

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



**“EFICIENCIA REPRODUCTIVA DE ALPACAS MACHOS EN RELACIÓN AL  
TAMAÑO TESTICULAR Y NIVELES HORMONALES DURANTE ÉPOCA  
REPRODUCTIVA EN PUNA SECA”**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. LUIS MIGUEL INCAHUANACO CHOQUE**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA**

**PUNO – PERÚ**

**2018**

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

TESIS

“EFICIENCIA REPRODUCTIVA DE ALPACAS MACHOS EN RELACIÓN AL  
TAMAÑO TESTICULAR Y NIVELES HORMONALES DURANTE ÉPOCA  
REPRODUCTIVA EN PUNA SECA”

PRESENTADA POR:

Bach. LUIS MIGUEL INCAHUANACO CHOQUE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA



APROBADA POR:

PRESIDENTE:

  
Dr. FELIPE AMACHI FERNANDEZ

PRIMER MIEMBRO:

  
M.Sc. JESUS ESTEBAN QUISPE COAQUIRA

SEGUNDO MIEMBRO:

  
M.Sc. ALBERTO SOTO QUISPE

DIRECTOR / ASESOR:

  
Dr. JULIO MALAGA APAZA

ASESOR DE TESIS:

  
Dr. TEODOSIO HUANCA MAMANI

Área : Reproducción animal

Tema : Eficiencia reproductiva de alpacas machos

Fecha de Sustentación: 26/12/18

## DEDICATORIA

*A la memoria de mi madre Doña Bonifacia Choquechambi Mamani, Quien han sido el ejemplo constante de esmero, superación y progreso.*

*A mi querido abuelo, con mucho cariño, Doroteo Choquechambi Pandía, Por ser pilar fundamental en mi vida. Quien a lo largo de mi vida ha velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento, en las buenas y en las malas, en los momentos tristes y alegres siempre en mi lado, para brindarme ese amor incondicional y por hoy todo lo bueno que tengo se lo debo a él.*

*A mis hermanas, Blanca Beatriz y Mónica Incahuanaco Choque. Gracias por su paciencia, gracias por preocuparse por su hermano menor, gracias por compartir sus vidas, pero sobre todo gracias por estar en todo momento importante en mi vida.*

*A mis queridos Sobrinos: Rubi Miriam, Rodrigo manuel, luis edison, lesly y paola a la alegría y apoyo demostrado.*

*A todos mis amigos: en especial a: Ronal Quispe, Blas Huacasi, Julio C. Quispe Mario Quispe, Sheyla Gonsales, Yobana Ticona y Patricia Aratia a todos mis compañeros en general que fueron mi apoyo moral mi fuerza mi aliento en todo momento de mi Carrera Universitaria, que con sus alegrías y nostalgias compartidas y recuerdos gratos que fueron hoy parte importante de mi vida a todas aquellas mil gracias.*

*Al nuestro Dios Jesucristo a quien le tengo mucha fé por haberme dado la vida, salud y seguir adelante.*

### **AGRADECIMIENTO**

- *A la Universidad Nacional del Altiplano Puno, en especial a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, por haber tenido la maravillosa oportunidad de estudiar y aprender en sus aulas donde pasaron las experiencias más agradables y extraordinarios.*
- *Dr. Julio Málaga Apaza, por el asesoramiento y la exigencia durante la ejecución de la presente investigación.*
- *Dr. Teodosio Huanca Mamani, por brindarme la oportunidad de realizar un trabajo de investigación y su apoyo, sugerencias y críticas para la culminación de este proyecto. Con mi más sincero reconocimiento por su acertado conocimiento y ejecución del presente trabajo de investigación.*
- *Dr. Armando Nina Zuñiga por los consejos y apoyo técnico en toda la ejecución de la presente investigación.*
- *Al Centro de Investigación "CIP. Quinsachata" por darme la oportunidad de realizar el presente trabajo de investigación.*
- *A mi querida familia por todo su aliento y apoyo brindado en cada momento.*
- *Mis amistades y compañeros: Angelina Puma, Yúnior Copa, Yasmendi Cutipa Odalíz Suni, Nury Luz Castillon, Felimon, Raul Paco, Edgar Colque, Rosi por los momentos inolvidables durante mi formación profesional.*

## ÍNDICE GENERAL

INDICE DE FIGURAS .....	I
ÍNDICE DE TABLAS .....	II
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS.....	III
RESUMEN.....	IV
ABSTRACT.....	V
I. INTRODUCCIÓN.....	6
1.1. Objetivo de la investigación .....	7
1.1.1. Objetivo general .....	7
1.1.2. Objetivos específicos .....	7
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	8
2.1. Niveles de testosterona y tamaño testicular .....	8
2.1.1. Testosterona .....	8
2.1.2. Factores que influyen en la producción de testosterona .....	10
2.1.3. Testosterona en los camélidos sudamericanos.....	10
2.1.4. Testículo de alpacas.....	14
2.1.5. Biometría testicular.....	16
2.1.6. Fisiología reproductiva de alpaca macho .....	20
2.1.7. Capacidad reproductiva.....	22
2.2. Fertilidad en alpacas .....	25
2.2.1. Fertilidad.....	25
2.2.2. Fertilidad en camélidos.....	25
2.2.3. Comportamiento de apareamiento de la hembra .....	26
2.2.4. Empadre controlado .....	27
2.2.5. Gestación .....	28
2.2.6. Diagnóstico de gestación en camélidos .....	29
2.3. Radioinmunoanálisis .....	30
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	32
3.1. Lugar de estudio.....	32
3.2. Animales en estudio .....	32
3.3. Materiales y equipos.....	33
3.3.1. Materiales de escritorio .....	33
3.3.2. Equipos e instrumentos.....	33
3.3.3. Materiales para la obtención de muestras:.....	34

3.3.4. Instalaciones .....	34
3.4. Metodología .....	34
3.4.1. La determinación de los niveles de testosterona .....	34
3.4.2. Tamaño testicular .....	37
3.4.3. La determinación de la edad de los animales .....	37
3.4.4. Fertilidad y empadre .....	37
3.5. Análisis estadístico .....	39
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	42
4.1. Relación entre los niveles de testosterona y tamaño testicular en alpacas machos según edad .....	42
4.1.1. Relación del Tamaño testicular y efecto de la edad .....	42
4.1.2. Niveles de testosterona según edad y momento de copula .....	44
4.1.3. Niveles de testosterona según tamaño testicular y momento de copula .....	47
4.2. Fertilidad en alpacas hembras por efecto de frecuencia de cópulas de machos reproductores .....	49
V. CONCLUSIONES .....	52
VI. RECOMENDACIONES .....	53
VII. REFERENCIAS .....	54
ANEXOS .....	63

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Tamaño testicular (LxA cm) de alpacas reproductores según edad .	42
<b>Figura 2:</b> Niveles de testosterona de alpacas reproductores según edad y momentos de cópula (antes y después) .....	45
<b>Figura 3:</b> Niveles de testosterona de alpacas reproductores según tamaño testicular antes y después de la cópula. ....	48

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Niveles de testosterona circulante (pg/mL) en alpaca y llama macho en diversas estaciones del año. ....	11
<b>Tabla 2.</b> Presencia de espermatozoides, niveles de testosterona y tamaño testicular en alpacas. ....	12
<b>Tabla 3.</b> Concentración de testosterona plasmática en 150 llamas, 320 alpacas y 32 vicuñas, de acuerdo a la edad, tamaño testicular y peso testicular. ....	13
<b>Tabla 4.</b> Concentración de testosterona plasmática en llamas, alpacas y vicuñas en el hemisferio norte, durante diferentes estaciones del año. ....	13
<b>Tabla 5.</b> Niveles de testosterona y tamaño testicular en alpacas. ....	14
<b>Tabla 6.</b> Concentración de testosterona plasmática de acuerdo a la edad, tamaño testicular y peso testicular. ....	14
<b>Tabla 7.</b> Medidas de largo, ancho y perímetro testicular de alpacas por edad .....	16
<b>Tabla 8.</b> Largo y ancho testicular (cm.) de alpacas por edad, procedencia y raza .....	17
<b>Tabla 9.</b> Medida testicular según edad en alpacas .....	18
<b>Tabla 10.</b> Dimensión del testículo de alpaca. ....	18
<b>Tabla 11.</b> Distribución de alpacas machos en estudio .....	32
<b>Tabla 12.</b> Distribución de alpacas hembras según número de copula .....	33
<b>Tabla 13.</b> Tamaño testicular (cm) de alpacas reproductores según edad. ....	42
<b>Tabla 14.</b> Niveles de testosterona (ng/dL) de alpacas reproductores según edad y momentos de cópula (antes y después) .....	44
<b>Tabla 15.</b> Niveles de testosterona de alpacas reproductores según tamaño testicular de antes y después de la cópula .....	47
<b>Tabla 16.</b> Fertilidad de alpacas hembras según frecuencia de cópulas diagnosticadas con ecógrafo .....	50



## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

**ng:** Nano gramos

**uL:** migro litro

**dL:** Decilitro

**cm:** Centímetro

**ml:** mili litro

**Rpm:** revoluciones por minuto

**msnm:** Metros Sobre el Nivel del Mar

**pg:** Pico gramos

**g:** gramos

**FSH:** Hormona folículo estimulante

**CS:** Camélidos sudamericanos

**FSH:** Hormona folículo estimulante

**LH:** Hormonas luteizante

**C\*H:** Comportamiento sexual de la hembra

**P4:** Progesterona

**Z2:** nivel de confianza 95 %

**n:** tamaño de la muestra

**N:** tamaño de la población

**T4:** testosterona

## RESUMEN

La investigación fue realizada en el CIP Quimsachata INIA – Puno, con el objetivo de determinar la relación entre los niveles de testosterona y tamaño testicular de alpacas machos según edad; y evaluar la fertilidad en alpacas hembras por efecto del número de cópulas del macho; se utilizaron doce alpacas machos, de estos se muestrearon sangre y se analizaron mediante la prueba RIA en el laboratorio de Reproducción Animal de la Universidad Cayetano Heredia - Lima. El tamaño testicular se midió con regla Vernier, los reproductores machos aparearon a diez hembras como promedio en la campaña de empadre, mediante el método de empadre controlado para medir la fertilidad. El diagnóstico de fertilidad fue confirmado mediante Ecógrafo a los 41 días, los datos niveles de testosterona y de fertilidad se analizaron mediante el DCA y la prueba de Ji cuadrado, respectivamente. Los resultados del tamaño testicular de alpacas de 5 a 6 años fueron de  $3.35 \pm 0.31$  cm, los mayores a 7 años  $3.07 \pm 0.69$  cm, los de 3 a 4 años  $2.47 \pm 0.08$  cm ( $P \leq 0.05$ ). Los niveles de testosterona en machos de 5 a 6 años antes la de cópula tuvieron  $140.90 \pm 57.10$  ng/dL y fue similar a alpacas mayores a 7 años  $141.894 \pm 41.18$  ng/dL y los de 3 a 4 años mostraron menor concentración  $83.85 \pm 29.38$  ng/dL ( $P \leq 0.05$ ); después de la cópula los machos de 5 a 6 años mostraron  $134.72 \pm 20.84$  ng/dL; los mayores a 7 años  $132.87 \pm 31.38$  ng, y los machos de 3 a 4 años mostraron de  $122.00 \pm 27.71$  ng/dL ( $P \leq 0.05$ ). Antes de la Cópula, los machos con testículos menores a 2.5 cm mostraron  $103.38 \pm 42.86$  ng/dL, los machos con 2.5 a 3.5 cm  $107.99 \pm 57.10$  ng y los machos que poseen mayores a 3.5 cm mostraron  $105.68 \pm 42.96$  ng/dL ( $P \geq 0.05$ ); después de la cópula, los machos con testículos menores a 2.5 cm produjeron  $148.825 \pm 42.02$  ng/dL; machos con 2.5 a 3.5 cm produjeron  $147.74 \pm 20.84$  ng/dL y los machos con mayores a 3.5 cm mostraron elevadas concentraciones  $215.21 \pm 63.16$  ng7dL( $P \leq 0.05$ ). La fertilidad en hembras servidas por una sola cópula al día fue de 40 %, los que se aparearon dos veces alcanzaron 55 %; las que se aparearon 3 veces 50 % de fertilidad ( $P \leq 0.05$ ).

