementar estrategias de manejo nutricional en el futuro.

Tabla 8: Concentraciones de Fósforo en suero (mg/dl) al inicio, en la mitad y al final del estudio en alpacas hembras pre – púberes y púberes

Tratamiento	Nº	Concentraciones Iniciales (Octubre)	Mitad (Enero)	Concentraciones finales (Abril)
T1 (Bajo Fósforo)	16	6.4 ^a ±0.25	7.1 ^c ±0.16	5.0 ^b ±0.16
T2 (Medio Fósforo)	16	6.5 ^a ±0.24	8.0 ^b ±0.23	11.0 ^a ±0.18
T3 (Alto Fósforo)	16	6.1 ^a ±0.30	10.4 ^a ±0.17	11.4 ^a ±0.14

a, b letras diferentes en la misma columna muestran diferencias significativas ($P < 0.05$)

Van Saun (2006) menciona que el metabolismo del fósforo en rumiantes y especialmente en camélidos es único. El fósforo de la sangre es reciclado al rumen a través de la saliva. Fisiológicamente es posible que esto sea necesario para proporcionar fósforo a los microbios

del rumen; esto debido a que el fósforo es un mineral considerado crítico para el pastoreo de animales. En camélidos, los cambios estacionales de fósforo en la sangre y las concentraciones se asocian con el estado de vitamina D; además menciona que las concentraciones son bajas durante los meses de invierno condicionando un raquitismo hipofosfatémico clínico que ocurre en el crecimiento de crías debido a la deficiencia de vitamina D. Esto no ocurrió en los animales evaluados a pesar de brindar una dieta con 0.16% de fósforo (35% menor a lo recomendado).

En un trabajo realizado por Quispe *et al.*, (2016) donde determinaron las concentraciones de fósforo en 20 alpacas hembras de la raza Huacaya bajo un sistema de suplementación con fosfato dicalcico en época seca entre los meses de agosto a octubre. Este trabajo fue realizado en un centro experimental en Cajamarca para conocer si el fósforo mineral deficiente en pastizales tenía un efecto sobre el crecimiento de fibra, se logró determinar que el fósforo afecta la velocidad de crecimiento de fibra en adultas y crías de alpacas. Es probable que este mismo patrón haya sucedido en nuestro estudio debido a que las alpacas que alcanzaron menor peso vivo fueron las del T1 con 0.16% de fósforo en la dieta. En otro estudio similar Rosales *et al.*, (1980) realizaron un trabajo para determinar los niveles de calcio y fósforo en 87 alpacas de la raza Huacaya y 9 llamas en la estación experimental de “La Raya” – Cusco. El estudio fue realizado en época seca bajo condiciones extensivas. Las concentraciones de fósforo encontrados fueron 6.25 ± 1.70 mg/dl y 5.74 ± 0.70 mg/dl para alpacas y llamas respectivamente. Estos valores son similares a los encontrados en el presente estudio si los comparamos con el T1 (0.16% de fósforo en la dieta), mientras que los tratamientos con 0.25 y 0.34% de fósforo dietario tuvieron valores mayores, es evidente que hay un efecto de que dietas con mayor cantidad de fósforo tiene efecto sobre el crecimiento de las alpacas.

Por último un estudio similar fue llevado a cabo por Quispe (1988) quién realizó un estudio para determinar el status mineral de calcio y fósforo en alpacas en época seca. Esto se llevó a cabo en el centro experimental Layoc de la Universidad Nacional de Huancavelica, se utilizaron alpacas hembras adultas pastoreadas en pastizales naturales entre los meses de enero – marzo (época de lluvias). El promedio de las concentraciones de fósforo fue 8.51 ± 1.66 mg/dl. Esto debido probablemente a concentraciones altas en el pastizal por ser de mejor calidad pues el estudio se realizó en época de lluvias donde la oferta alimenticia es mejor. A pesar de eso en nuestro estudio se encontraron valores mayores dando a entender

que probablemente los niveles de fósforo proporcionados en el T2 (0.25%) y T3 (0.34%) sean los adecuados y más aún en época seca.

4.2.4 Consumo de Materia Seca

La Tabla 9 evidencia el consumo de materia seca expresado en kg/día y como porcentaje del peso vivo para los tratamientos 0.16, 0.25 y 0.34% de fósforo dietario respectivamente. En ambos casos hubieron diferencias significativas entre los tres tratamientos ($P>0.05$). Es probable que el bajo fósforo dietario en el T1 (0.16%) puede haber tenido influencia sobre el consumo y la ganancia de peso en alpacas en crecimiento. Las concentraciones de fósforo en el T2 (0.25%) y el T3 (0.34%) influenciaron sobre los parámetros medidos, los cuales están dentro de los rangos establecidos para la especie, un punto medio entre estas concentraciones podría tomarse como base del requerimiento de fósforo en esta etapa desde el punto de vista de la respuesta biológica. El efecto del menor consumo en T1 (0.16%) puede haber influido en el aumento de peso. En ambos casos hubieron diferencias significativas entre los tratamientos ($P<0.05$). La reducción del consumo en el T1 (0.16%) puede haber afectado el peso vivo final. El bajo fósforo en la dieta probablemente afectó la eficiencia bacteriana en el compartimento 1 (C1) de las alpacas.

Tabla 9: Consumo de materia seca expresado por kg/d y expresado como porcentaje del peso vivo a la mitad (noviembre) y final del estudio (febrero).

Tratamientos	N°	Mitad del estudio		Final del estudio	
		(Noviembre)		(Febrero)	
		kg/d MS	% PV	kg/d MS	% PV
T1 (Bajo Fósforo)	16	0.45 ^c ±0.01	1.52	0.71 ^c ±0.01	2.07
T2 (Medio Fósforo)	16	0.56 ^b ±0.02	1.73	0.82 ^b ±0.01	2.24
T3 (Alto Fósforo)	16	0.65 ^a ±0.02	1.97	0.96 ^a ±0.02	2.60

^{a,b,c} Letras diferentes dentro de columnas indican diferencias entre tratamientos ($p<0.05$)

Van Saun (2006) menciona que el metabolismo del fósforo en rumiantes y especialmente en camélidos es único. En la actualidad no se disponen de estudios que evidencien una relación cercana del fósforo a niveles diferentes en la dieta y sus efectos sobre algunos parámetros

reproductivos a las cuales se le asocia. Tampoco existen estudios desarrollados en condiciones controladas donde se pueda determinar el consumo de alpacas con mayor grado de precisión y además nos permita relacionarlo con la eficiencia reproductiva y determinar requerimientos en base a respuestas biológicas. Sobre estas necesidades de minerales aún no están definidas siendo generados a partir de la extrapolación de las necesidades de minerales de ganado vacuno, ovino y caprino.

Estudios realizados sobre la estimación del consumo en camélidos mencionaron un consumo de 1.5 a 1.8% como porcentaje del peso vivo (San Martín y Bryant, 1989), sin embargo mencionaron también que esto está supeditado al manejo en general y que hay factores que intervienen directamente sobre el consumo como calidad de dieta, época, estado fisiológico del animal, edad y sexo. Con respecto a estos factores un estudio realizado por Paredes et al., (2014) menciona que a mayores niveles de FDN (Fibra detergente neutro) en la dieta el consumo disminuye, estos autores encontraron consumos que van de 1.38 a 1.73% con FDNs en la dieta que van de 58 a 70% bajo un suministro de dietas en condiciones controladas. Por su parte Van Saun (2014) menciona consumos que van de 1.7% para alpacas cuyos pesos fluctúan entre 30 a 100 kilogramos, mientras que la NRC (2007) estima consumos de 1.65 a 1.2% para alpacas del mismo peso. Los niveles de consumo encontrados en el presente estudio fluctúan de 1.52 a 1.97% en la mitad del estudio (mes de enero) con pesos que van de 30 a 33 kilogramos, al final del estudio (abril) el consumo encontrado fue de 2.07 a 2.60% del peso vivo y los pesos van de 34 a 37 kilogramos. Estos datos están por encima de los reportados por los autores mencionados anteriormente, esto probablemente están influenciado por los factores antes mencionados.

4.2.5 Tasa de preñez

La Tabla 10 muestra las tasas de preñez encontradas en alpacas sometidas a los tres tratamientos. Las tasas de preñez estimadas a los 30 días post empadre y mediante ultrasonografía se ven evidenciadas en base a dos factores, el primer reporte de tasas de preñez alcanza el 50, 53.8 y 66.6% para los tratamientos con 0.16, 0.25 y 0.34% de fósforo dietario respectivamente; esta es la proporción de preñadas sobre el general que alcanzaron pubertad; mientras que la proporción de preñadas sobre las alpacas que llegaron a ovular fue 71.4, 63.6 y 76.9% para los tratamientos con 0.16, 0.25 y 0.34% de fósforo dietario respectivamente. Las tasas de preñez presentadas evidencian una ligera ventaja para el tratamiento 3 (0.34% de fósforo dietario) y no evidencia diferencias entre los tratamientos

evaluados; sin embargo, hay que tener en cuenta ciertos factores que también influyen sobre las tasas de preñez como la mortalidad embrionaria en el periodo de 30 días evaluado que no fue medido. Las tasas de preñez están en el rango encontrado por otros autores para el T1 (0.16%) y T2 (0.25%) en hembras primerizas y hay una ventaja para el T3 (0.34%) siendo valores bastante atractivos para la etapa evaluada.

Tabla 10: Efecto del fósforo en la dieta sobre la tasa de preñez a los 30 días después del empadre

Tratamientos	N° de preñadas sobre las que alcanzaron pubertad	Tasa de preñez (%)	N° de preñadas sobre las que ovularon	Tasa de preñez (%)
T1 (Bajo Fósforo)	5/10	50.0 ^a	5/7	71.4 ^a
T2 (Medio Fósforo)	7/13	53.8 ^a	7/11	63.6 ^a
T3 (Alto Fósforo)	10/15	66.6 ^a	10/13	76.9 ^a

^{a,b} Letras diferentes dentro de columnas indican diferencias entre tratamientos (p<0.05)

Huanca *et al.*, (2012) en un estudio realizado con el propósito de evaluar el efecto de la suplementación con heno de alfalfa, dos semanas antes del servicio, señalan una mejor tasa de preñez en alpacas del T1: con cría + suplementación (65.6 y 62.5 %) a los 20 y 60 días post servicio, respecto a los otros tratamientos; T2: alpacas con cría y sin suplementación (51.7 y 37.9 %); T3: alpacas sin cría + suplementación (52.9 y 47.1 %) y T4: alpacas sin cría y sin suplementación (53.1 y 33.3 %). Los resultados sugieren que la suplementación permite una mejor tasa de concepción pero sobre todo mejoran la tasa de sobrevivencia al día 60, en alpacas con y sin cría. La menor tasa de sobrevivencia en el tratamiento de alpacas sin cría y sin suplementación puede ser explicada porque estos animales vienen de una campaña anterior sin cría y existe la posibilidad de presentar alteraciones adicionales que no fue evaluada en el estudio. Machaca *et al.*, (2015) en un estudio reciente que fue diseñado con el propósito de evaluar el efecto de la suplementación alimenticia con concentrado, durante un largo periodo, sobre las características ováricas y la tasa de preñez. Los resultados señalan que aun cuando no se han registrado diferencias estadísticas, existe diferencias en el tamaño del cuerpo lúteo (10.8 ± 3.2 vs 9.1 ± 2.6) a favor del tratamiento con suplementación,

sugiriendo que debería estar correlacionada con una mejor tasa de preñez al día 26, sin embargo, los resultados fueron contrarios a lo esperado y se observó una diferencia mayor al 20 % entre los tratamientos, favorable al tratamiento sin suplementación.