**Palabras claves:** fertilidad, testosterona, empadre, ecografía.

## ABSTRACT

The research was conducted at the CIP Quimsachata INIA - Puno, with the objective of determining the relationship between testosterone levels and testicular size of male alpacas according to age; and to evaluate the fertility in female alpacas due to the number of male copulations; Twelve male alpacas were used, from these were sampled blood and analyzed by the RIA test in the Animal Reproduction Laboratory of the Cayetano Heredia University - Lima. The testicular size was measured with the Vernier rule, the male reproducers mated to ten females on average in the breeding season, using the controlled breeding method to measure fertility. The diagnosis of fertility was confirmed by means of an Echograph at 41 days, the data on testosterone levels and fertility were analyzed by the DCA and the Chi-square test, respectively. The results of the testicular size of alpacas from 5 to 6 years were  $3.35 \pm 0.31$  cm, those greater than 7 years  $3.07 \pm 0.69$  cm, those from 3 to 4 years  $2.47 \pm 0.08$  cm ( $P \leq 0.05$ ). Testosterone levels in males 5 to 6 years before copulation had  $140.90 \pm 57.10$  ng / dL and was similar to alpacas greater than 7 years  $141.89 \pm 41.18$  ng / dL and those from 3 to 4 years showed a lower concentration  $83.86 \pm 29.38$  ng / dL ( $P \leq 0.05$ ); after copulation, males aged 5 to 6 years showed  $134.72 \pm 20.84$  ng / dL; those older than 7 years  $132,87 \pm 31.38$  ng, and males 3 to 4 years old showed  $122,00 \pm 27.71$  ng / dL ( $P \leq 0.05$ ). Before the Copulation, males with testes less than 2.5 cm showed  $103.36 \pm 42.86$  ng / dL, males with 2.5 to 3.5 cm  $107.99 \pm 57.10$  ng/dL and males with greater than 3.5 cm showed  $105.68 \pm 42.96$  ng ( $P \geq 0.05$  ); after intercourse, males with testes smaller than 2.5 cm produced  $148,83 \pm 42.02$  ng / dL; males with 2.5 to 3.5 cm produced  $147.74 \pm 20.84$  ng/dL and males with greater than 3.5 cm showed high concentrations  $215.21 \pm 63.16$  ng/dL ( $P \leq 0.05$ ). Fertility in females served by a single copulation a day was 40 %, those that mated twice reached 55 %; those that were mated 3 times 50 % fertility ( $P \leq 0.05$ ).

**Keywords:** fertility, testosterone, breeding, ultrasound.

## I. INTRODUCCIÓN

El macho reproductor cumple una función importante en el proceso reproductivo, consiguientemente en la mejora genética, por lo tanto, depende de una adecuada selección, manejo, salud y alimentación, para el éxito de su crianza; sin embargo, aún existen limitantes en el conocimiento científico relacionados a la evaluación de características seminales, tamaño testicular y hormonal, (Huanca, W. 1998); ya que, no solamente la eficiencia reproductiva, se basa sobre el comportamiento reproductivo de la hembra, considerando el índice de fertilidad, natalidad, preñez, etc. sino también, a estos indicadores tienen una gran influencia la fertilidad del macho, existen factores adversos que limitan el desarrollo de la producción y productividad de la alpaca, es la que refleja los bajos índices de natalidad que oscila entre 55-60%; donde el macho juega un papel importante en el proceso reproductivo y mejoramiento genético, ya que de su correcta selección y de un buen manejo que se realice, dependerá el éxito de la explotación (Sumar, J. 1991), el incremento del tamaño testicular se debe principalmente al aumento significativo del diámetro de los túbulos seminíferos y secundariamente por el incremento del volumen total del tejido intersticial, el desarrollo de los túbulos seminíferos en animales en proceso de alcanzar la pubertad es dependiente en gran parte del efecto de las hormonas gonadotróficas (LH y FSH), cuando el sistema nervioso central se hace menos sensible al efecto inhibitor de la testosterona. (Hochereau de Reviers *et al.* 1993), (Wood & Foster 1992), La dimensión testicular constituye un importante indicador en la evaluación del potencial reproductivo del macho y puede ser empleado como criterio para predecir la producción diaria de semen debido a la elevada correlación encontrada entre la medición escrotal, el peso testicular y la

producción total de semen (Skidmore 2000). Por lo tanto se requiere seguir trabajando en el campo de la investigación para contribuir a mejorar los niveles reproductivos, si se tiene en cuenta que el 70% de los productores desarrollan una crianza tradicional, sabiendo que las hembras de los camélidos sudamericanos tienen la limitante de producir sólo 4 o 5 crías durante toda su vida reproductiva, en la actualidad la explotación de camélidos sudamericanos se lleva a cabo bajo sistemas tradicionales no siempre eficaces, agudizando los problemas de morbilidad, mortalidad y baja eficiencia reproductiva; donde los porcentajes de natalidad anual en la mayoría de explotaciones alpaqueras es del orden del 50% (Fernández Baca, 1993) con índices de fertilidad (Apaza et. al.,2001) que no superan el 65%, respectivamente; para mejorar esta limitante, con la aplicación de tecnologías como la ultrasonografía se puede lograr una mayor eficiencia reproductiva en alpacas, superando de esta manera la producción de crías logradas por alpaca hembra, contribuyendo de esta forma a lograr el incremento económico del productor alpaquero. Por razones explicadas se planteó el estudio en alpacas machos.

## **1.1. Objetivo de la investigación**

### **1.1.1. Objetivo general**

- Evaluar la eficiencia reproductiva de alpacas machos en relación al tamaño testicular y niveles de testosterona durante época reproductiva en puna seca

### **1.1.2. Objetivos específicos**

- Determinar la relación entre los niveles de testosterona y tamaño testicular en alpacas machos según edad.
- Evaluar la fertilidad en alpacas hembras por efecto de frecuencia de cópulas de machos reproductores.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Niveles de testosterona y tamaño testicular

#### 2.1.1. Testosterona

La testosterona es una hormona esteroide producida por las células Leydig del testículo bajo el estímulo de la gonadotropina hipofisaria LH. Sus funciones son promover el crecimiento, desarrollo y actividad secretora de los órganos sexuales accesorios como: próstata, glándulas vesiculares, glándulas bulbouretrales, conducto deferente y genitales externos (pene y escroto), así como estimular las últimas etapas de la espermatogénesis y prolongar la vida de los espermatozoides en el epidídimo (Hafez, y Quirke, 2002).

La importancia de la testosterona en el mantenimiento de la actividad reproductiva normal en machos de distintas especies de mamíferos, ha sido puesta de manifiesto en muchos estudios de castración y de reemplazo hormonal. La castración antes de la pubertad provoca la no aparición del comportamiento sexual en el adulto y la castración en adultos produce una disminución de la actividad sexual que puede ser restablecida mediante terapia con andrógenos (testosterona). La presencia de testosterona es, por tanto, necesaria para el mantenimiento de la actividad sexual del macho (Hart, y Jones, 1975).

La testosterona es un andrógeno responsable de ayudar en la producción de espermatozoides pero, además, es responsable de estimular y mantener la función sexual del macho. Cuando los niveles de testosterona se reducen en el organismo por diferentes motivos, se

produce una pérdida de deseo sexual, y en algunos casos incluso puede llegar a producir disfunción eréctil (Hafez, y Quirke, 2002).

El transporte de testosterona en sangre se realiza por medio de la unión a proteínas transportadoras de andrógenos. Estas proteínas son globulinas que ligan el 97% de la testosterona circulante, siendo la porción libre la que es activa. Su acción se lleva a cabo mediante la unión a los receptores de las células diana, previamente convertida en dihidrotestosterona en el citoplasma de dichas células (Hafez, y Quirke, 2002).

La actividad de la hormona depende, de su grado de unión con la proteína transportadora, así como de la actividad de las enzimas que metabolizan esteroides en los distintos tejidos y del número de receptores específicos presentes en el citoplasma de las células diana (Barenton, y Pelletier, 1983). La secreción de testosterona se realiza de forma pulsátil al estar controlada por la secreción de LH que también es pulsátil, cada pulso de LH va seguido en la mayoría de los casos de un pulso de testosterona en un tiempo que varía en pequeños rumiantes de 20 minutos a 1 hora (Foster *et al.*, 1978).

Utilizando animales sometidos a fotoperiodo artificial, se observó que el intervalo entre pulsos de LH y testosterona varía según que el testículo se encuentra en fase de regresión o desarrollo. En el patrón de secreción de testosterona podemos distinguir la línea de valor basal y los pulsos o picos, se definen como aumentos que excedan el valor medio del patrón en una desviación standard y vayan seguidos por dos o más valores en disminución (Salau, 1984).

### 2.1.2. Factores que influyen en la producción de testosterona

La raza influye en la secreción de testosterona como raza Romanov, presentan mayores niveles medias de testosterona y mayor número de pulsos en 4 horas que los de la raza Ile de Francia, la causa de esta diferencia es la existencia de dos veces más receptores de testosterona por célula de Leydig y 1.5 veces más células de Leydig por testículo en la raza Romanov. (Pelletier *et al.*, 2002).

Durante la estación reproductiva se produce un incremento en la frecuencia de pulsos de LH que provoca un incremento de la secreción de testosterona por el testículo, así como un aumento del tamaño testicular, observaron en moruecos adultos de raza Ile de Francia, que el número de receptores de LH por testículo era máximo en septiembre y mínimo en diciembre y que este aumento de receptores podría contribuir a la iniciación de la estación reproductiva del morueco (Barenton y Pelletier 1983).