A pesar de las condiciones negativas que experimentan los camélidos en su habitat y considerando los problemas de encontrar dietas adecuadas en momentos críticos de su producción, éstas presentan una tasa de fecundación del 90 %, similar a la reportada en otras especies; sin embargo, el comportamiento reproductivo, en términos de tasa de preñez o tasa de natalidad, presenta un rango menor al 50%, atribuido a diversos factores y entre ellos el factor nutricional (Vaughan y Tibary, 2006).

Se menciona que en condiciones de escasez extrema de fósforo, los animales pueden tener amplios rangos de infertilidad, e incluso no entrar en celo por varios años (Bindari *et al.*, 2013). Las alpacas pueden entrar en un periodo de anestro prolongado por las deficiencias de calcio y fósforo (Tibary, 2004). Además se evidencia disminución de la actividad ovárica, estro irregular, incidencia de ovarios quísticos, madurez sexual tardía y bajas tasas de concepción cuando la ingesta de fósforo es baja (Bindari *et al.*, 2013). La involución uterina también puede verse afectada dando lugar a problemas de infertilidad (Bindari *et al.*, 2013). Por su parte Smith y Chase (1985) reportan la presencia de ovarios inactivos, retraso en la madurez sexual y bajas tasas de concepción. En un trabajo de campo Ríos (1970) menciona que la baja fertilidad por deficiencia de fósforo se debe a celos irregulares ya que el ciclo ovárico es sensible a la carencia de fósforo, este problema se corrigió con la adición de fósforo en la dieta. Bicalho *et al.*, (2014) evaluando las concentraciones séricas de fósforo y calcio menciona que la metritis estaba relacionada a las bajas concentraciones séricas de calcio ($P < 0,01$). La deficiencia de fósforo se ha relacionado a la ineficiencia reproductiva, principalmente con el anestro (Van Saun, 2008).

4.2.6 Tasa de ovulación

La Tabla 11 muestra las tasas de ovulación en los tratamientos evaluados después de un periodo de sincronización con GnRH, los valores encontrados fueron de 77.7, 91.6 y 86.6 para para los tratamientos con 0.16, 0.25 y 0.34% de fósforo dietario respectivamente, estos valores son congruentes con lo reportado por Huanca *et al.*, (2012) y Machaca *et al.*, (2015). Otros autores reportan una tasa de ovulación inferior a lo reportado en el presente estudio, siendo esta de 60 - 80% (Bravo *et al.*, 1987; Andrade, 2007). Se menciona que en general

hay buenas tasas de ovulación y no hay reportes sobre el efecto de algún mineral sobre esta variable, además estos autores mencionan que el problema son las tasas de fecundación y la mortalidad embrionaria.

Tabla 11: Efecto del fósforo en la dieta sobre la tasa de ovulación después del empadre

Tratamientos	Alpacas con folículo pre ovulatorio antes del empadre (n)	Alpacas con cuerpo lúteo después del empadre (n)	Tasa de ovulación (%)
T1 (Bajo Fósforo)	9/16	7/9	77.7 ^a
T2 (Medio Fósforo)	12/16	11/12	91.6 ^a
T3 (Alto Fósforo)	15/16	13/15	86.6 ^a

^{a,b} Letras diferentes dentro de columnas indican diferencias entre tratamientos ($p < 0.05$)

Está establecido que los camélidos domésticos, alpacas y especialmente las llamas, han desarrollado una capacidad de adaptación metabólica y endocrina, superior a la reportada en rumiantes (Kiani *et al.*, 2015), lo que les permite sobrevivir en condiciones de pastizales de baja calidad, sin embargo, en relación al tema de los minerales, observaciones clínicas en llamas y alpacas sugieren una papel de bajo fósforo en la capacidad de ovular (Tibary A, 2001; citado por Van Saun, 2008). En particular, los resultados de la deficiencia de fósforo se basan en una tasa de concepción inferior, una disminución en la actividad ovárica, ciclos estrales irregulares, anestro (ovarios inactivos), y una mayor incidencia de ovarios quísticos. (Amaral-Phillips y Heersche, 1997). Estos pudieran ser factores que incidan sobre el éxito reproductivo por deficiencias de fósforo.

4.2.7 Mortalidad Embrionaria

Los valores de mortalidad embrionaria presentados en la Tabla 12 muestran rangos de 9.09, 12.5 y 33.3% para los tratamientos con 0.16, 0.25 y 0.34% de fósforo dietario respectivamente, no encontrándose diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos evaluados. Los datos hallados están por debajo del reportado por otros autores, debido probablemente a diversos factores en los cuales se incluyen los fisiológicos, manejo, nutricionales, sanitarios y genéticos. En nuestro estudio probablemente un factor adicional es el número de animales.

Tabla 12: Efecto del fósforo en la dieta sobre la mortalidad embrionaria (%) entre los 13 días hasta los 60 días post empadre.

Tratamientos	Alpacas preñadas después del empadre		N° embriones perdidos	Mortalidad embrionaria (%)
	13 Dias	60 Dias		
T1 (Bajo Fósforo)	6/10	4/6	2/6	33.3 ^a
T2 (Medio Fósforo)	8/13	7/8	1/8	12.5 ^a
T3 (Alto Fósforo)	11/15	10/11	1/11	9.09 ^a

^{a,b} Letras diferentes dentro de columnas indican diferencias entre tratamientos ($p < 0.05$)

Se detalla una mortalidad embrionaria de 45-56% (Bravo *et al.*, 1987, 2010; Ratto *et al.*, 2011) y una tasa de ovulación de 60 - 80% (Bravo *et al.*, 1987; Andrade, 2007). Bajo ese contexto estos autores mencionan que las deficiencias nutricionales tienen consecuencias en diversas etapas del ciclo reproductivo, desde un retraso en el inicio de la actividad reproductiva o pubertad o en el reinicio de la actividad reproductiva post parto, deficiencias en la actividad ovárica, conducta de receptividad e interés sexual; así como la producción de gametos con una reducida capacidad fecundante, afectando la sobrevivencia embrionaria e incluso el mantenimiento de la gestación. El tratamiento 1 cuyo nivel de fósforo fue el más bajo presenta una proporción de mortalidad embrionaria cercano a lo reportado en general por otros autores siendo un nivel común perdidas embrionarias no menores al 40%, es probable que haya un efecto de las concentraciones de fósforo en la dieta sobre la mortalidad embrionaria.

4.2.8 Diámetro del Folículo Pre Ovulatorio

El efecto del fósforo sobre el tamaño del folículo pre ovulatorio se muestra en la Tabla 13. Se hallaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos 2 y 3 frente al tratamiento 1 con bajo fósforo en la dieta. No se hallaron diferencias ($p < 0.05$) entre los tratamientos con 0.25 y 0.34% de fósforo dietario. Los diámetros encontrados están dentro de los rangos propuestos para la etapa evaluada. Para que un folículo sea considerado como pre ovulatorio se tomó en consideración tamaños no menores de 6 mm. Un estudio realizado por Pacheco *et al.*, (2017) considera folículos grandes a los iguales o mayores de 7 mm, los

autores reportan que este tamaño de folículo pre ovulatorio es alcanzado en el 5.5 % de las alpacas alimentadas con pastos cultivados a una edad promedio de 11 meses y un peso promedio de 33.9 kg, mientras que en alpacas alimentadas con pastos naturales se observó que el 3.0 % de las alpacas mostraron folículos grandes a una edad promedio de 10.5 meses y un peso vivo promedio de 28.1 kg. Es evidente que el peso vivo está relacionado con el inicio de la actividad ovárica.

Tabla 13: Efecto del fósforo en la dieta sobre el diámetro del folículo pre ovulatorio

Tratamientos	Nº	Diámetro del folículo pre - ovulatorio (mm)
T1 (Bajo Fósforo)	10	6.53 ^b ±0.21
T2 (Medio Fósforo)	13	7.27 ^a ±0.21
T3 (Alto Fósforo)	15	7.09 ^{ab} ±0.17

^{a,b} Letras diferentes dentro de columnas indican diferencias entre tratamientos (p<0.05)

Otro estudio realizado en llamas para ver el efecto de administración de progesterona sobre el diámetro de los folículos Santiani *et al.*, (2002) encontraron que los tamaños de los folículos varía de 4.6 a 12.1 mm considerando pre ovulatorios a los mayores a 7 mm. Estos autores también hacen hincapié sobre el efecto del factor nutricional sobre el tamaño del folículo en camélidos. Por último se realizó un trabajo sobre el efecto de la restricción alimenticia sobre la dinámica folicular ovárica, respuesta ovulatoria y desarrollo del cuerpo lúteo fue evaluado en llamas por Norambuena *et al.*, (2013), reportándose diferencias altamente significativas en el tamaño del folículo dominante (9.5 ± 0.7 vs 13.2 ± 0.9) y en el tiempo del vida del folículo dominante (19.9 ± 2.0 vs 24.3 ± 1.1). La restricción alimenticia evidenció tamaños menores del folículo pre ovulatorio, esto contrasta con lo hallado en el presente estudio donde la única variación fue la concentración de fósforo y es evidente que este mineral tiene efectos sobre el peso vivo y consecuentemente sobre el tamaño de los folículos pre ovulatorios.

4.2.9 Niveles de Progesterona Pos Empadre

Los niveles de progesterona presentados en la Tabla 14 fueron medidos en el día 9 y día 13 después del empadre debido a que varios autores mencionan que los niveles de progesterona

comienzan a crecer a partir del día 1 post servicio en orden creciente hasta el día 11 cuando las concentraciones empiezan a descender si la alpaca no está preñada (Sumar, 1993). Estos niveles varían entre 4.18 a 4.22 para el T1, 4.43 a 4.74 para el T2 y 5.21 a 5.34 para el T3 en el día 9 y 13 respectivamente; se hallaron diferencias estadísticas ($p < 0.05$) entre los tratamientos evidenciándose que concentraciones de 0.25 y 0.34% de fósforo en la dieta tienen efecto sobre las concentraciones de progesterona, se asume que el diámetro del cuerpo lúteo también debe ser influenciado debido a la relación entre el tamaño del cuerpo lúteo y las concentraciones de progesterona, esto también tuvo que haber repercutido sobre las tasas de preñez y mortalidad embrionaria donde el efecto del fósforo tuvo el mismo patrón en cuanto a los resultados y diferencias entre tratamientos.