### 2.1.3. Testosterona en los camélidos sudamericanos

La relación entre la época del año y la testosterona circulante en alpaca y llamas, se muestra en la tabla 1. Estas cifras acusan una marcada diferencia de niveles de testosterona circulante en las alpacas y llamas machos. Niveles que son muy superiores en la alpaca, para lo cual no se tiene explicación. En ambas especies animales, hay diferencias estadísticamente significativas entre los meses de junio-diciembre de marcada escasez de alimentos y temperaturas bajo cero y diciembre



de relativa abundancia de alimento y temperatura ambiental sobre cero (Sumar, J. *et al.*, 1990).

**Tabla 1.** Niveles de testosterona circulante (pg/mL) en alpaca y llama macho en diversas estaciones del año.

Mes	Alpaca	Llamas
Marzo	1,142,50± 08,27	208,00 ± 52,69
Junio	992,50 ± 388,00	37,750 ± 14,90
Setiembre	877,50 ± 91,32	291,25 ± 74,84
Diciembre	2445,00 ± 694,82	362,25 ± 73,73

Fuente: Sumar *et al* (1990).

El contenido de testosterona en el plasma, determinado mediante la técnica del RIA, mostraron que las dos especies alpaca y llama, presentaban un incremento notable de la concentración de testosterona en plasma durante los meses de primavera y verano (estación reproductiva), en tanto que las concentraciones más bajas ocurrieron en los meses de otoño e invierno. Estas variaciones estacionales se debieron sobre todo a cambios en los factores ambientales, disponibilidad de alimento, temperatura, luz y feromonas (Hafez, *et al.*, 2002).

**Tabla 2.** Presencia de espermatozoides, niveles de testosterona y tamaño testicular en alpacas.

Edad (meses)	Peso Vivo(kg)	Testículo (g)	Tamaño (cm)	Testosterona (pg/ml)	Epidídimo (g)	Relación entre			
						Adherencias.		Espermatozoides	
						Si	No	Si	No
9	24.10	0.60	1.40	44.10	0.40	4	-	-	4
12	28.00	0.70	1.90	213.00	0.40	11	1	-	12
18	36.40	2.40	2.70	1156.00	0.60	11	1	1	12
24	38.20	4.80	2.90	2163.00	0.90	7	5	9	3
36	44.40	9.00	3.70	5385.00	0.90	8	24	26	6
40	56.50	13.00	4.20	5247.00	1.40	-	4	4	-

Fuente: (Carpio, 1999)

La concentración de testosterona en 150 llamas, 320 alpacas y 32 vicuñas según edad en (meses), tamaño testicular en (cm) y peso testicular en (gramos), en las llamas a medida que acumula años en meses, aumenta el largo y ancho del testículo en (cm), y en peso testicular en (g) y hay mayor producción de testosterona en (pg/mL) llegando a su pico máximo a los tres a cuatro años, después desciende la producción de testosterona en alpacas y vicuñas es similar (Cebra, *et al.*, 2015).

**Tabla 3.** Concentración de testosterona plasmática en 150 llamas, 320 alpacas y 32 vicuñas, de acuerdo a la edad, tamaño testicular y peso testicular.

Años en Meses	Llamas			Alpacas			Vicuñas
	Tamaño t. en (cm)	Peso t. en (g)	Testosterona en (pg/ml)	Tamaño t. en (cm)	Peso t. en (g)	Testosterona en (pg/ml)	Tamaño t. en (cm)
6	1.9	-	120.0	0.70	0.6	67.0	0.7 x 0.3
12	2.85	5.1	150.0	1.60	2.9	213.0	1.1 x 0.7
18	3.05	14.0	140.0	1.85	6.60	1156.0	1.5 x 0.8
24	3.10	17.4	500.0	2.5	9.90	2163.0	2.1 x 1.3
30	3.45	17.8	600.0	3.00	13.90	2835.0	-
36	4.10	18.2	800.0	3.00	13.60	5385.0	2.5 x 1.4
> 36	4.35	-	1000.0	3.10	17.20	5247.0	3.3 x 1.9

(Cebra, *et al.*, 2015).

Concentración de testosterona en llamas, alpacas y vicuñas en el hemisferio del norte, durante diferentes estaciones del año, donde se muestra mayor proporción de testosterona en primavera seguido por invierno y verano y se muestra mucho menor de concentración de testosterona en otoño (Cebra, *et al.*, 2015).

**Tabla 4.** Concentración de testosterona plasmática en llamas, alpacas y vicuñas en el hemisferio norte, durante diferentes estaciones del año.

Estaciones	Alpacas	Llamas	Vicuñas
Verano	1142.0 ± 108.3	208.0 ± 52.7	2032.0
Otoño	992.5±388.0	37.8 ± 14.9	-
Invierno	1775.0 ± 91.3	291.5 ± 74.8	1325.0
Primavera	2445.0±694.8	362.3 ± 73.7	-

(Cebra, *et al.*, 2015).

**Tabla 5.** Niveles de testosterona y tamaño testicular en alpacas.

Edad (años)	Peso Vivo(kg)	Testículo (g)	Tamaño (cm)	Testosterona (pg/ml.)
2 años	38.2	4.8	2.9	2163.0
3 años	44.4	9.0	3.7	5385.0
3.5 años	56.5	13.0	4.2	5247.0

Fuente: (Carpio, 1999)

**Tabla 6.** Concentración de testosterona plasmática de acuerdo a la edad, tamaño testicular y peso testicular.

Llamas				Alpacas		
Edad (Años)	Tamaño t. (L x A)	Peso t.	Testosterona (pg/ml)	Tamaño t. (cm)	Peso t. (g)	Testosterona (pg/ml)
2 años	3.10	17.4	500.0	2.50	9.9	2163.0
2.5 años	3.45	17.8	600.0	3.00	13.9	2835.0
3 años	3.60	18.2	800.0	3.00	13.6	5385.0
> 3 años	4.35	-	1000.0	3.10	17.2	5247.0

(Cebra, *et al.*, 2015).

#### 2.1.4. Testículo de alpacas.

Los testículos de alpaca están localizados en un escroto no penduloso sin un cuello definido, formando una protuberancia sub anal comparable con los cerdos. La longitud de eje de cada testículo es oblicua, con una orientación caudodorsal, craneoventral. El testículo de alpaca adulto mide aproximadamente de 4-5 cm de longitud por 2.5 - 3.0 cm de ancho y pesa 15-18 gramos este representa 0.02-0.03% del peso del cuerpo (Sumar, J.1983). Normalmente ambos testículos son elípticos, similares en tamaño, turgente a la palpación y se mueve libremente en el escroto (Bravo, 1995).

Los túbulos seminíferos del testículo de alpaca tienen un diámetro de 174- 237um. y la producción de espermatozoides es correlacionado

con tamaño testicular en camélidos, bajo condiciones normales de espermatogénesis, los túbulos seminíferos y la cola del epidídimo son distendidos con espermatozoides y fluido dando tono y resistencia a la palpación, el tono y resistencia o excesiva firmeza sugiere anomalías testiculares y función del epidídimo (Huanca, *et al.* 1998).

El tamaño testicular de alpacas varía en estación reproductiva y hay un incremento en peso testicular debido al incremento en el desarrollo de tejido intersticial y incremento en el diámetro de los túbulos seminíferos (Vaughan, *et al.* 2003).

En comparación con testículo de carnero que forman 1.4% de todo el peso del cuerpo y del toro 0.18%, a los tres años de edad el testículo de camélidos tiene 7-10 cm de longitud cada uno con 18-20 g de peso (Novoa, 1970)

Los testículos son los principales órganos de la reproducción de los machos puesto que producen gametos masculinos (espermatozoides) y hormonas sexuales masculinos (andrógenos). El descenso de los testículos ocurre debido a un acortamiento aparente del gubernaculum, ligamento que se extiende desde la región inguinal a la cola del epidídimo en la mayoría de las especies, en los camélidos el descenso se completa después del nacimiento (Bearden y Fuquay, 1982).

Los testículos en la alpaca están localizados en las bolsas escrotales, de tal forma que su diámetro mayor es oblicuo, con una orientación dorso caudal y ventro craneal. Normalmente ambos testículos son del mismo tamaño, turgentes a la palpación y se mueve libremente en el

escroto. Al nacimiento o poco después, los testículos ya deben encontrarse en las bolsas escrotales, pequeños, flácidos, y de tamaño de 0.5cm al año de edad y es cuando se hace la primera selección para reproductores, ambos testículos deben encontrarse en las bolsas escrotales de un tamaño promedio de 1.50 por 0.40 cm. (Sumar, 1991).

### 2.1.5. Biometría testicular

Las medidas testiculares producto de las investigaciones realizadas se muestra a continuación.

**Tabla 7.** Medidas de largo, ancho y perímetro testicular de alpacas por edad.

Autor	Edad	Largo(cm)		Ancho(cm)		Perímetro(cm)	
		Der. x izq.	Der. x izq.	Der. x Izq.	Der. x Izq.	Der x izq.	Der x izq.
De la vega.1951	Adulto	4 .0	5.0				
	Adulto	4 .0	5.0				
Cardoso, A. 1954							
Fernández	Adulto	3.0	4.0				
Baca,S. 1971.	3 años	5.3	3.5	2.2	2.2		
Alanoca .F 1978	4 años	5.3	5.2	2.1	2.0		
	5 años	5.5	5.4	2.2	2.2		
	Adulto	5.3		2.7			
Plasencia, A. 1982	>3años	3.9		2.6			
	3años	4.6	4.4	2.5	2.5		
Sumar, J.1991	Adultos	3.9		2.5			
Obando, A.1992	30	3.6		2.4			
Bravo, P.W.1998	meses.	2.6		2.4			
	36	3.7		2.5			
	meses.	4.1	3.9	2.5	2.5	7.2	7.2
Rojas, E.1998	Adulto	3.9	3.9	2.5	2.4	7.8	7.4
	3 años	4.9	3.9	3.0	2.6	7.5	7.6

Fuente: (Vaughan, et al. 2003)

**Tabla 8.** Largo y ancho testicular (cm.) de alpacas por edad, procedencia y raza

Edad \ Caract.	N	Largo	Ancho
		PROM.± E. S.	PROM.± E. S.
1	118	2.99 ± 0.04	1.72 ± 0.02
2	142	4.01 ± 0.03	2.43 ± 0.02
3	222	4.10 ± 0.03	2.31 ± 0.02
4	95	4.47 ± 0.04	2.45 ± 0.02
5	47	4.24 ± 0.07	2.57 ± 0.07
6	44	4.36 ± 0.07	2.53 ± 0.06
7	23	4.33 ± 0.08	2.52 ± 0.04
8	33	4.37 ± 0.07	2.55 ± 0.04
Prom. General	724	3.99 ± 0.02	2.31 ± 0.01
Procedencia	CIP_ La Raya	4.01 ± 0.02	2.32 ± 0.01
	Camales	3.95 ± 0.04	2.25 ± 0.02
Raza	Huacaya	3.97 ± 0.02	2.30 ± 0.01
	Suri	4.08 ± 0.04	2.34 ± 0.03
Lado	Derecho	4.04 ± 0.06	2.31 ± 0.02
	Izquierdo	3.95 ± 0.03	2.31 ± 0.02

Fuente: (Jaén, 1999)

### 2.1.5.1. Largo testicular

El largo testicular de vicuñas sufre un aumento conforme los animales tienen mayor edad, las crías en promedio presentan un largo testicular de  $1.22 \pm 0.19$  cm. y en el grupo de animales juveniles presentan un promedio de  $2.47 \pm 0.61$  cm. y los adultos un mayor largo testicular con un promedio de  $3.67 \pm 0.88$  cm, (Escobar, 2000).

### 2.1.5.2. Ancho testicular.

El ancho testicular de alpacas sufre un aumento conforme los animales tienen mayor edad, las crías en promedio presentan un ancho testicular de  $1.75 \pm 0.02$  cm. y en el grupo de animales

juveniles presentan un promedio de  $2.31 \pm 0.02$  cm. y los adultos un mayor ancho testicular con un promedio de  $2.52 \pm 0.04$  cm, ((Jaén, 1999).

**Tabla 9.** Medida testicular según edad en alpacas

Edad (meses)	Numero de machos	Longitud testicular(cm )	Rango (cm)
< 12 (4-11)	8	2.3	1.4-2.8
12	5	3.6	2.4-4.3
13	6	3.4	1.9-4.0
14	7	3.6	2.6-4.6
16	5	3.0	2.5-3.5
18	6	3.3	2.0-4.2
21-27	6	4.0	3.3-4.5
29-41	7	4.8	4.3-5.2

Fuente: (Bravo, 1998).

**Tabla 10.** Dimensión del testículo de alpaca.

Autores	Longitud(cm)	Ancho(cm)
Sato A. y Montoya	4.0	2.5
(1990) Bravo, W.	3.7	2.5
(1995)		
Bravo, W. (1983)	4-5	2.5-3.5

Fuente: (Wenceslao, 2004)

**Ramos, J. (2014)**, estudio en dos zonas agro ecológicas de la región Puno, en puna seca (CIP-Quimsachata) con 69 alpacas y otra en puna húmeda (CIP-La Raya) con 64 alpacas, y en dos épocas: lluviosa (febrero-marzo) y seca (julio-agosto) en machos reproductores de 3 a 8 años, con



el objetivo de determinar la biometría testicular según edad, época y zona ecológica, medidas que fueron relacionados con el peso vivo; las medidas testiculares de largo y ancho fueron medidos utilizando una regla vernier; la circunferencia con la cinta métrica; los grados de consistencia testicular 1, 2 y 3 mediante la palpación. Los datos fueron analizados utilizando el programa estadístico SAS. Los resultados de la medida testicular para los de 3 años 3.12 cm; 4 años 3.17 cm; 5 años 3.11 cm; 6 años 3.22 cm; 7 años 3.14 cm y 8 años 3.32 cm ( $P \geq 0.05$ ). En época lluviosa es 3.29 cm y en época seca 3.07 cm. según zonas agro ecológicas en Puna húmeda fue 3.10 cm y para alpacas de puna seca fue 3.02 cm. ( $P \leq 0.05$ ). Los resultados de circunferencia testicular según edad para alpacas de 3 años fue  $7.98 \pm 1.09$  cm; 4 años  $8.20 \pm 1.10$  cm; 5 años  $8.11 \pm 0.91$  cm; 6 años  $8.39 \pm 0.82$  cm; 7 años  $7.88 \pm 1.88$  cm y 8 años  $8.44 \pm 0.75$  cm. En época lluviosa la circunferencia testicular fue  $8.62 \pm 1.0$  cm y en época seca  $7.76 \pm 0.69$  cm. según zonas agro ecológicas en alpacas de puna húmeda fue  $8.62 \pm 0.99$  cm y en alpacas de puna seca  $7.79 \pm 0.75$  cm ( $P \leq 0.05$ ). Los valores en porcentaje para consistencia testicular de grado (1) fue de 27.58%, (2) 53.00%, (3) 19.22%, ( $P > 0.05$ ). Peso vivo (kg) según edad muestra mayor valor para 6 años con  $64.86 \pm 7.68$  Kg y menor para 3 años con  $60.20 \pm 10.54$  Kg, en época seca se encontró valor superior con  $63.70 \pm 8.46$  Kg que en época lluviosa  $60.24 \pm 7.90$  Kg, según zonas agro ecológicas las alpacas de puna húmeda, muestra  $65.89 \pm 8.25$  Kg, y de puna seca  $58.33 \pm 6.63$  Kg. ( $P \leq 0.05$ ). Existe asociaciones mínimas no significativas entre el variable peso vivo y medidas testiculares, y existe

asociaciones altas entre lados (Izquierdo y Derecho);  $r=0.46$  para largo,  $r=0.42$  ancho y  $r=0.67$  circunferencias

### 2.1.6. Fisiología reproductiva de alpaca macho

La fisiología reproductiva del macho presenta algunas características diferentes a la hembra, como por ejemplo que el macho no presenta el centro cíclico; la descarga de GnRH del hipotálamo ocurre en forma intermitente en el día y la noche, esta descarga de GnRH tarda algunos minutos y causa la liberación de LH aproximadamente 30 minutos después del impulso de la GnRH, esta hormona actúa sobre las células de Leydig, las que inician su producción de progesterona, gran parte de la cual es transformada en testosterona, la cual tiene vida corta y de secreción pulsátil, durando aproximadamente 20 a 60 minutos (Senger, 2003). El factor de liberación gonadotropico del hipotálamo o GnRH alcanza el sistema portal hipotalámico hipofisario donde estimula la liberación de FSH y LH cuyo órgano diana es el testículo. La FSH actúa sobre las células de Sertoli y de esta forma promueve la espermatogénesis y la síntesis de ABP, en tanto que la LH actuando sobre las células de Leydig estimula la síntesis de testosterona. A partir de aquí se establece una retroalimentación negativa testiculos-hipófisis- hipotálamo ya que el incremento de testosterona reprime la síntesis y liberación de LH a nivel hipofisario y de GnRH en el hipotálamo. En este último caso la reducción en la liberación de GnRH además determina una retroalimentación negativa sobre la FSH. Por otro lado, la FSH además se encuentra bajo otro mecanismo de retroalimentación negativa a partir de la acción de las inhibinas

sintetizadas en las propias células de Sertoli. En algunos casos también se plantea que la PRL tiene una acción sinérgica con la LH para la producción de testosterona (Hafez, 2002).

La alpaca macho es capaz de producir eyaculados fértiles todo el año, pero igual que en otras especies domésticas, la calidad del semen, así como la libido se ven influenciados por la estación del año y la disponibilidad del alimento. Se hizo un intento por definir la estacionalidad de la reproducción en alpacas machos al medir la concentración de testosterona en la sangre. Los resultados mostraron que la alpaca macho presentaba un incremento notable de la concentración de testosterona en plasma durante los meses de primavera y verano, en tanto que las concentraciones más bajas ocurrieron en los meses de otoño e invierno. Estas variaciones estacionales se debieron sobre todo a cambios en los factores ambientales, disponibilidad de alimento, temperatura, luz. La alpaca macho muestra una actitud activa y en ocasiones agresiva durante el apareamiento, en contraste con la actitud pasiva de la hembra. La demostración de la actividad de apareamiento de las alpacas macho cuando se introducen en un hato de hembras es muy notable. Después de una intensa actividad copulatoria durante los primeros días hay un descenso considerable a pesar de la presencia de hembras receptoras. Incluso más notable es la observación de que cuando estos machos inactivos son llevados a un nuevo hato de hembras reanudan su actividad sexual. (Hafez, 2002).

### 2.1.7. Capacidad reproductiva.

La capacidad reproductiva en machos puede valorarse combinando tres factores: producción diaria de espermatozoides, reservas espermáticas y total de espermatozoides eyaculados. Un criterio para juzgar la fertilidad de un toro o borrego es el total de espermatozoides eyaculados por día. Dos factores determinan el número de espermatozoides producidos por el testículo: peso de los testículos y producción de espermatozoides por unidad de peso testicular. En los toros, un cálculo relativamente preciso de espermatozoides eyaculados se determina por la circunferencia escrotal y el peso testicular se correlaciona de manera significativa con la producción de células espermáticas, de este modo puede calcularse la producción diaria de espermatozoides en un animal vivo. En alpaca macho con un peso corporal de 63 Kg, el peso promedio de un testículo totalmente desarrollado es de 17 gr. Aproximadamente. La producción diaria de espermatozoides es muy baja. En un estudio, se permitieron al macho ocho servicios por día (Tratamiento A) en tanto que a otros se le limitó a cuatro servicios por día (Tratamiento B), en un régimen de dos días consecutivos de apareamiento seguidos de un periodo de descanso de dos días los resultados indican que: Las tasas de concepción tendieron a descender con servicios repetidos el mismo día, fueron de 34% en el tratamiento A, en comparación con 59% del tratamiento B. La actividad copulatoria disminuyó a medida que avanzaba el tiempo de reproducción y el descenso fue más drástico en el macho con más copulaciones por días. (Smith, 1999).

La duración promedio de los servicios fértiles es significativamente más prolongada que la de los servicios que no son fértiles.

La madurez sexual es frecuentemente determinada por la edad, en el cual la adherencia pene prepucial desaparece y llega a ser capaz de erectar, tiempo en el cual son producidos espermatozoides viables. La desaparición de adherencia pene prepucial fue observado en alpacas al año de edad entre 8-12 %, los machos son libres de adherencia pene prepucial a los 2 años de edad el 60-78% de machos y finalmente a los 3 años de edad 94-100% de machos. (Smith, 1999).

La separación de adherencia pene prepucial inicia aproximadamente a los 12 a 15 meses de edad en la mayoría de los machos, la mitad del glande es libre, a los 18 meses de edad el pene es completamente libre de adhesiones a los 21-26 meses de edad (Bravo Y Fowler, 1995). Hay amplia variación entre tamaño testicular y tamaño del cuerpo, esto se deben probablemente a factores genéticos (Vaughan, *et al.* 2003).

La alpaca macho comienza a mostrar interés sexual y están aptos para montar hembras receptivas alrededor del año de edad, habiéndose reportado una edad promedio de 10,3 meses. Sin embargo, la mayoría de estos machos juveniles tienen adherencia pene prepucial que impiden la cópula normal y esta condición es considerada como una característica de inmadurez. La liberación de estas adherencias se completa aproximadamente a los 14 meses de edad, cuando el peso corporal es alrededor del 70% del peso adulto. Se han reportado, además, correlaciones altamente positivas entre

edad, peso corporal y peso testicular, habiéndose detectado aumentos significativos en los pesos corporal y testicular entre los 18 y 24 meses de edad. En la vicuña se ha reportado que los testículos de un macho juvenil de alrededor de 16 meses de edad, en el mes de julio, eran inactivos, pero en un macho de dos años de edad, a mediados de marzo, estaban produciendo espermatozoides en forma activa, también se observó el aumento en el peso corporal como en el tamaño testicular en los machos de dos años. (Leyva y García, 2001).