Tabla 14: Efecto del fósforo en la dieta sobre niveles de progesterona en suero (ng/ml) a diferentes días después del empadre

Tratamientos	N°	Días relativos al empadre	
		Día + 9	Día +13
T1 (Bajo Fósforo)	7	4.1 ^b ±0.23	4.2 ^b ±0.21
T2 (Medio Fósforo)	11	4.7 ^a ±0.19	4.4 ^b ±0.18
T3 (Alto Fósforo)	13	5.2 ^a ±0.13	5.3 ^a ±0.11

^{a,b} Letras diferentes dentro de columnas indican diferencias entre tratamientos ($p < 0.05$)

Bravo *et al.*, (1991) determinaron que existe una relación positiva entre el tamaño del cuerpo lúteo y las concentraciones de glucorónido de pregnanediol en orina de alpacas y llamas, las cuáles se incrementaron dentro de los 3 días siguientes a la ovulación. Así mismo, observaron un desarrollo del cuerpo lúteo más rápido en llamas que en alpacas, durante el desarrollo temprano. En llamas se ha detectado el cuerpo lúteo aproximadamente en el día 3, en hembras que ovularon indistintamente de sí estuvieron preñadas o no. El máximo diámetro del cuerpo lúteo fue de 12.8 mm y 16.3 mm para llamas preñadas y no preñadas respectivamente (Adams *et al.*, 1991). Después de un empadre estéril, las concentraciones de progesterona en sangre incrementaron desde el día 5, alcanzando la máxima concentración entre los días 7 y 8 y declinó rápidamente entre los días 9 y 10 (Sumar, 1999). El cuerpo lúteo se mantiene por lo menos 10 días después de la ovulación en llamas vacías (Adams *et al.*, 1990). Mientras que el cuerpo lúteo de la preñez se mantiene sobre los 10 mm

luego del día 4 alcanzando su mayor diámetro a los 21.4 días con 16.3 mm. En llamas vacías no apareadas no se detecta el cuerpo lúteo (Adams *et al.*, 1991). En alpacas y llamas no preñadas, un incremento de la secreción de prostaglandina F_{2α} se observó desde el día 9 al 12 post cópula, alcanzando picos de valor alto. En la actualidad se está poniendo mucha atención en los mecanismos de regresión del cuerpo lúteo (luteolisis) en todas las especies domésticas. La caída rápida en los niveles de progesterona en el tejido luteal y en el plasma circulante el día 13 en alpacas no preñadas sugiere una interferencia con la actividad del cuerpo lúteo entre los días 8 y 13. Esto se debería ya sea a la acción de una activa sustancia luteolítica, a la rápida caída de un agente luteotrófico, o a una combinación de ambas (Sumar y García, 1986).

4.2.10 Pubertad en Alpacas Pos Destete

Antes de discutir los resultados es preciso mencionar algunos periodos críticos nutricionales de estos animales bajo condiciones de pastoreo en las zonas alto andinas, lo primero que debe hacerse es identificar los cambios en la disponibilidad de forraje, la calidad nutritiva, así como las necesidades nutritivas de los animales en sus diferentes etapas productivas. Así, es posible identificar dos períodos críticos en la crianza de camélidos. Estas etapas se refieren a la época del destete donde los animales jóvenes dejan de depender de la madre para cubrir parte de sus requerimientos, pero a su vez, éstos encuentran problemas en la disponibilidad de forraje ya que coincide con la etapa crítica de sequía. Como consecuencia de ello, los animales experimentan una disminución de peso durante este período, el cual les impide alcanzar pesos adecuados para el primer empadre (33 kg.) al año de edad. Esto está directamente relacionado con la pubertad y sus implicancias que se describen a continuación.

La determinación de la pubertad fue realizada basándonos en tres aspectos o tres características que debieron cumplir los animales para ser considerado púber, estas son: Primero que presenten folículo pre ovulatorio no menor de 6 mm de diámetro, esto fue determinada mediante ultrasonografía; Segundo que presenten receptividad sexual ante la exposición al macho; Tercero que hayan tenido concentraciones de progesterona mayores a 0.45 ng/ml según (Jeffs *et al.*, 1996). La tabla 15 muestra el número de alpacas que presentaron pubertad hasta los 14 meses de edad en que finalizó el experimento. El total de animales del tratamiento 3 lograron alcanzar la pubertad, solo un animal no presentó pubertad en el tratamiento 2 y cuatro animales no lo hicieron en el tratamiento uno. Es más evidente que hubo un efecto del peso vivo y su relación con la presentación de pubertad

en estos animales, a su vez el peso vivo está influenciado por las concentraciones de fósforo en la dieta tal como se halló en el estudio uno y cuando se evaluó el peso vivo en el segundo estudio.

Tabla 15: Efecto del fósforo en la dieta sobre la presentación de pubertad (Número de alpacas que presentaron pubertad)

Tratamientos	N° de alpacas que presentaron pubertad hasta los 14 meses de edad
T1 (Bajo Fósforo)	12/16
T2 (Medio Fósforo)	15/16
T3 (Alto Fósforo)	16/16

La pubertad es descrita cuando el animal adquiere la capacidad de liberar gametos y de manifestar secuencias completas de comportamiento sexual (Hafez, 2002). La pubertad está controlada por un mecanismo fisiológico gobernado por el sistema nervioso central (SNC). El SNC regula la aparición de la pubertad mediante la síntesis y secreción en el hipotálamo de la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH). Durante la etapa prepúber, la secreción de GnRH está restringida como consecuencia de la elevada sensibilidad del hipotálamo frente al efecto inhibitor (retroalimentación negativa) originado por la baja concentración de estrógenos que secreta el ovario prepúber. Para que se inicie la pubertad en las hembras, es necesaria la disminución gradual en la sensibilidad del hipotálamo a la retroalimentación negativa provocada por las bajas concentraciones de estrógenos. De esta forma, el hipotálamo comienza a secretar GnRH, que a su vez estimula la liberación de FSH y LH permitiendo así a los folículos sobrepasar la fase de folículo preantral y transformarse en folículo antral. Este efecto positivo estimula la secreción del pico de LH necesario para desencadenar la ovulación y luteinización folicular, y por tanto, la actividad cíclica ovárica. La retroalimentación positiva se establece gradualmente durante el periodo de transición de la pubertad (García *et al.*, 1995).

La Tabla 16 muestra la edad en que los animales de los tres tratamientos lograron alcanzar la pubertad, nótese que el 70% de los animales alcanzaron la pubertad entre los 10 y 12 meses de edad independientemente de las concentraciones de fósforo en la dieta. Cuando

evaluamos el efecto de los tratamientos sobre la edad de presentación de pubertad, encontramos que el T2 y T3 permitieron que los animales alcancen la pubertad antes de los 12 meses de edad lo que es muy importante al momento de decidir si se debería empadrear estas alpacas, se asume que en condiciones normales estas alpacas al momento del empadre pueden ser fértiles y le permiten al ganadero empadrear al año de edad y no esperar los 2 años de edad por no llegar al peso adecuado (>33kg).

Tabla 16: Efecto del fósforo en la dieta sobre la presentación de pubertad (Número de alpacas que presentaron pubertad por mes y edad en meses)

Mes/edad	Tratamientos		
	Bajo Fósforo	Medio Fósforo	Alto Fósforo
Octubre/8	0	1	0
Noviembre/9	0	3	2
Diciembre/10	3	5	6
Enero/11	4	3	4
Febrero/12	3	1	3
FEBRERO	EMPADRE		
Marzo/13	0	1	1
Abril/14	2	1	0
TOTAL	12	15	16

Esto es refrendado por afirmaciones que dicen que a los doce meses de edad, la mayoría de las hembras vírgenes muestran receptividad sexual al ser puestas en contacto con el macho; sin embargo, la actividad ovárica se inicia a los diez meses o antes dependiendo del estado nutricional del animal, cuando los ovarios muestran folículos de 5 mm o mayores. Novoa (1992) mostró que en las hembras vírgenes la actividad sexual, seguida de ovulación y fertilización, ocurre una vez alcanzado cierto grado de desarrollo corporal el cual, bajo las condiciones actuales de crianza (doce a catorce meses de edad), se obtiene cuando mejora la disponibilidad de los alimentos, lo que a su vez depende de factores climáticos.

Una de las alteraciones de primer orden descrita y reportada por Van Saun (2014) y San Martín (1996) es el retraso en el inicio de la pubertad debido a que bajo los actuales sistemas de alimentación más del 80% de alpacas destetadas no llegan a alcanzar el peso adecuado o mínimo requerido para ser servidas (>35 kg) al año de edad en la estación reproductiva

(enero a marzo) (Sumar y Garcia, 1986; San Martín, 2015; Huanca *et al.*, 2015); además, el destete coincide con la época seca donde los requerimientos nutricionales son difícilmente cubiertos y esto trae como consecuencia que los animales no alcancen pesos adecuados retrasando la pubertad y la función ovárica por lo que los criadores se ven obligados a empadrear a los dos años a estos animales asumiendo las consecuencias económicas que esto implica. En ese contexto los resultados presentados en el presente estudio permiten tomar decisiones para implementar estrategias de suplementación fosfórica en hembras pos destete debido a que es evidente que hay un efecto de este mineral sobre el peso vivo y la presentación de la pubertad antes del año de edad.

Por último la Tabla 17 muestra una relación entre el peso vivo en la que la mayoría de animales alcanzaron la pubertad y además muestra el porcentaje de peso maduro final en que las alpacas alcanzan la pubertad. Se evidencia que el 80% de animales alcanzan la pubertad cuando alcanzan pesos que fluctúan entre 32.77 y 33.42 kg y además alcanzan alrededor del 55% del peso maduro final considerando un peso final de 60 kilogramos para animales hembras de la raza Huacaya y que pertenecen a majada.

Tabla 17: Efecto del fósforo en la dieta sobre la presentación de pubertad (Peso al que alcanzaron la pubertad)

Mes	N° Alpacas	Peso Vivo (Kg)	% del peso vivo maduro final
Octubre	1	28.8	48.0
Noviembre	5	30.56±1.04	50.9
Diciembre	14	32.77±1.18	54.5
Enero	11	33.42±1.61	55.7
Febrero	7	34.03±1.02	56.7
Marzo	2	34.51±0.51	57.5
Abril	3	34.89±0.37	58.1

Leyva y Sumar (1981) en un estudio de la evaluación del peso corporal al empadre, sobre la capacidad reproductiva de 280 hembras de 1 año de edad, encontraron que existe una asociación altamente significativa ($P < 0,001$) entre el peso corporal al empadre y el porcentaje de natalidad. Por cada kg de incremento en peso corporal hubo un incremento del 5% en el porcentaje de natalidad, y por encima de los 33 kg de peso vivo al empadre el porcentaje de hembras vacías es relativamente independiente del peso corporal, mientras que

por debajo el porcentaje se incrementa notablemente. Posteriormente se evaluaron las campañas de estas hembras en relación con su primer parto y el peso de las crías fue similar al de las de hembras adultas, así como no hubo detención en el crecimiento y producción de las madres.

Bajo los actuales sistemas de alimentación y crianza solo un 50% de las primerizas alcanza un peso superior a los 33 kg en el momento del empadre; con mejores condiciones alimenticias y de manejo, hasta un 80% de las primerizas alcanza y supera los 33 kg. Esto es evidenciado en el presente estudio y de allí la importancia de implementar estrategias de suplementación con este mineral en alpacas pos destete. Un retardo en la pubertad de los animales de granja en la zona tropical del mundo ha sido atribuido a una lenta tasa de crecimiento, y se ha sugerido que la pubertad llega con un cierto umbral de peso corporal (Andrade, 2007). En las actuales condiciones de manejo se acostumbra empadrear a las hembras a los 2 años de edad, lo cual puede ser reflejo de una inadecuada alimentación y manejo.