El tamaño testicular, medido a través de su longitud, ancho y grosor, independientemente de la edad y del tratamiento, se incrementó semanalmente, siendo significativo a partir de la quinta (longitud) o séptima (ancho y grosor) semana después de iniciado el experimento. Sin embargo, el efecto de la edad y el tratamiento fue dependiente a través de la interacción significativa del tratamiento edad en el largo y ancho de los testículos, donde el mayor incremento ocurrió en alpacas de un año de edad que no recibieron tratamiento hormonal (T0), mientras que el menor incremento ocurrió en alpacas de la misma edad que si recibieron tratamiento con testosterona (T2); no habiendo diferencias significativas entre alpacas de dos años de edad con (T2) y sin (T0) tratamiento hormonal, también hubo efecto simple de las variables tratamiento (T0:  $0.25 + 0.03$ ; T2:  $0.09 + 0.03$ ) y edad (1 año:  $0.20 + 0.03$ ; 2 años:  $0.11 + 0.04$ ) (Leyva y García, 2001).

## 2.2. Fertilidad en alpacas

### 2.2.1. Fertilidad

La estimación de la fertilidad se hace en base a los animales empadradas y los animales fecundados, datos que se pueden expresar porcentualmente. La fertilidad de un hato se evalúa en términos de porcentaje de hembras preñadas y el tamaño de las camadas. Estos parámetros aumentan durante algunos años después de la pubertad (Hafez, 2002).

### 2.2.2. Fertilidad en camélidos

Se mencionan diversos factores que influyen en la baja fertilidad. Entre éstos, la mortalidad embrionaria se presenta como uno de los más influyentes. Se ha observado en alpacas que existe una pérdida de embriones de aproximadamente un 50% dentro de los primeros 30 días de gestación (Fernández-Baca, 1971; Reiner y Bryant, 1983; Sumar 1991) señala que la etapa crítica es aquella en que el embrión migra de un cuerno uterino al otro y cuando se implanta definitivamente en las paredes uterinas, hecho que ocurre dentro de los 21 primeros días que siguen a la fertilización. Otros factores que influirían en la fertilidad son: el bajo nivel nutricional, la alta consanguinidad de los rebaños y acontecimientos fisiológicos traumáticos durante el estadio precoz de gestación. Estos últimos pueden estar relacionados con la variación de la temperatura ambiental o un repentino empeoramiento del estado general del animal, debido a enfermedades infecciosas o parasitarias (De Carolis, 1987).

Las alteraciones en la ovulación podrían constituir un factor importante de baja fertilidad en alpacas y llamas, aun cuando en condiciones de empadre de campo, las hembras que no han ovulado en una primera monta, tienen muchas oportunidades de ser cubiertas, puesto que continúan receptivas a los machos durante un período prolongado (Fernández-Baca, 1971; Reiner y Bryant, 1983).

Los niveles de fertilidad en rebaños de camélidos sudamericanos domésticos se han incrementado al implementar diferentes medidas de manejo que consideran aspectos importantes de la fisiología reproductiva de machos y hembras. Entre estas medidas de manejo, las que brindan mejores resultados son el empadre controlado, el empadre dirigido y el empadre alternado, pudiendo utilizarse combinaciones de todos estos sistemas. En explotaciones con régimen de separación de sexos durante todo el año, utilizando estos sistemas de empadre, los porcentajes de natalidad se han elevado hasta un 80% (Novoa, 1981; Fernández-Baca, 1971; Franco y Condorena, 1979; MacNiven y Raggi, 1993).

### **2.2.3. Comportamiento de apareamiento de la hembra**

Todas las especies de camélidos sudamericanos muestran un patrón similar de comportamiento en el momento de la cópula. Cuando el macho es introducido en una tropa de hembras persigue a alguna de ellas envistiéndola y tratando de montar. Si la hembra está en periodo de aceptación del macho, se deja montar en pie y luego adoptar la posición de decúbito esternal con los cuatro miembros debajo del



cuerpo, sentándose el macho sobre la hembra y un poco por detrás de la misma. La cópula se realiza en esa posición durante un periodo prolongado 8,12 a 5,4 minutos en alpacas (Sumar, 1991), 17 a 12 minutos (Fernández- -Vaca y Novoa 1968) y 31,7 minutos (Pollard, *et al.*, 1994).

#### 2.2.4. Empadre controlado

El manejo adecuado de machos y de hembras durante el empadre permite elevar la eficiencia reproductiva de la tropa con la obtención de una alta tasa de natalidad (Franco *et al.*, 1998). Con este sistema de empadre Quispe (2002), ha logrado en llamas una tasa de preñez del 76%, 30 días post empadre y una tasa de natalidad efectiva de 73%, Aplicando el método de conducta sexual, se logra detectar 100% de preñez hasta el cuarto servicio, lo que significa una alta mortalidad embrionaria. En otro estudio Pacheco (2005), logra registrar 83% de preñez por el método de conducta sexual y 79% de preñez por RIA (Radio Inmuno Análisis), a la parición se verificó un 80% de natalidad. En alpacas (Apaza *et al.*, 1998), lograron registrar 90% de fertilidad con cuatro servicios, en un sistema de empadre controlado. La modalidad de esta técnica empleada se diferencia del utilizado en llamas, por la individualidad del empadre, en corrales pequeños, este sistema de empadre es en realidad una forma derivada y mejorada del sistema de reproducción amarrado, la diferencia fundamental es que no se amarra a las hembras, sino que ellas son expuestas a los machos libremente, pero en un corral de dimensiones medianas, en una cantidad de 3 a 5 alpacas. El sistema de empadre controlado consiste en colocar a las

hembras en corrales individuales después de una prueba de receptividad sexual mediante el comportamiento de rechazo al macho, luego se coloca el macho elegido y se controla el tiempo de cópula. (Pacheco, 2008),

Respecto a la cantidad de hembras que serán cubiertas por un macho, existen diferentes alternativas, siendo las relaciones macho hembra más aceptada de 1: 10 a 1:20 (Fernández Baca, 1971). En el caso del manejo tradicional del altiplano se utiliza una alta relación macho-hembra 1: 1 a 1: 10 (De Carolis, 1987).

El período de empadre en el altiplano se lleva a cabo principalmente entre los meses de enero y marzo, producto de la estacionalidad sexual que alpacas y llamas, ocurren cubrimientos ocasionales durante los meses de noviembre, diciembre y abril. En el caso inusual de que se lleve a cabo una separación de ambos sexos, la receptividad sexual suele ser permanente. Sin embargo, se prefiere el empadre estacional (enero, febrero, marzo) ya que, por el largo de la gestación, las pariciones coincidirán con el período de abundancia de forraje (De Carolis, 1987)

#### **2.2.5. Gestación**

La gestación en los camélidos sudamericanos comienza a partir de la fertilización del óvulo, dando lugar a la formación del cigoto, el mismo que alcanza el útero y se implanta en el cuerno uterino. Pese a la similitud en la actividad ovulatoria de ambos ovarios se pudo identificar

de forma general la implantación y gestación en el cuerno uterino izquierdo. La implantación del cigoto a las paredes del cuerno uterino izquierdo ocurre a los 20 a 22 días del desarrollo embrionario y se completa aproximadamente a los 60 días, luego continúa el crecimiento fetal hasta el nacimiento (Sumar y Leyva, 1961).

La duración de la gestación varía de 335 a 360 días en llamas y de 343 a 346 días en alpacas Huacaya y Suri (Novoa *et al.*, 1996). Presentándose la mayor parte de las gestaciones con un sólo feto ubicado en el cuerno uterino izquierdo (Fernández-Baca *et al.*, 1973). Siendo el cuerpo lúteo necesario para la conservación de la preñez durante todo el período de gestación en alpacas y llamas (Sumar, 2002).

#### **2.2.6. 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 cuello uterino grávido (Calderón *et al.*, 1968). Por otro lado, el comportamiento sexual de la hembra frente al macho es una técnica para el diagnóstico temprano de preñez en camélidos (Fernández Baca *et al.*, 1970), Otra técnica utilizada es la ultrasonografía en el diagnóstico de preñez para el ganado vacuno, en la yegua (Adams *et al.*, 2000) y ovejas (Saelzer *et al.*, 1989). Asimismo, la ultrasonografía diagnosticó la gestación precozmente en alpacas y llamas, con mayor eficiencia que los métodos usados tradicionalmente (Raggi *et al.*, 1996)

Aunque no existe un método ideal, la ultrasonografía es uno de los métodos más precisos y aplicables a gran escala, teniendo además la utilidad de determinar el estado reproductivo del animal lo más tempranamente posible, hecho de suma importancia en cualquier tipo de explotación animal (Iason *et al.*, 1993). Estudios realizados en llamas permiten el diagnóstico de gestación con un alto margen de seguridad transcurridos 19 días desde el empadre fértil (Bourke *et al.*, 1992).

### 2.3. Radioinmunoanálisis

Los inmunoanálisis, en general, consisten en una reacción inmunológica en la que un antisuero específico (Ac) se une a un antígeno (la hormona, Ag) y un antígeno marcado (Ag\*); el Ag, que está en un volumen específico de las soluciones estándar en un grupo de tubos en duplicado o en tubos donde se encuentra la muestra desconocida, es químicamente idéntica ó similar al Ag\*, que se encuentra en una cantidad fija. Después de incubar las soluciones, se separa la hormona unida al anticuerpo (tanto la marcada como la no marcada) de la fracción libre y se cuantifica la evidencia del marcaje por radioactividad en la fracción unida al anticuerpo; en las soluciones estándar y las muestras desconocidas, la hormona no marcada compite con la marcada por un número limitado de sitios de unión del anticuerpo, debido a que las cantidades del Ac y el Ag\* son mantenidas constante en un inmunoanálisis, la inhibición de la unión de Ag\* al Ac está relacionada a la concentración del Ag en las soluciones estándar y las muestras, por lo tanto, la cantidad de hormona marcada unida al anticuerpo es inversamente proporcional a la cantidad de

hormona presente en las soluciones estándar y muestras desconocidas; entonces se genera una curva de inhibición de las soluciones estándar y así se determina la concentración de la hormona en la muestra desconocida (Matamoros *et al.*, 2002).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Lugar de estudio

El estudio se realizó en la estación experimental Quimsachata, perteneciente al Instituto Nacional de Innovación Agraria INIA-Puno. Ubicado entre los distritos de Santa Lucía y Cabanillas de las provincias de Lampa y San Román del departamento de Puno, con una extensión de 6,281 ha. a una altitud promedio de 4,200 m, dentro de las coordenadas 15°04' de latitud Sur, 70°18' de longitud Oeste, en el piso altitudinal sub alpino de tundra pluvial; donde la temperatura fluctúa entre 2°C (mayo a julio) y 15°C (septiembre a diciembre), localizado dentro de la zona agroecológica denominada puna seca (SENAMHI 2009), con una humedad relativa de 40% y con una precipitación pluvial anual que varía entre 400 y 688,33 mm (Huanca 2004). Además, presenta un periodo bien definido de lluvias de diciembre a marzo, y un periodo seco que inicia en abril y termina a fines de noviembre, con una vegetación natural predominante conformada por especies de los géneros *Stipa*, *Festuca*, *Calamagrostis* (gramíneas), *Parastrephia* y *Braccharis* (compuestas), *Carex*, *Scirpus*, *Luzula* (ciperáceas)

#### 3.2. Animales en estudio

**Tabla 11.** Distribución de alpacas machos en estudio

Edad	Cantidad de machos
3 a 4 años	4
5 a 6 años	4
Mayores 7 años	4
Total	12

**Tabla 12.** Distribución de alpacas hembras según número de copula

<b>N° de Cópulas Por macho reproductor</b>	<b>N° de reproductores Machos por copula</b>	<b>N° de hembras apareadas</b>
<b>Una copula</b>	30	30
<b>Dos copulas</b>	30	60
<b>Tres copulas</b>	8	24

Se identificó mediante collares de plástico y se marcaron con pintura a nivel de la costilla, con respecto a las hembras fueron utilizados de acuerdo como se presenta en celo.

### 3.3. Materiales y equipos

#### 3.3.1. Materiales de escritorio

- Cámara fotográfica
- Computadora
- Cuaderno de apuntes
- Lápiz
- borrador
- marcador indeleble
- Etiquetas para rotular las muestras

#### 3.3.2. Equipos e instrumentos.

- Balanza digital TRU-TEST capacidad de 2000 Kg.
- Regla vernier (0.5 mm. de precisión)
- Ecógrafo marca Esaote Europe B.V. MOD 8100 REF 11280001 (MREV.SN 16350099)
- Cinta métrica.

- Pintura sintética
- Sogas
- Collares de identificación.

### **3.3.3. Materiales para la obtención de muestras:**

- Aguja hipodérmica.
- Tubos Vacutainer
- Porta tubos
- Alcohol yodado
- Algodón
- Centrifuga
- viales
- Gradillas
- Geles de refrigeración
- Guantes descartables
- Mameluco.

### **3.3.4. Instalaciones.**

- Corrales de manejo

## **3.4. Metodología**

### **3.4.1. La determinación de los niveles de testosterona**

#### **3.4.1.1. Obtención de las muestras sanguíneas.**

Se realizó la colección de sangre antes y después del empadre, mediante venopunción yugular con una aguja de doble entrada, utilizando tubos de (VACUTAINER) de 9 ml. previamente rotulados, la cantidad de sangre extraída es de 3 ml aproximadamente. Las muestras después de colectarse son centrifugadas para la



extracción del suero sanguíneo a 5000 rpm por 5 minutos, posteriormente fueron almacenadas en congelamiento  $-20^{\circ}\text{C}$  para su conservación, las muestras son enviadas al laboratorio de reproducción animal de la universidad Peruana Cayetano Heredia-Lima, en una caja isotérmica, para su determinación de los niveles de testosterona.

#### **3.4.1.2. Análisis de los niveles de Testosterona**

Las muestras de sangre se analizaron en el laboratorio de reproducción animal de la universidad peruana Cayetano Heredia del distrito de san Martín de Porras de Lima metropolitana. La muestra fue evaluada por su contenido de testosterona mediante la técnica de radioinmuno análisis (RIA). La sensibilidad del ensayo fue de 0.01 ng/dL de testosterona en suero sanguíneo de acuerdo al protocolo recomendado por el fabricante, utilizando kits comerciales (DIA source inmuno Asay S.A. USA), que es como sigue:

- Se extrajeron los reactivos y las muestras de suero de la congeladora y se esperó su adecuación a la temperatura ambiental del laboratorio.
- Se colocó el número requerido de tubos en las gradillas de trabajo, los tubos fueron previamente identificados.
- Se adicionó 500  $\mu\text{L}$  de buffer diluyente a los tubos no 1 y 2.
- Se adicionó 50  $\mu\text{L}$  de estándar con 0.0 ng/dL (suero libre de testosterona) a los tubos no 1, 2, 3 y 4.

- Se colocó 50  $\mu\text{L}$  de cada estándar de testosterona a los tubos 5 al 18 (dos repeticiones de suero estándar con 0.1, 0.25, 0.50, 1.0, 2.5, 5.0 y 10.0 ng/dL)
- Se adicionó 50  $\mu\text{L}$  de las muestras de suero a sus tubos correspondientes, previamente identificados.
- Se colocó 100  $\mu\text{L}$  de Solución SGBI a todos los tubos de ensayo y se mezcló todos los tubos al mismo tiempo sobre la gradilla en un vortex durante 1 segundo.
- Se adicionó 500  $\mu\text{L}$  de Testosterona reactiva a todos los tubos, se tuvo cuidado de adicionar este marcador antes del antisuero.
- con excepción de los tubos 1 y 2, se adicionó 500  $\mu\text{L}$  de Anti Testosterona a todos los tubos.
- Se mezcló utilizando un vortex cada uno de los tubos por 5 segundos, luego se incubó los tubos a 3 °C por 120 minutos.
- Después de los 120 minutos de incubación, se adicionó 100  $\mu\text{L}$  del Segundo anticuerpo a todos los tubos, se vortexizó, mezcló y luego se volvió a incubar a 3°C por 60 minutos.
- Después de incubar por 60 minutos, se centrifugó todos los tubos de ensayo a 2300-2500 rpm (1 000 x g) por 15 minutos.
- Se decantó el sobrenadante (se aspiró con papel secante la boca de los tubos antes de colocarlos en posición vertical).
- Se realizó la lectura de radiación en un contador Gamma.

- Se calculó los resultados utilizando un sistema de reducción de datos para RIA.

### **3.4.2. Tamaño testicular**

#### **3.4.2.1. Medida de largo del testículo (cm).**

Para esta medida biométrica de largo testicular incluido el escroto, los testículos son desplazados desde su ubicación normal hacia fuera para su mejor visualización de sus bordes, fijando con los dedos se procedió a medir el testículo tanto izquierdo y derecho, colocando las puntas de la regla vernier en los dos extremos del testículo, y los datos son registrados en fichas anticipadamente preparadas.

#### **3.4.2.2. Medida del ancho testicular (cm).**

La medición del ancho testicular se realizó siguiendo el mismo procedimiento que para largo testicular, exponiendo adecuadamente para colocar las puntas de la regla en ambos extremos laterales del testículo incluido el escroto.

### **3.4.3. La determinación de la edad de los animales**

Se determinó mediante la revisión de registros, observación de los aretes y dentición.

### **3.4.4. Fertilidad y empadre**

#### **3.4.4.1. Evaluación del Comportamiento sexual de la hembra**

Se introduce un macho a un grupo de hembras, hembras vacías después de un ligero correteo aceptan la monta del macho para luego echarse y aceptar la cópula, existen hembras que solo al observar al macho adoptan la posición de copula sentado de cubito esternal con los cuatro miembros por debajo del cuerpo, facilitando el servicio al

macho, estas son las hembras elegidas para el empadre, en cambio las hembras que emprenden la huida dando escupitajos y patadas para evitar ser montadas no son empadradas.

#### **3.4.4.2. Empadre**

El apareamiento que se manejó fue el de empadre controlado, la técnica requiere contar con los registros de las alpacas tanto para machos y las hembras, este tipo de empadre permite a los animales machos, aparearse con todas las hembras que estuvieran receptivas en el día, para conocer cuántas hembras puede aparear cada macho sin descansar y el tiempo de duración de cada empadre.

#### **3.4.4.3. Diagnóstico de fertilidad**

El diagnóstico de gestación se realizó a los 41 días post empadre, donde se utilizó un ecógrafo de la marca Esaote Europe (B.V. MOD 8100 REF 11280001 MREV.SN 16350099), con un transductor lineal de 5 MHz, por vía transrectal; el mismo que se lubricó con gel para ultrasonido.

La aplicación de la técnica de ecografía o ultrasonografía es un método rápido, seguro y certero para la detección de la preñez en alpacas.

Para facilitar la observación del tracto reproductivo, sin interferencia del rumen, vejiga, gases y heces se dejó un ayuno de agua y comida, durante las 12 horas previas a la práctica. Cabe señalar que la experiencia del profesional en el empleo de la técnica tiene una gran importancia en la certeza del diagnóstico.

#### 3.4.4.4. Protocolo del procedimiento ecografía

- a) Ubicar el equipo ultrasonográfico en un lugar adecuado, donde el operador tenga buena vista hacia la pantalla del equipo para poder visualizar bien la imagen que se proyecta.
- b) Primeramente procede a colocarse el guante de plástico, luego se tiene que lubricar con jabón líquido para poder realizar la limpieza del recto del animal que va ser ecografiada, se tiene que realizar bien esta operación para que el ecógrafo no tenga ningún problema al momento de la observación de la imagen.
- c) Lubricar con gel el transductor del ecógrafo para tener buen contacto entre el transductor y la mucosa rectal.
- d) Introducir el transductor en el recto del animal, con suavidad para no causar daños en los tejidos.
- e) Observamos la vejiga y los cuernos uterinos, donde se observa la vesícula embrionaria.
- f) Determinamos si la alpaca está preñada o vacía.
- g) Marcado del animal con P = preñada y V = vacía

#### 3.5. Análisis estadístico.

La información obtenida sobre niveles de testosterona en alpacas machos fueron analizadas mediante programa SAS versión (9.3), adecuado al arreglo factorial de 2 (momento de copula) x 3 (edades) cuyo modelo aditivo lineal es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  : Es la variable de respuesta (nivel de testosterona, medidas testiculares)

$\mu$ : Media poblacional.

$\alpha_i$ : Efecto del i-ésimo momento de cópula (1 y 2).

$\beta_j$  : Efecto de la j-ésima edad (1, 2 y 3 grupos de edad).

$\alpha\beta_{ij}$ : Efecto de la interacción momento de cópula/edad del reproductor

$\varepsilon_{ijk}$ : Error experimental

Se utilizó correlación simple entre tamaño testicular y niveles de testosterona de las alpacas, cuya fórmula es el siguiente:

$$r_{xy} = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2][n \sum y^2 - (\sum y)^2]}}$$

Donde:

**X** = Variable independiente (Tamaño testicular de las alpacas)

**Y** = Variable dependiente (Niveles séricos de Testosterona)

Los datos sobre fertilidad en alpacas hembras por efecto de frecuencia de cópulas fueron analizados mediante la prueba estadística de Ji – cuadrada ( $\chi^2$ ), bajo la siguiente formula:

Donde:

$O_{ij}$ . = Son los valores observados en la i-ésima fila y j-ésima columna.

$e_{ij}$ = Son los valores esperados en la i-ésima fila y j-ésima columna.

$r$ = Es el número de filas.

$k$ = Es el número de columnas.