Todos los procesos fisiológicos relacionados al fósforo implican una ganancia o pérdida de energía y se realizan mediante la formación o la destrucción de “enlaces fosfato” que acumulan energía. Sumado a ello cumple con el mantenimiento de la presión osmótica y el equilibrio ácido-básico, la formación de fosfolípidos y, en consecuencia, en el transporte de ácidos grasos y en la formación de aminoácidos y proteínas (Vitti *et al.*, 2010). Tal es así que algunos estudios mencionan que las crías Huacaya desarrollan más rápidamente alcanzando un peso de 25 – 35 kg de los 7 a 9 meses. Se nota que los de fibra de color son de mayor peso. Con un buen manejo de pastos se llega al destetar 30 kg de peso vivo sin problema en 7 meses. Bustinza *et al.*, (1979), señalan que el peso promedio al destete, a los 9 meses, está entre 30 kg y 31 Kg.

De acuerdo a esta premisa entonces hay capacidad de concluir que el fósforo, debido su participación en estos procesos descritos anteriormente, es un macro mineral responsable del buen crecimiento y que repercute sobre los pesos vivos de las alpacas.

V. CONCLUSIONES

1. Las dietas de alpacas púberes indicarían deficiencias de fósforo en las regiones de Puno, Cusco y Junín a excepción de Pasco.
2. Las concentraciones de fósforo en suero sanguíneo indican que los animales que pertenecen a las regiones de Pasco y Cusco se encontraron dentro del rango referencial; los de Junín se encontraron en el límite inferior y los animales de Puno se encontraron por debajo de lo establecido para la especie lo que indicaría probablemente deficiencias de fósforo en estas regiones.
3. Los niveles de fósforo en la dieta tuvieron efectos sobre la ganancia de peso y la condición corporal, siendo mayor en dietas de 0.25 y 0.34% respecto a 0.16%.
4. Los niveles de fósforo en la dieta tuvieron efectos sobre las concentraciones en suero sanguíneo siendo mayores cuando el fósforo dietario fue mayor.
5. Hubo un efecto del fósforo dietario sobre el consumo de materia seca siendo mayor en el tratamiento con 0.34% de fósforo seguido de 0.25% de fósforo.
6. Hubo una mayor tasa de preñez y tasa de ovulación en alpacas con dietas de 0.25 y 0.34% de fósforo con respecto a alpacas que tuvieron 0.16% de fósforo en la dieta.
7. La mortalidad embrionaria se redujo cuando las dietas tuvieron 0.25 y 0.34% de fósforo con respecto a alpacas que tuvieron 0.16% de fósforo en la dieta.
8. El 70% de los animales alcanzaron la pubertad entre los 10 y 12 meses de edad independientemente de las concentraciones de fósforo en la dieta.
9. Niveles de 0.25 y 0.34% de fósforo en la dieta permitieron que los animales alcancen la pubertad antes de los 12 meses de edad.
10. El 80% de animales alcanzan la pubertad con pesos que fluctúan entre 32.77 y 33.42 kg y además alcanzan alrededor del 55% del peso maduro final considerando un peso final de 60 kilogramos para animales hembras de la raza Huacaya.

VI. RECOMENDACIONES

1. Se deben establecer estrategias de suplementación con fósforo en etapa de destete hasta el año de edad que permitan incrementar parámetros productivos y reproductivos tal como se evidencia en el presente estudio.
2. Establecer investigaciones que permitan el análisis más específico del efecto del fósforo a nivel celular y molecular sobre las variables evaluadas.
3. Considerar el análisis de este mineral y su efecto sobre alpacas en diferentes estados productivos a lo largo del año y en otras etapas críticas.
4. Establecer las evaluaciones considerando las relaciones del fósforo con otros minerales y sus efectos conjuntos sobre las variables evaluadas.
5. Realizar estudios comparativos del efecto de este mineral sobre las variables evaluadas en diferentes especies de camélidos.

VII. COLABORADORES

- Para el desarrollo del presente proyecto de investigación se contó con la valiosa colaboración de la empresa Sais Túpac Amaru Ltda N° 1, Universidad Nacional del Altiplano - Puno y la Cooperativa Comunal “San Pedro de Racco” - Cerro de Pasco.
- Mención especial a los doctores Felipe San Martín (UNMSM), Pedro Coila (UNA – Puno), Baudilio Santiago (SAIS Túpac Amaru), Robert Van Saun (Penn State University – EEUU)

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aba, M; Forsberg, M; Kindahl, H; Sumar, J; Edqvist, L. 1995. Endocrine changes after mating in pregnant and non-pregnant llamas and alpacas. *Acta Vet. Scand.* 36: 489-498.

Adams, G; Dominguez, M. 2000. Ultrasonography in bovine practice - It's time. Proceedings of the annual meeting of the western canadian association of bovine practitioner. 4: 1-14.

Adams, G; Sumar, J; Ginther, O. 1991. Form and function of the corpus luteum in llamas. *Animal Reproduction Science.* 24: 127-138.

Adams, G; Sumar, J; Ginther, O. 1990. Effect of lactational or reproductive status on ovarian follicular waves in llamas (*Lama glama*). *J. Reprod. Fert.*; 90 (2): p 535-545.

Aller, J; Cancino, A; Rebuffi, G; Alberio, R. 1999. Inducción de la ovulación en llamas. En: II Congreso Mundial sobre Camélidos. Resumen. p 91. Cusco, Perú.

Amaral-Phillips, DM; Heersche, G Jr. 1997. Role of nutrition on reproductive performance. Cooperative Extension Service, University of Kentucky, College of Agriculture.

Anderson, D. 2002. Liver disease in camelids. The Ohio State University-USA. [Internet]. Disponible en: <http://www.rmla.com/LiverDisease.htm>

Andrade, J. 2007. Métodos de sincronización de la onda folicular en base a GnRH y LH y su efecto en la respuesta ovárica y tasa de preñez en alpacas y llamas. Tesis master. UNMSM.

A.O.A.C. (Association of Official Analytical Chemist) 2000. Official Methods of Analysis. Disponible en: <http://www.freedocumentsearch.com/pdf/aoac-official-method-976.06-protein.html>. Consultado 18 agosto de 2015.

A.O.A.C. (Association of Official Analytical Chemist) 2012. Intl; 18th edition. Disponible en: http://ebookey.org/Official-Methods-of-Analysis-of-AOAC-INTERNATIONAL-18th-Edition_183518.html. Consultado 18 agosto de 2015.

Austin, D; Urnes, P; y Fierro, L. 1983. Spring Livestock grazing affect crested wheatgrass Regrowth and winter use by Mule deer, *Journal of Range Management*. 36: p 589-593.

Australian Alpaca Association Ltd. 2008. Mineral and vitamin supplements. Alpaca fact sheet #9. Australia.

Australian Alpaca Association Ltd.. 2008. Body Condition Score (BCS) of alpacas. Australian Alpaca. Note 04. 1:1-2 En: <http://www.alpaca.asn.au/docs/about/info/4bodycondition.pdf> .

Beam, SW y Butler, WR. 1997. Energy balance and ovarian follicle development prior to first ovulation postpartum in dairy cows receiving three levels of dietary fat. *Biol Reprod*, 56, 133-142.

Bicalho, ML; Lima, FS; Ganda, E; Foditsch, EB; Manchado VS; Teixeira, AG; Oikonomou, G y Gilbert, RO. 2014. Effect of trace mineral supplementation on selected minerals, energy metabolites, oxidative stress and immune parameter and its association with uterine diseases in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 97:4281-4295

Bindari, Y; Shrestha, S; Shrestha, N y Gaire T. 2013. Effects of nutrition on reproduction- A review. *Advances in Applied Science Research*, 4(1):421-42.

Bourke, D; Adam, C; Kyle, C. 1992. Ultrasonography as an aid to controlled breeding in the llama (*Lama glama*). *Vet. Rec.* 130 (19): 424-428.

Bravo, PW; Diaz, D; Alarcón, V; y Ordoñez, C. 2010. Effect of the reproductive state of female alpacas on embryonic mortality rate. *Am. J. Vet. Res.* 71: 1096-1099.

Bravo, W; Stabenfeldt, G; Fowler, M; Lasley, B. 1992. Pituitary response to repeated copulation and/ or Gonadotropin-Releasing Hormone administration in llamas and alpacas. *Biol. Reprod.* 47: 884-888.

Bravo, W; Stabenfeldt, G; Lasley, B; Fowler, M. 1991. The effect of ovarian follicle size on pituitary and ovarian responses to copulation in domesticated South American camelids. *Biol. Reprod.* 45: 553-559.

Bravo, PW; Sumar, J. 1989. Laparoscopic examination of the ovarian activity in alpacas. *Animal Reproduction Science.* 21: 271–281.

Bravo, PW; Fowler, ME; Stabenfeldt, GH; Lasley, BL. 1990. Ovarian follicular dynamics in the llama. *Biol. Reprod.* 43: 579–585.

Bravo, PW; Sumar, J; Rivera, SG y Foote, W. 1987. Reproductive wastage in female alpaca. In: *Improving Reproductive Performance of Small Ruminants.* Edited by Utha State University, Logan, USA.

Bustanza, V. 2001. La Alpaca, conocimiento del gran potencial andino. Primera edición, Editorial Universitaria. FMVZ, UNA – PUNO. Puno-Perú. p 179-181

Bustanza, J, Matusita, A. y Gallegos, M. 1979. Contribución al patrón embrionario de la alpaca. *Anales de la primera Convención de Camélidos Sudamericanos Puno Perú.*

Calderón, W. 1968. Diagnóstico de preñez por el método de palpación rectal en alpacas. *Boletín IVITA.* 35-39.

Carhuapoma P., A. Sáenz y E.C. Quispe. 2009. Efecto de la condición corporal sobre el peso de vellón y finura de fibra en alpacas Huacaya (vicugna pacos) color blanco en Huancavelica Perú.

CENAGRO. (Censo Nacional Agropecuario).2012. Instituto Nacional de Estadística e Informática. Perú. Pp 17.

Cervantes, M. 2004. Estudio del efecto del estadio del desarrollo folicular al momento de la monta sobre la ovulación y sobrevivencia embrionaria en alpacas. Tesis Médico Veterinario UNMSM. Lima -Perú

Concha, A; Li, E; Alvarado, A y Falcón, N. 2013. Perfil bioquímico sanguíneo hepático de vicuñas (*Vicugna vicugna*) criadas en cautiverio en Lima. *Rev Inv Vet Perú.*, 24(1):38-45.

De Vries M.J; Veerkamp R.F. 2000. Energy Balance of Dairy Cattle in Relation to Milk Production Variables and Fertility. *J Dairy Sci* 83:62–69

Echevarria, M; Valdivia, R; Del Valle, O; Santhirasegram, K; Campos, L; Arbaiza, T. 1977. Efecto de suplementación de fósforo sobre los niveles séricos y crecimiento de vaquillas en Pucallpa. VI Reunión ALPA, Habana, Cuba.

Echevarria, M; Soikes, R; Beeson, K.C; Kalinowski, J. 1970. Interrelaciones suelo – planta - animal. Composición Química de los forrajes de Junín, *Anales Científicos*. Vol VIII:179.

Edmonson, A. 1987. A Body Condition Scoring Chart for Holstein Dairy Cows. [en línea]. *Journal Dairy in Science*. Vol. 72:68-78. Disponible en: [http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(89\)79081-0/abstract](http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(89)79081-0/abstract)

Elias, E., Bedrak, E; Yagil, R. 1984. Estradiol concentration in the serum of the one humped camel (*Camelus dromedarius*) during the various reproductive stages. *General Comparative Endocrinology*, 56, 258-264.