$\chi^2_{(r-1)(k-1)}$ . = Son los grados de libertad de la prueba.

$$\chi^2_c = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^k \frac{(\theta_{ij} - e_{ij})^2}{e_{ij}} \rightarrow \chi^2_{(r-1)(k-1)}$$

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

##### 4.1. Relación entre los niveles de testosterona y tamaño testicular en alpacas machos según edad.

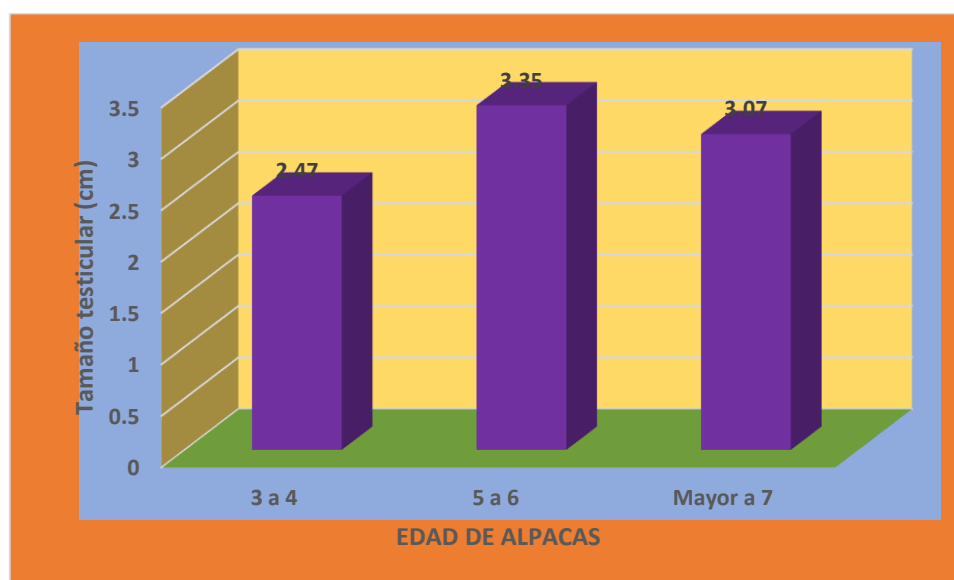
###### 4.1.1. Relación del Tamaño testicular y efecto de la edad

Los resultados del tamaño testicular de las alpacas machos según edad se presenta en la siguiente tabla.

**Tabla 13.** Tamaño testicular (cm) de alpacas reproductores según edad.

Edad	N	Promedio $\pm$ D.S.	Valores Extremos
3 a 4 años	4	2.47 $\pm$ 0.075 <sup>b</sup>	2.40 – 2.575
5 a 6 años	4	3.35 $\pm$ 0.309 <sup>a</sup>	3.05 – 3.685
Mayores a 7 años	4	3.07 $\pm$ 0.688 <sup>a</sup>	2.43 – 3.72

Fuente: elaboración propia



**Figura 1:** Tamaño testicular (cm) de alpacas reproductores según edad



En la tabla 13 y figura 1, se observa tamaño testicular de los machos reproductores por efecto de edad; en donde los machos de 5 a 6 años mostraron  $3.35 \pm 0.309$  cm que fue similar con los de mayores a 7 años que tuvieron  $3.07 \pm 0,688$  cm y los que los de menor tamaño fueron de 3 a 4 años con  $2.47 \pm 0.075$  cm ( $P \leq 0.05$ ). La diferencia se debe al desarrollo corporal de los animales, ya que en los animales de mayor edad reflejan incremento de tamaño del testículo. (Sumar, 1991)

Estos valores encontrados en el presente estudio son inferiores a los reportes de Ramos (2014), quién registra medidas testicular para los de 3 años 3.12 cm; 4 años 3.17 cm; 5 años 3.11 cm; 6 años 3.22 cm; 7 años 3.14 cm y 8 años 3.32 cm ( $P \geq 0.05$ ). En época lluviosa es 3.29 cm y en época seca 3.07 cm. según zonas agro ecológicas en Puna húmeda fue 3.10 cm y para alpacas de puna seca fue 3.02 cm. La diferencia se debería al medio ecológico y actividad sexual y factor edad de los reproductores.

Además Leyva y García (2001), manifiesta que, la alpaca macho comienza a mostrar interés sexual y están aptos para montar hembras receptivas alrededor del año de edad; habiéndose detectado aumentos significativos en los pesos corporal y testicular entre los 18 y 24 meses de edad. El tamaño testicular, medido a través de su longitud, ancho y grosor, independientemente de la edad y del tratamiento, se incrementó semanalmente, siendo significativo a partir de la quinta (longitud) o séptima (ancho y grosor). Sin embargo, el efecto de la edad y el tratamiento fue dependiente a través de la interacción significativa del tratamiento edad en el largo y ancho de los testículos, donde el mayor

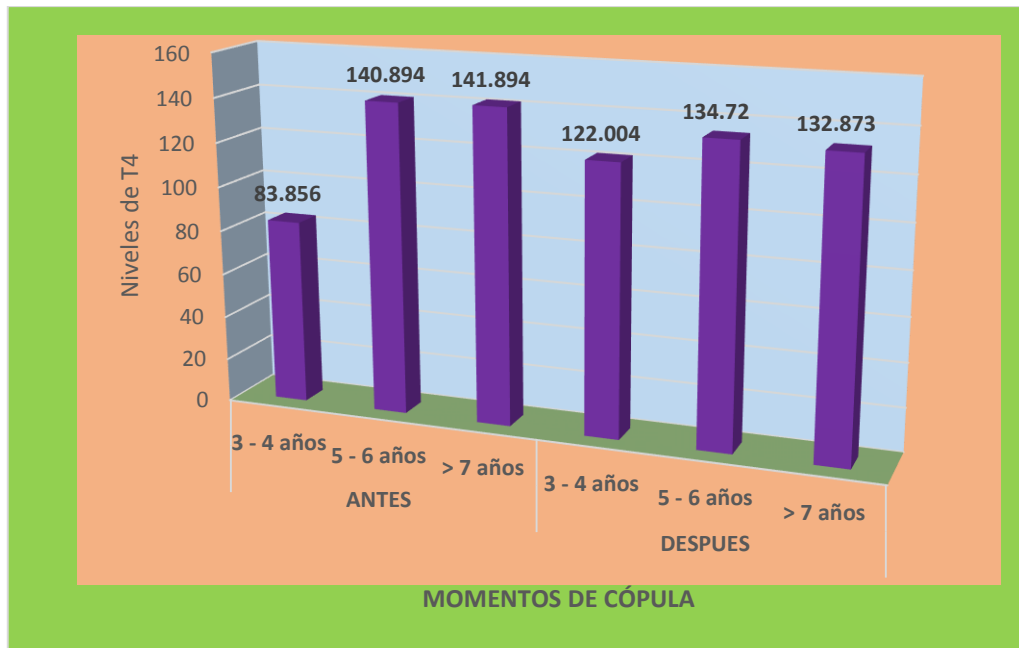
incremento ocurrió en alpacas de un año de edad que no recibieron tratamiento hormonal (T0), mientras que el menor incremento ocurrió en alpacas de la misma edad. Asimismo Bravo (2000), reporta las dimensiones testiculares en la alpaca adulta, promedio de 3.05 cm; mientras que García *et. al.*, (2005), reportan un promedio de 2.75 a 3.75 cm; comparado al tamaño testicular encontrado en el presente estudio, que es de 3.35 cm., estos resultados son similares.

#### 4.1.2. Niveles de testosterona según edad y momento de copula

**Tabla 14.** Niveles de testosterona (ng/dL) de alpacas reproductores según edad y momentos de cópula (antes y después).

Momentos de cópula	Edad	N	Promedio (ng/dL)	D. S.
<b>Antes</b>	3 a 4 años	4	83.86 <sup>b</sup>	29.38
	5 a 6 años	4	140.90 <sup>a</sup>	57.10
	Mayores a 7 años	4	141.89 <sup>a</sup>	41.18
<b>Después</b>	3 a 4 años	4	122.00 <sup>b</sup>	27.71
	5 a 6 años	4	134.72 <sup>a</sup>	20.84
	Mayores a 7 años	4	132.87 <sup>a</sup>	31.38

Fuente: elaboración propia



**Figura 2:** Niveles de testosterona de alpacas reproductores según edad y momentos de cópula (antes y después)

En la tabla 14 y figura 2, se observa los niveles de testosterona en los machos reproductores por efecto de edad y momento de cópula, en donde antes de la cópula, los machos de 5 a 6 años mostraron  $140.90 \pm 57.10$  ng/dL de testosterona en suero sanguíneo, que fue similar con alpacas mayores a 7 años que mostraron  $141.89 \pm 41.18$  ng/dL ( $P > 0,05$ ) y los de menor tamaño fueron de 3 a 4 años con  $83.86 \pm 29.38$  ng/dL ( $P \leq 0.05$ ). Posteriormente a la cópula, los machos de 5 a 6 años mostraron  $134.72 \pm 20.84$  ng que fue similar con los de mayores a 7 años que mostraron  $132.87 \pm 31.38$  ng y los de menor tamaño fueron de 3 a 4 años con  $122.00 \pm 27.71$  ng/dL ( $P \leq 0.05$ ), en cuanto a los de 3 y 4 años aumentaron los niveles de testosterona después de la copula esto se debería a que tan solamente empadran una sola vez por día a diferencia de los otros machos de mayor edad que empadran más una vez.

Los valores encontrados en este estudio son inferiores al reporte de Carpio (1999), donde en animales de 2 años mostraron niveles de testosterona de 216.30 ng/dL en suero sanguíneo, los de 3 años produjeron 538.50 ng/dL y los 3.5 años 524.70 ng/dL.

Además, el reporte de niveles de testosterona en alpacas y Llamas por Cebra, *et al.* (2015), supera a los resultados del presente estudio, donde en animales de 2 años, mostraron niveles de testosterona 216.30 ng/dL en suero sanguíneo, los de 2.5 años produjeron 283.50 ng/dL, los de 3 años mostraron 538.30 ng/dL y los mayores a 3.5 años mostraron 524.70 ng/dL en suero sanguíneo.

También se aprecia a medida que aumenta la edad de los reproductores incrementa el tamaño testicular y por ende el aumento de los niveles de testosterona en llamas y alpacas tal como menciona Cebra *et al.*, (2015), mientras, en el resultado que obtuvimos en el presente estudio se observa que antes del apareamiento la concentración de testosterona es elevado en los reproductores y posterior a la actividad de cópula ha disminuido los niveles de testosterona.