England, B.; W. Foote; D. Matthews; A. Cardozo; G. Riera. 1969. Ovulation and corpus luteum function in the llama (*Lama glama*). *J. Endocr.* 45: 505-513.

Espinoza, E; Mcdowell, L; Rodriguez, J; Loosli, J; Conrad, J; Martin, F. 1982. Mineral Status of Llamas and Sheep in the Bolivian Altiplano. *Journal of Nutrition*. 112: 2286-2292.

Fernández Baca, S. 1993. Manipulation of reproductive functions in male and female New World camelids. *Animal Reproduction Science*. 33: 307-323.

Fernández-Baca, S. 1991. Origen, evolución y status actual. En: Fernández-Baca, S. (ed.). *Avances y perspectivas del conocimiento de los camélidos sudamericanos*. Oficina Regional de la FAO para América Latina, El Caribe, Santiago, Chile.

Fernández-Baca, S; Sumar, J; Novoa, C. 1972. Actividad reproductiva de la alpaca mantenida en separación del macho. *Memorias ALPA* 7: 7-18.

Fernandez-Baca, S; Hansel, W; Novoa, C. 1970. Embryonic mortality in the alpaca. *Biol Reprod*, 3, 243-251.

Flores S, Li E, Gavidia C, Hoyos L, Barrios-Arpi M. 2016. Determinación del perfil bioquímico sanguíneo hepático y renal en alpacas (*Lama pacos*) aparentemente normales. *Rev Inv Vet Perú* ; 27(1): 196-203

Flores, ER; Oscanoa, L. 1992. Avances en la ecología de la nutrición de ovinos, alpacas y llamas en el ecosistema de puna seca. *Boletín técnico N° 3*, pp 2 – 11. UNALM. Lima – Perú.

Flores, A; Bryant, F. 1989. Manual de pastos y forrajes. Programa colaborativo de Apoyo a la Investigación en Rumiantes menores. Lima - Perú.

García, A; Castejón, F; De La Cruz, L; González, J; Murillo, M; Salido, G.1995. *Fisiología Veterinaria*. 1era Edición. Editorial Mc Graw Hill. Madrid España.

Gigli, I.; Russo, A.; Agüero, A. 2006. Consideraciones sobre la dinámica ovárica en equino, bovino y camélidos sudamericanos. *Rev.In Vet*. 8: 183-204.

Hafez, E .2002. Reproducción e inseminación artificial en animales. Libro 7° edición. Editorial McGraw-Hill Interamericana. Madrid España.

Huanca, W; Cordero, A; Huanca, T. 2015. Relación entre la nutrición y el comportamiento reproductivo en los camélidos sudamericanos. VII Congreso Mundial de camélidos Sudamericanos. Puno – Perú.

Huanca, W., Cordero, A; Huamán, A; Huanca, T. 2012. Effect of feed supplementation on conception rate and embryonic survival in alpacas. *Reprod. Dom. Anim*. Vol. 47. Suppl. 4: 574.

Huanca, W; Cordero, A; Huanca, T; Adams, G. 2007. Biotecnologías reproductivas en camélidos sudamericanos domésticos: avances y perspectivas. XX Reunión ALPA, XXX Reunión APPA-Cusco-Perú Vol. 15 (Supl. 1).

Huanca, W; Cárdenas, O; Olazábal, C; Ratto, M; Adams, G. 2001. Efecto hormonal y empadre sobre el intervalo a la ovulación en llamas. Rev. Inv. Vet. Suplemento 1: 462-463.

Huanca, W. 1997. Nutrición y Reproducción. En: I Symposium Internacional: Avances en reproducción de rumiantes. Memorias. Lima. p.74.

Jeffer, S; Parraguez, V; Urquieta, B; Reyes, M. 1996. Estudio endocrino de la pubertad en alpacas hembras del secano costero de la zona central de Chile. Universidad de Chile. Departamento de Ciencias Biológicas Animales.

Kalinowski, J; Gómez, G; Beeson, KC. 1970. Interrelaciones suelo-planta-nutrición. VII. Comparación química de algunas gramíneas forrajeras del altiplano del departamento de Puno. Anales científicos. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú.

Kiani, A; Alstrup, L; Nielsen, MO. 2015. Differential metabolic and endocrine adaptations in llamas, sheep, and goats fed high- and low-protein grass-based diets. Domestic Animal Endocrinology 53 (2015) 9–16.

Langlands, JP. 1987. Assessing the nutrient status of herbivores. In: The Nutrition of Herbivores (Editors: Hacker and J H Ternouth) Academic Press:London pp363-390

Leyva, V; García, W. 1999. Efecto de la GnRH sobre la fertilización y sobrevivencia embrionaria en alpacas. En: II Congreso Mundial sobre Camélidos Resumen. p. 90. Cusco, Perú.

Leyva, V; Sumar, J. 1981. Evaluación del peso corporal al empadre sobre la capacidad reproductiva de hembras alpacas de un año de edad. IV Conv. Internacional Camélidos Sudamericanos. Punta Arenas, Chile.

Little, DA. 1970. Factors of importance in the phosphorus nutrition of beef cattle in Northern Australia. Aust. J., 46:242-8.

López A; Raggi, L. 1992. Requerimientos nutritivos de camélidos sudamericanos: Llama (*Lama glama*) y Alpacas (*Lama pacos*). Arch Med Vet 24, 121-130.

- Machaca, M; Asencio, J; Mamani, C; Huanca, T; Arroyo, G; Cárdenas, O; Huanca, W. 2015. Efecto de una suplementación alimenticia sobre la actividad ovárica y tasa de concepción en alpacas (*Vicugna pacos*). Resumen de VII Congreso Mundial de Camélidos Sudamericanos, Puno – Perú.
- Marin R, Medina O, Corregidor P. 2016. Valores De Calcio, Fosforo, Magnesio y Proteínas En Suero De Llamas (*Lama Glama*) De La Provincia De Jujuy. Universidad Nacional de Jujuy.
- McDowell, R. L. 2005. Minerales para Rumiantes en Pastoreo en Regiones Tropicales. 4^a ed. Universidad de Florida, Gainesville, Florida, USA. 94 p
- McDowell, R; Conrad, J; Ellis, G; Loosh, J. 1983. Minerals for Grazing Ruminants in Tropical Regions. Department of Animal Science Center for Tropical Agriculture University of Florida, Gainesville and the U. S. Agency for International Development.
- Molina A, Gallego L, Torres A, Vergara H. 1994. Effect of mating season and level of body reserves on fertility and prolificacy of Manchega ewes. *Small Ruminant Res* 14, 209-217.
- More, J; Manchego, A; Sandoval, N; Ramirez, M; Rivera, H. 2011. Detección genómica y expresión de péptidos antimicrobianos (α - y β - defensinas) en mucosa intestinal de crías de alpaca (*Vicugna pacos*). *Rev Inv. Vet. Perú* 22: 324-335. doi: 10.15381/ rivep.v22i4.332.
- Niswender, G.; Juengel J.; Silwa, P.; Rollyson, M.; McIntush, E. 2000. Mechanisms controlling the function and life span of the corpus luteum. *Physiology Rev.* 80: 1–29.
- Norambuena C, Hernández F, Alfaro J, Cárcamo G, Olavarría A, Velasco M. 2018. Relationship between the nutritional state before the breeding period and the reproductive success in alpacas (*Vicugna pacos*) from the Chilean Puna
Austral J Vet Sci 50, 55-57. Short Communication
- Norambuena, MC; Silva, M; Urra, F; Ulloa-Leal, C; Fernández, A; Adams, G; Huanca, W; Ratto, MH. 2013. Effects of nutritional restriction on metabolic, endocrine, and ovarian function in llamas (*Lama glama*). *Animal Reproduction Science* 138: 252– 260.
- Novoa, C. 1992. Reproducción de camélidos. *Rev Cien Vet.* Vol.8 N° 4. Lima – Perú.

Novoa, C; Fernandez Baca, S; Sumar, J; Leyva, V. 1972. Pubertad en la alpaca. Revista de investigaciones pecuarias. Perú 1(1):29-35.

NRC (National Research Council). 2007. Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids.

Olazábal J, San Martín F, Ara M, Franco F. 2009. Crecimiento compensatorio de alpacas: efecto de diferentes niveles de restricción energética. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 20(2), 171-177.

Oscanoa, L; Flores, E.R. 2016. Influencia de técnicas de mejora de suelos sobre la función hídrica de pastos naturales altoandinos. Revista Ecología Aplicada de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Vol. 15, núm. 2 .
DOI: <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v15i2.748>

Oscanoa, L. 1992. Estatus nutricional de proteína, energía, calcio y fosforo de ovinos bajo pastoreo continuo y rotativo en praderas altoandinas. Tesis para optar el grado de Magister Scientiae en nutrición. UNALM. Lima, Perú.

Pacheco, J; Pezo, D; Velez, V; Bravo, W. 2017. Descripción ecográfica del inicio de la actividad ovárica en Alpacas (*Vicugna pacos*). Revista de Investigaciones Altoandinas, 19(2), 195-200. <https://dx.doi.org/10.18271/ria.2017.278>

Paredes G. San Martín F, Olazábal J, Ara M. 2014. Efecto del nivel de fibra detergente neutra sobre el consumo en la alpaca (*Vicugna pacos*) Rev Inv Vet Perú; 25(2): 205-212

Parraguez, V; Cortez, S; Gazitua, F; Ferrando, G; Mc Niven, V; Raggi, L. 1997. Early pregnancy diagnosis in alpaca (*Lama pacos*) and llama (*Lama glama*) by ultrasound. Animal Reproduction Science. 47: 113-1121.

Pugh, D; Elmore, R; Hembree, T. 1985. A review of the relationship between mineral nutrition and reproduction in cattle. Bovine Pract. 20:10.

Quispe, A. 1988. Principales Componentes Bioquímicos de la sangre de Alpaca Huacaya macho Alimentadas con pastos naturales y cultivados. Facultad de Medicina veterinaria y Zootecnia. UNA Puno.

Quispe E, Serrano L, Bartolomé J, Hernandez M, Alvarez L, Contreras J, Ventura C, Paucar R. 2016. Suplementación de fósforo: ¿Afecta el crecimiento de fibra en alpacas?. VII Encuentro Científico Internacional del Norte.

Quispe, C; Flores, E; Ñaupari, J. 2015. Selectividad y composición química de las dietas de alpacas y ovinos bajo pastoreo mixto. Resumen de VII Congreso Mundial de Camélidos Sudamericanos, Puno – Perú.

Raggi, L; Ullrich, T; Castellano, G; Zolezzi, M; Rojas, R; Ferrando, G; Parraguez, V. 1996. Utilización de diferentes métodos de diagnóstico de gestación en un rebaño experimental de alpacas (*Lama pacos*) y llamas (*Lama glama*) en el altiplano de la I Región de Chile. Avances en Ciencias Veterinarias. Vol 11. N°1.

Ramírez, A. 1990. Colibacilosis entérica en crías de Alpacas. En: Avances sobre Investigación en Salud Animal Camélidos Sudamericanos. UNMSM. Bol. Div. N° 23. 64 p.

Ratto, M; Cervantes, M; Norambuena, M.C; Silva, M; Miragaya, M; Huanca, W. 2011. Effect of location and stage of development of dominant follicle on ovulation and embryo survival rate in alpacas. *Animal Reproduction Science*. 127, 100–105.

Rios, R. 1970. Efecto de la suplementación de fósforo en la reproducción y crecimiento de ganado Brahman en Panamá. Tesis para optar el título de Magister Scientiae. Universidad Rural de Brasil, Rio de Janeiro.

Robinson, J; Ashworth, C; Rooke, J. Mitchell, LM; McEvoy, T. 2006. Nutrition and Fertility in Ruminant Livestock. *Anim. Feed Sci. Technol.* 126, 259–276.

Roche, JF. 2006. The effect of nutritional management of the dairy cow on reproductive efficiency. *Animal Reproduction Science* 96:282–96.

Rosales A, Valdivia R, Clavo N. 1980. El calcio y fósforo en la nutrición de los camélidos sudamericanos. Centro de Investigaciones Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura (IVITA). Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Saelzer, P; Hervé, M; Cid, A; Del Canto, S. 1989. Diagnóstico de gestación temprana en ovejas mediante ecografía transrectal. *Avances en Ciencias Veterinarias*. Vol 4. N° 2: 136-145.

Samadia, F; Blacheb, D; Martin, GB; D'Occhio, MJ. 2014. Nutrition, metabolic profiles and puberty in Brahman (*Bos indicus*) beef heifers. *Animal Reproduction Science* 146: 134–142.

San Martín, F. 2015. Adaptación nutricional y metabólica de los Camélidos Sudamericanos. VII Congreso Mundial de Camélidos Sudamericanos. Puno – Perú.

San Martín, F. 1996. Nutrición de camélidos sudamericanos y su relación con la reproducción. *Rev. Argentina de Producción Animal*, 16(4):305-312.

San Martin, F; Malpartida, E; Flores, A. 1995. Manual de forrajes para zonas áridas y semiáridas, universidad de california Davis en convenio con INIA. Pag 241-250.

San Martin, F., Bryant, F.C., 1989. Nutrition of domesticated South American llamas and alpacas. *Small Rumin. Res.* 2, 191–216.

San Martin, F., 1987. Comparative forage selectivity and nutrition of South American camelids and sheep. Ph.D. Dissertation, Texas Tech University, Lubbock, TX.

San Martin, F; Campos, L. 1982. Niveles séricos de calcio y fósforo inorgánico en alpacas. Resúmenes proyectos de investigación. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú. Vol 1-2. p.252

San Martin, M; Copaira, M; Zúñiga, J; Rodríguez, R; Bustinza, G; Acosta, L. 1968. Aspects of reproduction in the alpaca. *J. Reprod. Fert.* 16: 395-399.

Sánchez, V., Chavez, E, Paucar, R, López, J; Cordova, J. 2011. Perfil sanguíneo de la vicuña (*vicugna vicugna*) en condiciones de cautiverio en Huancavelica, Perú. *Arch. Zootec.* 60 (229): 141-143.

Santiani, A; Leyva, V; García, W. 2002. Efecto inhibitorio de la progesterona sobre el desarrollo de la onda folicular en llamas. *Rev Inv Vet Perú*; 13 (2): 10-17.

Schillo, K. 1992. Effects of dietary energy on control of luteinizing hormone secretion in cattle and sheep. *J Anim Sci.* Apr; 70(4):1271-82. DOI:10.2527/1992.7041271x

Shalash, M.R; Nawito, M.F. 1964. Some reproductive aspects in the female camel. Proceedings of 5th Congress of Reproduction and Animal A.I., Toronto, 11, 263-273.

Short, RE; Adams, DC. 1988. Nutritional and hormonal interrelationships in beef cattle reproduction. *Can J Anim Sci* ;68:29–39.

Siguas, O; Olazábal, J. 2008. Perfil Sanguíneo De Vicuñas Del Cides Lachocc Huancavelica *Arch. Zootec. 57 (217): 87-90.*

Smith, R; Chase, L. 1985. Nutrition and Reproduction, Dairy Integrated Reproductive Management. Cornell University.

Soikes, R; Kallnowski, J; Echevarría, M. 1978. Composición química de especies forrajeras nativas de la Sierra central del Perú. *Anales Científicos.16:55.*

Sumar, J. 2000. Llamas an Alpacas. IN: Reproduction in farm Animals. Seventh Edition. E.S.E. Hafez, B. Hafez.

Sumar, J. 1999. Reproduction in female South American domestic camelids. *J. Reprod. Fétil. Suppl. 54: 169-78.*

Sumar, J. 1993. Efectos de los estímulos de inducción en la ovulación de alpacas y llamas. *Rev. Pec. Inv. IVITA (Perú) 6 (1): 17-21.*

Sumar, J. 1991. Fisiología de la reproducción del macho y manejo reproductivo. En: *Avances y perspectivas del conocimiento de los camélidos sudamericanos.* p 111-143. Saúl Fernández-Baca (ed). Santiago de Chile. FAO.

Sumar, J; García, M. 1986. Fisiología de reproducción de la alpaca. Instituto de Investigaciones Tropicales y de Altura (IVITA), Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

Thatcher, W; Drost, M; Savio, J; Macmillan, K; Entwistle, K; Schmitt, E; De la Sota, R; Morris, G. 1993. New clinical uses of GnRH and its analogues in cattle. *Animal Reproduction Science. (33) issues1-4: 27-29*

Tibary, A. 2001. Fertilization, embryo and fetal development in camelids. In: *Proceedings of the Annual Conference of the Society for Theriogenology, Vancouver, BC. Canada. 12-15 September.* pp: 387-396.

Tibary A, Anouassi A; Memon M. 2001. Approach to Diagnosis of Infertility in Camelids: Retrospective Study in Alpaca, Lamas y Camels. Vol 8 No 2, p 167-179. Department of

Veterinary Clinical Sciences, College of Veterinary Medicine, Washington State University, Pullman, WA 99164-6610, U.S.A.

Tibary, A; Anouassi, A y Memon, M. 2001. Approach to infertility diagnosis in camelids: retrospective study in alpacas, llamas and camels. *J Camel Pract Res*; 8:167–79.

Tibary, A. 2004. Infertility in Female Camelid 2: Causes and Treatment. In *Large Animal Proceedings of the North American Veterinary Conference*, pp. 287-289.

Toral C. 2011. Determinación de macro y micro minerales en suero sanguíneo de alpacas, en la comunidad de Guangaje, Cantón Pujilí. Tesis para optar el Título de Médico Veterinario y Zootecnista. Universidad Técnica De Cotopaxi Unidad Académica De Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Ecuador.

Valdivia, V. 2009. Relación entre la condición corporal y edad con la calidad de fibra y longitud de mecha del vellón de alpaca Huacaya. Tesis para optar el título de Médico Veterinario. Facultad de Medicina Veterinaria. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Van Saun, R. 2013. Unique Aspects of Camelid Nutrition. Department of Veterinary & Biomedical Sciences Pennsylvania State University, University Park, Pennsylvania 16802-3500.

Van Saun, R. 2014. Nutritional Requirements: Llama and alpaca Care. Chapter 9. Nutrition.

Van Saun, R. 2008. Effect of nutrition on reproduction in llamas and alpacas. *Theriogenology* 70. 508–514.

Van Saun, R. 2006. Nutrient requirements of South American camelids: A factorial approach. *Small Ruminant Research* 61. 165–186.

Van Saun, R. 1999. Understanding Vitamin and Mineral Supplements for Camelids. Department of Veterinary Science, Penn State University.

Vatankhah M, Talebi MA, Zamani F. 2012. Relationship between ewe body condition score (BCS) at mating and reproductive traits in Lori-Bakhtiari sheep. *Small Ruminant Res* 106, 105-109.

Vaughan, J; Tibary, A. 2006. Reproduction in female South American camelids: a review and clinical observations. *Small Ruminant Research*;61:259–81.

Vitti, D; Da Silva, J; Louvandini, H. 2010. Phosphorus and Calcium Utilization in Ruminants Using Isotope Dilution Technique.

Waldrige, B; Pugh, D. 1997. Managing trace mineral deficiencies in South American camelids, *Vet Med* 92:744-750.

Wang J, Chen CC, Osaki S. 1983. Optimization of the phosphorus-UV reagent. *Clin Chem J* 29: 1255. [Abstract].

Webb, R; Garnsworthy, R; Gong, J; Armstrong, D. 2004: Control of follicular growth: local interactions and nutritional influences. *J Anim Sci*, 82 E-Suppl, E63-74.

Wheeler, JC. 1995. Evolution and present situation of the South American Camelidae. *Biological J of the Linnean Soc.* 54, 271-295.

Yaranga, R. 2009. Alimentación de camélidos sudamericanos y manejo de pastizales. Universidad Nacional del Centro del Perú. Facultad de Zootecnia. Disponible en: <http://www.comunidadcamelidos.org/admin/imagesup/ALIMENTACI%C3%83%E2%80%99CN%20DE%20CAMELIDOS%20Y%20MANEJO%20DE%20PASTIZALES.pdf>

IX. ANEXOS

ANEXO 1: Base de Datos para la Variable Fósforo en dietas de alpacas (Estudio 1)

N°	Concentraciones de Fósforo en dietas de alpacas en cuatro regiones del Perú				Datos Transformados			
	Puno	Cuzco	Junín	Pasco	Puno	Cuzco	Junín	Pasco
1	0.13	0.12	0.1	0.25	1.44	1.45	1.47	1.32
2	0.14	0.14	0.1	0.24	1.43	1.43	1.47	1.33
3	0.13	0.12	0.11	0.24	1.44	1.45	1.46	1.33
4	0.12	0.15	0.13	0.23	1.45	1.42	1.44	1.34
5	0.11	0.11	0.1	0.24	1.46	1.46	1.47	1.33
6	0.12	0.12	0.11	0.23	1.45	1.45	1.46	1.34
7	0.14	0.13	0.1	0.24	1.43	1.44	1.47	1.33
8	0.13	0.12	0.12	0.23	1.44	1.45	1.45	1.34
9	0.11	0.11	0.11	0.25	1.46	1.46	1.46	1.32
10	0.12	0.14	0.1	0.24	1.45	1.43	1.47	1.33
Promedio	0.13	0.13	0.11	0.24				
DS	0.01	0.01	0.01	0.01				

**ANEXO 2: Base de Datos para la Variable Fósforo en suero de alpacas púberes
(Estudio 1)**

Concentraciones de Fósforo en suero de alpacas púberes				
N°	Puno	Cuzco	Junín	Pasco
1	6.11	6.58	7.15	11.57
2	3.98	6.32	4.69	8.42
3	4.55	4.15	5.28	9.66
4	7.08	6.68	6.15	9.68
5	3.15	6.23	5.32	9.28
6	4.08	6.66	4.01	8.92
7	5.26	4.87	4.96	9.48
8	4.07	8.65	5.26	9.59
9	3.98	4.89	4.15	6.07
10	3.49	5.78	5.12	6.40
11	5.11	6.59	4.89	7.38
12	4.81	5.78	5.36	7.16
13	3.49	6.49	6.11	10.14
14	5.04	6.48	4.21	9.60
15	3.77	5.16	5.89	9.70
16	4.8	7.69	4.01	10.80
17	5.49	5.64	5.24	9.15
18	6.48	3.54	4	8.37
19	7.04	8.93	4.64	8.67
20	5.11	4.67	5.21	11.83
21	4.65	5.36	4.69	8.40
22	3.99	7.28	5.87	8.71
23	3.17	5.64	5.21	7.79
24	4.58	8.68	4.19	8.03
25	6.15	6.32	6.48	10.10
26	4.07	5.48	5.87	8.01
27	6.25	7.21	5.21	9.69
28	3.07	8.36	4.67	4.72
29	5.14	5.64	4.89	8.27
30	4.67	7.21	4.01	7.70
31	3.78	5.08	6.11	7.81
32	4.5	6.34	5.09	8.08
33	4	7.17	4.67	8.15
34	6.07	6.58	6.08	6.11
35	4.35	6.24	5.41	7.99
36	4.59	6.48	5.67	8.64
37	5.83	6.79	4.15	6.74
38	4.27	6.58	5.08	6.27
39	6.07	6.08	7.59	7.23
40	4.35	5.64	4.05	7.01
41	4.45	8.27	4.67	4.64
42	3.21	6.19	5.89	9.20
43	5.87	7.59	6.21	7.94
44	6.79	8.34	4.07	11.00
45	4.18	6.47	8.01	9.10
46	6.21	6.58	5.49	8.77
47	4.27	5.64	6.07	5.88
48	5.07	8.26	4.64	5.61
49	5.64	5.36	5.11	6.30
50	4.11	6.44	5.64	7.14
Promedio	4.80	6.42	5.25	8.26
DS	1.06	1.18	0.92	1.63
Error estándar	0.14	0.16	0.12	0.23

**ANEXO 3: Base de Datos para la Variable Condición Corporal de alpacas púberes
(Estudio 1)**

Condición Corporal de alpacas hembras púberes				
N°	Puno	Cuzco	Junín	Pasco
1	3	3.5	3	3.75
2	2.5	3.5	3	3.75
3	2.5	3	2.5	3.5
4	2.25	3.75	2.25	4
5	3	3	3	2.75
6	3.5	2.75	3.5	3.75
7	2.75	2.75	3.75	3.25
8	2.5	3.75	2.5	2.75
9	3.5	2.5	2.5	3.5
10	3	2.5	2.5	3.5
11	3	3	3	3.75
12	2.5	3.5	3.5	3.75
13	2.75	3	3	3.25
14	2.25	2.75	2.5	3.75
15	3.25	2.5	3.5	3.5
16	3	2.5	2.5	3.75
17	3	3.75	2.25	3.5
18	2.5	3.5	3	3.5
19	2.75	2.75	3	3.75
20	2.5	3	2.25	3
21	2.25	3	3.5	3.5
22	3.5	2.75	3.5	3
23	3.5	2.25	3	2.75
24	3.25	3.5	2.5	3
25	2.5	3.5	3.75	3.75
26	2.25	2.75	3.5	3.5
27	2.25	3.75	2.5	3.5
28	2.75	3.5	2.75	2.75
29	2.75	2.5	2.5	2.5
30	3.5	2.5	3	3
31	3	2.5	3	3.75
32	3	3	3	3
33	2.25	3	2.5	3.5
34	2.275	2.5	2.75	2.5
35	3.5	3.75	2.75	3.75
36	3.25	3.5	3.75	2.75
37	3.25	3.75	2.25	3
38	2.75	3	2.5	3.5
39	3	3	2.5	3.5
40	3	3.5	2.5	3
41	2.5	2.75	3	3.5
42	2.25	2.25	2.75	3.75
43	2.75	3.5	2.25	3.75
44	3.5	2.25	2.25	3.5
45	3.5	3.75	2.75	3.75
46	3	3.75	3.5	3.5
47	2.5	3.75	3.75	3.5
48	2.5	3.5	3.5	3.75
49	2.25	3.75	3	3.75
50	2.75	3	3	3.5
Promedio	2.83	3.1	2.90	3.40
DS	0.42	0.49	0.47	0.39
Error estándar	0.05	0.05	0.06	0.05

**ANEXO 4: Base de Datos para la Variable peso vivo inicial a la mitad y al final del
Estudio 2**

N°	PESOS INICIALES			MITAD DEL ESTUDIO			PESOS FINALES		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
1	24.36	24.65	26.84	30.87	32.89	33.4	35.67	36.08	37.07
2	25.17	25.67	24.68	29.36	32.68	32.98	33.1	36.12	36.18
3	26.35	23.89	26.34	31.54	31.59	34.75	35.58	35.89	38.09
4	25.24	26.97	26.38	30.58	33.67	33.56	33.26	38.07	37.85
5	29.35	23.54	23.54	34.57	30.79	30.45	37.84	35.66	33.99
6	24.63	23.98	25.78	30.96	30.47	32.89	34.15	35.47	36.24
7	22.71	24.87	24.99	27.73	31.27	32.56	32.47	36.46	36.48
8	24	24.86	26.87	29.96	31.76	33.79	33.26	35.14	38.07
9	25.34	24.36	24.57	30.65	32.38	32.79	35.48	36.43	36.13
10	24.56	26.47	25.37	29.35	33.15	33.25	34.07	37.17	38.17
11	25.64	25.31	25.78	31.14	32.47	34	35.18	37.1	39
12	23.5	25.64	24.19	28.89	32.59	32.47	33.43	37.31	35.94
13	25.94	25.76	22.34	30.07	32.54	33.78	34.5	36.94	38.02
14	25.48	25.16	25.67	30.58	32.73	33.51	35.08	38.49	37.12
15	24.87	25.91	26.08	29.67	33.49	34.58	34.09	38.59	39.15
16	26.35	25.93	25.89	32.54	33.94	33.98	36.18	37.86	37.56
Promedio	25.22	25.19	25.33	30.53	32.40	33.30	34.58	36.80	37.19
DS	1.48	0.96	1.23	1.56	1.00	1.01	1.39	1.07	1.32

ANEXO 5: Base de Datos para la Variable Condición Corporal inicial a la mitad y al final del Estudio 2

N°	CC INICIAL			CC MITAD DEL ESTUDIO			CC FINAL		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
1	3	2.25	3	3	3.5	3.5	3	3.5	3.5
2	3.25	3	3.25	2.25	3	3	3	3.5	3.5
3	2.25	3.5	2.25	3.5	3	3.75	3.5	3	3.75
4	3.75	3	2.5	3	3	3	2.75	3.5	3.75
5	2.5	3.5	3	3.5	3	3.5	3.25	3.5	3.5
6	2.25	2.75	2.75	3	3.25	2.75	3	3.25	3.5
7	3	2.5	3.5	3	2.75	3.5	3	3	3.5
8	3	3	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
9	2.25	2.25	2.25	2.25	2.75	3.25	2.25	2.75	3.25
10	2.75	3.25	3.5	2.75	2.75	3.25	2.75	3	3.5
11	3	3.5	3	3	3	3.5	3	3	3.5
12	3.25	3.5	3.75	3.5	2.25	3.75	3.5	2.75	3.75
13	3	2.25	3.5	2.25	3.5	2.75	2.25	3.5	3
14	3.5	2.75	2.5	3	3.5	3.5	3	3.5	3.5
15	3	2.25	3	2.25	3	3.75	2.25	3.5	3.75
16	3.5	3	3	3	2.75	3.5	3	3.25	3.5
Promedio	2.95	2.89	3.02	2.92	3.03	3.36	2.94	3.25	3.52
DS	0.46	0.48	0.47	0.46	0.35	0.33	0.41	0.29	0.19

ANEXO 6: Base de Datos para la Variable Fósforo en suero al inicio a la mitad y al final del Estudio 2

N°	Fósforo inicial			Fósforo mitad del estudio			Fósforo Final		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
1	7.04	5.58	7.59	7.35	6.46	9.68	5.12	11.89	11.96
2	6.5	7.36	7.02	7.89	7.68	10.25	4.56	11.58	12.35
3	7.12	6.34	7.65	7.03	9.63	11.35	4.78	10.37	11.34
4	5.55	5.07	5.26	6.86	7.85	9.68	5.35	10.77	10.87
5	6.45	7.89	4.62	6.32	8.23	9.89	5.37	12.89	10.65
6	5.87	5.86	5.63	7.35	8.56	10.79	4.37	10.88	11.37
7	5.15	6.79	4.27	6.25	8.14	9.89	6.35	10.46	11.96
8	6.34	5.17	5.36	6.59	6.32	10.37	5.13	10.46	10.78
9	7.08	8.07	6.24	7.91	7.35	11.57	4.78	9.89	11.78
10	9.36	7.68	5.55	8.36	8.64	9.83	5.2	10.46	10.56
11	5.37	6.49	7.89	7.29	8.25	10.73	4.35	10.62	11.34
12	6.47	6.14	6.35	7.03	7.52	11.34	6.35	11.56	10.64
13	5.43	5.56	8.05	6.35	8.98	9.87	4.07	11.23	12.15
14	6.23	7.45	6.35	6.44	9.67	10.78	4.58	11.34	11.96
15	5.89	6.58	5.35	7.13	7.79	9.68	4.37	10.79	11.54
16	7.25	7.23	5.01	7.99	8.03	11.47	5.61	11.89	11.87
Promedio	6.44	6.58	6.14	7.13	8.07	10.45	5.02	11.07	11.45
DS	1.02	0.97	1.20	0.66	0.94	0.70	0.68	0.76	0.59

ANEXO 7: Base de Datos para la Variable Consumo a la mitad y al final del Estudio

2

N°	Consumo mitad del estudio						Consumo final del estudio					
	T1		T2		T3		T1		T2		T3	
	kg/d MS	% PV	kg/d MS	% PV	kg/d MS	% PV	kg/d MS	% PV	kg/d MS	% PV	kg/d MS	% PV
1	0.389	1.35	0.632	1.57	0.689	1.89	0.649	1.98	0.865	1.95	0.963	2.56
2	0.478	1.59	0.548	1.96	0.573	1.96	0.753	2.15	0.789	2.31	0.888	2.37
3	0.357	1.44	0.563	1.47	0.865	2.08	0.621	2.11	0.802	2.24	1.16	2.56
4	0.506	1.65	0.657	1.85	0.854	1.99	0.788	2.01	0.914	2.29	1.17	2.43
5	0.357	1.4	0.635	1.56	0.672	1.87	0.598	1.99	0.857	2.34	0.937	2.73
6	0.438	1.52	0.489	1.78	0.612	1.94	0.689	1.96	0.768	2.15	0.893	2.72
7	0.457	1.63	0.547	1.48	0.649	1.89	0.701	2.21	0.766	2.16	0.847	2.65
8	0.567	1.44	0.523	1.57	0.621	1.76	0.698	1.96	0.796	2.13	0.831	2.37
9	0.354	1.48	0.493	1.54	0.578	2.17	0.624	1.98	0.735	2.09	0.863	2.68
10	0.481	1.57	0.547	1.87	0.756	1.88	0.691	2.08	0.891	2.35	1.19	2.51
11	0.496	1.5	0.654	1.87	0.621	1.71	0.658	1.92	0.987	2.37	0.973	2.74
12	0.504	1.62	0.258	1.66	0.549	2.21	0.825	2.15	0.657	2.14	0.899	2.66
13	0.506	1.47	0.649	1.93	0.647	1.97	0.843	2.13	0.856	2.37	0.957	2.71
14	0.426	1.66	0.541	1.87	0.609	2.09	0.791	2.24	0.867	2.28	0.987	2.66
15	0.376	1.44	0.537	1.72	0.634	1.93	0.687	1.94	0.825	2.31	0.937	2.63
16	0.435	1.58	0.653	1.87	0.54	2.1	0.756	2.25	0.807	2.41	0.876	2.56
Promedio	0.45	1.52	0.56	1.72	0.65	1.97	0.71	2.07	0.82	2.24	0.96	2.60
DS	0.06	0.10	0.10	0.17	0.10	0.14	0.07	0.11	0.08	0.13	0.11	0.12

**ANEXO 8: Base de Datos para la Variable Diámetro del Folículo Pre Ovulatorio
(Estudio 2)**

N°	Diámetro del folículo pre Ovulatorio		
	T1	T2	T3
1	7.03	8.36	7.82
2	7.02	7.35	8.06
3	5.97	7.25	6.77
4	5.64	6.94	7.19
5	7.64	5.81	7.24
6	5.38	7.68	7.84
7	6.41	8.17	7.56
8	6.58	6.35	6.31
9	6.78	6.27	8.21
10	6.88	7	6.14
11	No pubertad	8.27	7.06
12	No pubertad	7.54	7
13	No pubertad	7.53	6.24
14	No pubertad	No pubertad	6.53
15	No pubertad	No pubertad	6.45
16	No pubertad	No pubertad	No pubertad
Promedio	6.53	7.27	7.09
DS	0.70	0.79	0.69
Error estándar	0.21	0.21	0.17

**ANEXO 9: Base de Datos para la Variable Concentraciones de Progesterona en
plasma día 9 y 13 post empadre (Estudio 2)**

N°	Concentraciones de progesterona en plasma a los 9 y 13 días post empadre					
	T1		T2		T3	
	Día + 9	Día + 13	Día + 9	Día + 13	Día + 9	Día + 13
1	4.6	4.63	5.32	5.17	5.58	5.87
2	3.21	3.29	4.25	4.86	5.13	5.69
3	4.15	4.18	3.28	3.58	4.77	5.07
4	3.56	3.91	4.59	4.06	5.36	5.31
5	4.58	4.31	5.37	4.58	5.26	5.78
6	5.03	5.06	4.67	4.65	4.95	5.13
7	4.11	4.13	5.64	4.53	5.37	5.13
8	No Cuerpo lúteo	No Cuerpo lúteo	4.35	4.28	5.96	5.67
9	No Cuerpo lúteo	No Cuerpo lúteo	4.89	4.63	5.32	5.89
10	No Cuerpo lúteo	No Cuerpo lúteo	5.19	5.17	4.12	4.46
11	No Cuerpo lúteo	No Cuerpo lúteo	4.58	3.25	5.32	5.07
12	No Cuerpo lúteo	No Cuerpo lúteo	No Cuerpo lúteo	No Cuerpo lúteo	4.78	4.99
13	No Cuerpo lúteo	No Cuerpo lúteo	No Cuerpo lúteo	No Cuerpo lúteo	5.79	5.37
14	No Cuerpo lúteo	No Cuerpo lúteo	No Cuerpo lúteo	No Cuerpo lúteo	No Cuerpo lúteo	No Cuerpo lúteo
15	No Cuerpo lúteo	No Cuerpo lúteo	No Cuerpo lúteo	No Cuerpo lúteo	No Cuerpo lúteo	No Cuerpo lúteo
16	No Cuerpo lúteo	No Cuerpo lúteo	No Cuerpo lúteo	No Cuerpo lúteo	No Cuerpo lúteo	No Cuerpo lúteo
Promedio	4.18	4.22	4.74	4.43	5.21	5.34
DS	0.63	0.56	0.66	0.61	0.48	0.42
Error Std	0.23	0.21	0.19	0.18	0.13	0.11

ANEXO 10: Análisis de varianza y prueba de DLS para la variable concentraciones de fósforo en la dieta (Estudio 1)

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fc	Pr > F
Model	3	0.1088500	0.0362833	315.51	<.0001
Error	36	0.0041400	0.0001150		
Corrected Total	39	0.1129900			

Sig.	Promedio	N	Trat
A	1.46	10	Junín
B	1.44	10	Puno
B	1.44	10	Cuzco
C	1.33	10	Pasco

ANEXO 11: Análisis de varianza y prueba de DLS para la variable fósforo en suero sanguíneo (Estudio 1)

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fc	Pr > F
Model	3	356.7359740	118.9119913	78.96	<.0001
Error	196	295.1776480	1.5060084		
Corrected Total	199	651.9136220			

Sig.	Promedio	N	Trat
A	8.25	50	Pasco
B	6.42	50	Cuzco
C	5.24	50	Junín
C	4.80	50	Puno

ANEXO 12: Análisis de varianza y prueba de DLS para la variable condición corporal en alpacas hembras púberes (Estudio 1)

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fc	Pr > F
Model	3	9.79450937	3.26483646	16.50	<.0001
Error	196	38.77561250	0.19783476		
Corrected Total	199	48.57012188			

Sig.	Promedio	N	Trat
A	3.39	50	Pasco
B	3.10	50	Cuzco
C	2.89	50	Junín
C	2.82	50	Puno

ANEXO 13: Análisis de varianza y prueba de DLS para la variable pesos vivos iniciales en alpacas hembras post destete (Estudio 2)

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fc	Pr > F
Model	2	0.18871667	0.09435833	0.06	0.9406
Error	45	69.22908125	1.53842403		
Corrected Total	47	69.41779792			

Sig.	Promedio	N	Trat
A	25.33	16	T3
A	25.21	16	T1
A	25.18	16	T2

ANEXO 14: Análisis de varianza y prueba de DLS para la variable pesos vivos a la mitad del estudio en alpacas hembras post destete (Estudio 2)

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fc	Pr > F
Model	2	63.8139542	31.9069771	21.53	<.0001
Error	45	66.7012438	1.4822499		
Corrected Total	47	130.5151979			

Sig.	Promedio	N	Trat
A	33.29	16	T3
B	32.40	16	T2
C	30.52	16	T1

ANEXO 15: Análisis de varianza y prueba de DLS para la variable pesos vivos al final del estudio en alpacas hembras post destete (Estudio 2)

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fc	Pr > F
Model	2	63.2498000	31.6249000	19.65	<.0001
Error	45	72.4215250	1.6093672		
Corrected Total	47	135.6713250			

Sig.	Promedio	N	Trat
A	37.19	16	T3
A	36.79	16	T2
B	34.58	16	T1

ANEXO 16: Análisis de varianza y prueba de DLS para la variable condición corporal al inicio del estudio en alpacas hembras post destete (Estudio 2)

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fc	Pr > F
Model	2	0.12500000	0.06250000	0.28	0.7553
Error	45	9.95703125	0.22126736		
Corrected Total	47	10.08203125			

Sig.	Promedio	N	Trat
A	3.01	16	T3
A	2.95	16	T1
A	2.89	16	T2

ANEXO 17: Análisis de varianza y prueba de DLS para la variable condición corporal a la mitad del estudio en alpacas hembras post destete (Estudio 2)

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fc	Pr > F
Model	2	1.65885417	0.82942708	5.57	0.0069
Error	45	6.69531250	0.14878472		
Corrected Total	47	8.35416667			

Sig.	Promedio	N	Trat
A	3.35	16	T3
B	3.03	16	T2
B	2.92	16	T1

ANEXO 18: Análisis de varianza y prueba de DLS para la variable condición corporal al final del estudio en alpacas hembras post destete (Estudio 2)

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fc	Pr > F
Model	2	2.67968750	1.33984375	13.79	<.0001
Error	45	4.37109375	0.09713542		
Corrected Total	47	7.05078125			

Sig.	Promedio	N	Trat
A	3.51	16	T3
B	3.25	16	T2
C	2.93	16	T1

ANEXO 19: Análisis de varianza y prueba de DLS para la variable fósforo en suero sanguíneo al inicio del estudio en alpacas hembras post destete (Estudio 2)

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fc	Pr > F
Model	2	1.64080417	0.82040208	0.72	0.4934
Error	45	51.45089375	1.14335319		
Corrected Total	47	53.09169792			

Sig.	Promedio	N	Trat
A	6.57	16	T2
A	6.44	16	T1
A	6.13	16	T3

ANEXO 20: Análisis de varianza y prueba de DLS para la variable fósforo en suero sanguíneo a la mitad del estudio en alpacas hembras post destete (Estudio 2)

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fc	Pr > F
Model	2	93.4439042	46.7219521	77.76	<.0001
Error	45	27.0385938	0.6008576		
Corrected Total	47	120.4824979			

Sig.	Promedio	N	Trat
A	10.44	16	T3
B	8.06	16	T2
C	7.13	16	T1

ANEXO 21: Análisis de varianza y prueba de DLS para la variable fósforo en suero sanguíneo al final del estudio en alpacas hembras post destete (Estudio 2)

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fc	Pr > F
Model	2	415.8091167	207.9045583	449.20	<.0001
Error	45	20.8274750	0.4628328		
Corrected Total	47	436.6365917			

Sig.	Promedio	N	Trat
A	11.44	16	T3
A	11.06	16	T2
B	5.02	16	T1

ANEXO 22 Análisis de varianza y prueba de DLS para la variable consumo a la mitad del estudio en alpacas hembras post destete (Estudio 2)

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fc	Pr > F
Model	2	0.34971279	0.17485640	22.39	<.0001
Error	45	0.35141713	0.00780927		
Corrected Total	47	0.70112992			

Sig.	Promedio	N	Trat
A	0.65	16	T3
B	0.55	16	T2
C	0.44	16	T1

ANEXO 23: Análisis de varianza y prueba de DLS para la variable consumo al final del estudio en alpacas hembras post destete (Estudio 2)

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fc	Pr > F
Model	2	0.50124629	0.25062315	30.36	<.0001
Error	45	0.37148619	0.00825525		
Corrected Total	47	0.87273248			

Sig.	Promedio	N	Trat
A	0.96	16	T3
B	0.82	16	T2
C	0.71	16	T1

ANEXO 24: Análisis de varianza y prueba de DLS para la variable diámetro folicular en alpacas hembras post destete (Estudio 2)

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fc	Pr > F
Model	2	3.26650594	1.63325297	3.10	0.0576
Error	35	18.43727564	0.52677930		
Corrected Total	37	21.70378158			

Sig.	Promedio	N	Trat
A	7.27	13	T2
AB	7.09	15	T3
B	6.53	10	T1

ANEXO 25: Análisis de varianza y prueba de DLS para la variable Concentraciones de progesterona (día 9) en alpacas hembras post destete (Estudio 2)

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fc	Pr > F
Model	2	4.92286797	2.46143399	7.27	0.0029
Error	28	9.48620300	0.33879296		
Corrected Total	30	14.40907097			

Sig.	Promedio	N	Trat
A	5.20	13	T3
A	4.73	11	T2
B	4.17	7	T1

ANEXO 26: Análisis de varianza y prueba de DLS para la variable Concentraciones de progesterona (día 13) en alpacas hembras post destete (Estudio 2)

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fc	Pr > F
Model	2	7.63608582	3.81804291	13.94	<.0001
Error	28	7.66868192	0.27388150		
Corrected Total	30	15.30476774			

Sig.	Promedio	N	Trat
A	5.34	13	T3
B	4.43	11	T2
B	4.21	7	T1

ANEXO 27: Evidencia Fotográfica del estudio



Animales en Jaulas Individuales



Animales consumiendo dietas experimentales



Toma de peso de animales



Toma de muestra sanguínea



Evaluación ecográfica de animales



Exposición del macho ante la hembra para detección de receptividad



Empadre controlado de hembras púberes



Empadre controlado de hembras púberes