La concentración basal de testosterona en llamas son de 6-9 ng/dL y están presentes en la sangre desde el nacimiento hasta la edad de aproximadamente 20 a 21 meses; posterior a esa edad, las concentraciones de testosterona aumentan rápidamente hasta llegar a 100 ng/dL; los adultos alcanzan los niveles de testosterona a la edad de 2 años en alpacas y muestran variación estacional. Adicionalmente,

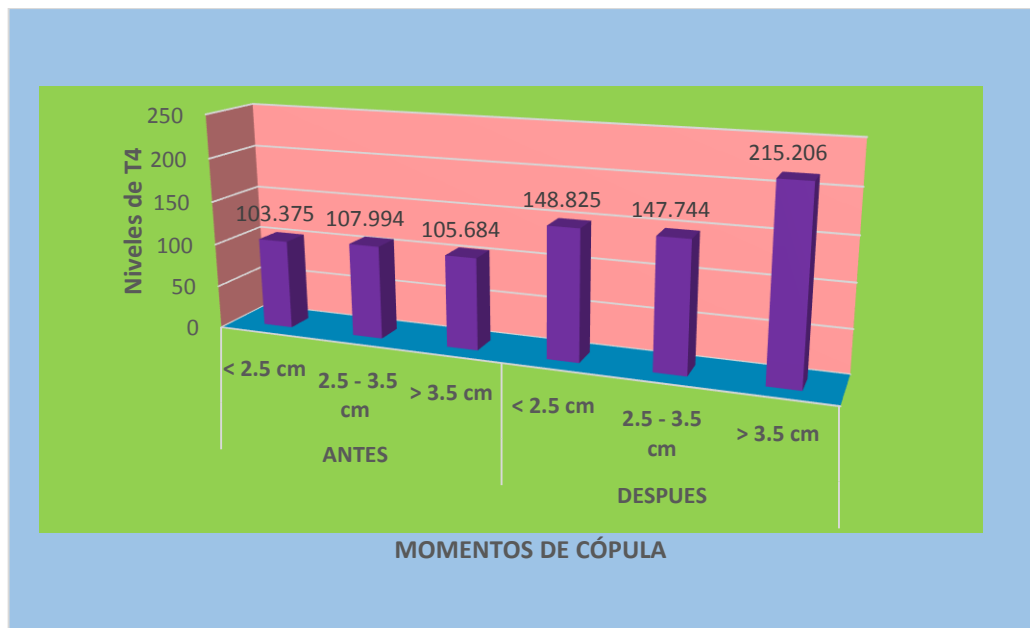
las concentraciones de testosterona no varían con la altitud. La concentración de testosterona fueron  $590.00 \pm 18$  ng/dL en alpacas machos mantenidos a nivel del mar, tienen una concentración de  $430 \pm 1.2$  ng/dL en alpacas machos que viven en las alturas tal como menciona Sumar et al. (1990).

#### 4.1.3. Niveles de testosterona según tamaño testicular y momento de copula

**Tabla 15.** Niveles de testosterona de alpacas reproductores según tamaño testicular de antes y después de la cópula

Momentos de cópula	Tamaño	N	Promedio (ng/dL)	D. S.
<b>Antes</b>	Menor a 2.5 cm	4	103.375 <sup>b</sup>	42.86
	De 2.5 a 3.5 cm	4	107.994 <sup>a</sup>	57.096
	Mayores a 3.5 cm	4	105.684 <sup>a</sup>	42.957
<b>Después</b>	Menor a 2.5 cm	4	148.825 <sup>b</sup>	42.019
	De 2.5 a 3.5 cm	4	147.744 <sup>b</sup>	20.841
	Mayores a 3.5 cm	4	215.206 <sup>a</sup>	63.162

Fuente: elaboración propia



**Figura 3:** Niveles de testosterona de alpacas reproductores según tamaño testicular antes y después de la cópula.

En la tabla 15 y figura 3, se observa los niveles de testosterona en los machos reproductores por efecto del tamaño testicular y momento de cópula; en donde antes de cópula, los machos con testículos menores a 2.5 cm produjeron  $103.36 \pm 42.86$  ng/dL en suero sanguíneo que fue similar a los machos con 2.5 a 3.5 cm mostraron  $107.99 \pm 57.10$  ng/dL en suero sanguíneo ( $P \geq 0,05$ ) y los machos que poseen mayores a 3.5 cm del tamaño testicular mostraron  $105.684 \pm 42.96$  ng/dL ( $P \geq 0.05$ ). Luego, después de cópula, los machos con testículos menores a 2.5 cm produjeron  $148.825 \pm 42.02$  ng/dL que fue similar a los machos con 2.5 a 3.5 cm produjeron  $147.744 \pm 20.84$  ng/dL y los machos que poseen mayores a 3.5 cm del tamaño testicular mostraron elevadas concentraciones  $215.206 \pm 63.16$  ng/dL ( $P \leq 0.05$ ). Las concentraciones de T4 en los reproductores no mostraron diferencias entre antes y después de la actividad sexual sí se observó diferencias entre reproductores que poseen mayores a 3.5 cm que superó a los dos

anteriores; lo cual se debería al estímulo del contacto sexual con la hembra.

Los valores encontrados en este estudio son inferiores al reporte de Carpio (1999), donde los animales con 2.9 cm de tamaño testicular tuvieron niveles de testosterona 216.30 ng/dL en suero sanguíneo, con 3.7 cm produjeron 538.50 ng/dL con 4.2 cm de mostraron 524.70 ng/dL., En alpacas machos mantenidos a nivel del mar tienen una concentración de  $430 \pm 1.2$  ng/dL, en alpacas machos que viven en las alturas es de 1000 - 1200 ng/dL, diferencias que podría deberse al efecto medio ecológico.

Además, el reporte de niveles de testosterona en alpacas y Llamas Cebra, *et al.* (2015), supera a los resultados del presente de investigación, donde en animales con 2.27 cm de tamaño testicular mostraron niveles de testosterona 216.30 ng/dL en suero sanguíneo, los de 3.00 cm produjeron 283.50 ng/dL y con 3.10 testicular mostro 524.70 ng/dL, diferencias que podría deberse al efecto medio ecológico.

#### **4.2. Fertilidad en alpacas hembras por efecto de frecuencia de cópulas de machos reproductores.**

Los resultados de fertilidad de alpacas hembras según el efecto de frecuencia de cópulas de alpacas machos se presenta en la siguiente tabla.

**Tabla 16.** Fertilidad de alpacas hembras según frecuencia de cópulas

Reproductores machos	Número de reproductores	Número total de cópulas	Número de preñadas	Porcentaje de preñadas
Primera copula	30	30	12	40.0
Segunda copula	30	60	33	55.0
Tercera copula	8	24	12	50.0

Fuente: elaboración propia

En la tabla anterior se observa porcentaje de fertilidad en alpacas hembras por efecto del número de cópulas del macho; en donde los machos que aparearon una vez por día mostraron fertilidad de 40 %, los que aparearon dos veces por día alcanzaron 55.0 %; las que aparearon 3 veces logró 50%. La diferencia que se encontró se debería a diversos factores; como es el tiempo de descanso de la actividad sexual; apareamiento en forma diaria, comportamiento de producción de espermatozoides; mientras en hembras podría ser fallas en la ovulación, fertilización y nidación por factores hormonales.

Los índices de fertilidad encontrada en el presente estudio son inferiores a los reportes de Apaza *et al.* (1999) quien reporta fertilidades de 85 a 90 % con una sola cópula en forma diaria mediante empadre controlada; trabajos realizados en la comunidad de Huanacamaya y CIP Quimsachata de la zona puna seca.



En CIP la Quimsachata, la tasa de concepción promedio al primer servicio fue del 57.86%, tasa superior al presente estudio condición probable mayor disponibilidad de pastos en esos años tal como reporta Calsin (2011)

La tasa de concepción al primer servicio en alpacas en condiciones de puna seca desde 1998 al 2003 fue de 68.81 % con tendencia disminuir en relación al tiempo tal como reporta Pari (2005), tasa superior al presente estudio condición debido probablemente a la mayor disponibilidad de la biomasa de la pastura natural relacionada con la mayor precipitación pluvial en esos años, respecto al presente estudio.

En el CIP Chuquibambilla, al evaluar los índices reproductivos en alpacas primerizas de la raza Suri la tasa de concepción al primer servicio fue de 42.73% tal como reporta Olarte *et al.* (2009). La tasa de fertilidad está relacionada con el número de servicios por día, la que es mayor cuando se realizan menor número de servicios por día. Por lo que se deduce que la menor tasa de concepción se debe también a una disminución de la tasa de la efectividad de los servicios en el mismo día tal como menciona Bravo *et al.* (1995).

## V. CONCLUSIONES

El tamaño testicular varía según edad del macho; la concentración de testosterona en los machos incrementó tanto antes y después de la cópula, a mayor tamaño testicular, mayor cantidad de testosterona por efecto de la alimentación y clima.

La fertilidad en alpacas hembras por efecto de frecuencia de cópulas fue de 40, 55 y 50% con 01, 02 y 03 cópulas por día, respectivamente, a mayor frecuencia de copula igual porcentaje de preñez.

## VI. RECOMENDACIONES

Realizar selección de reproductores considerando el tamaño testicular, lo cual permite predecir niveles de testosterona y concentración espermática.

Utilizar machos hasta tres copulas por día en el periodo reproductivo en forma inter diaria.

## VII. REFERENCIAS

- Adams, C.L, C. Moir, y P. Shiach, (1989). Plasma progesterone concentrations in pregnant and non-pregnant llamas (*Lama glama*). *Veterinaria revista*. 125: 618-620.
- Adams C. (2000). The genome sequence of *Drosophila melanogaster*. *Science* 287: 2185
- Alanoca, F. (1978). Descripción de algunos aspectos macro-microscópicos del aparato reproductor masculino de la alpaca. Tesis facultad de medicina veterinaria y zootecnia Universidad Nacional del Altiplano Puno- Perú.
- Apaza, N. y T. Huanca, (1998). Influencia de la época de empadre en alpacas sobre la mortalidad de crías en condiciones de puna seca. Libro de resúmenes del II Congreso mundial sobre camélidos, Cusco.
- Apaza, N. y T. Huanca, (1999). Influencia de la época de empadre en alpacas sobre la mortalidad de crías en condiciones de puna seca. Libro de resúmenes del II Congreso mundial sobre camélidos, Cusco.
- Apaza, N., R. Sapana y T. Huanca, (2001). Inseminación artificial en alpacas con semen fresco en comunidades campesinas. *Rev Invest Vet, Perú Supl.* 1: 435-438.
- Barenton, B. Y J. Pelletier, (1983). "Seasonal changes in testicular gonadotropin receptors and steroid content in the ram". *Endocrinology*, 112 (4), 1441-1446.
- Bautista, J. (1997). Selectividad y degradabilidad In- Situ de ingesta de pastizales nativos en alpacas y llamas al pastoreo en puna húmeda. *Rev.Alpaka. IIPC UNA. Puno-Peru.vol. 6 N°1.*
- Bearden, J. y J. Fuquay, (1982). *Reproducción animal Aplicada*. Primera edición; Editorial El manual Moderno S.A. de C.U. México.
- Bravo, W. (1998). Avances en la fisiología reproductiva del macho llama y alpaca. Resumen XXI reunión científica APPA 1998 Puno-Perú.

- Bravo, W. y M. Fowler, (1995). The post partum Llamas Fertility After parturition . Biol. Reprod. 51: 1084-1087
- Bravo, PW y J. sumar, (1991). Ultrasonografía del aparato genital del macho llama y alpaca. Res 7 a Conv Int Especialistas en Camelid Sudamer. Argentina: Jujuy. p: 24.
- Bravo W, A. Skidmore, y X. Zhao, (2000). Reproductive aspects and storage of semen in Camelidae. Anim Reprod Sci 62: 173-193. doi : 10.1016/S0378-4320(00)00158-5
- Bourke, D.A., C.L. Adam y C.E. Kyle, (1992). Ultrasonography as an aid to controlled breeding in the llama (Lama Glama). Veter. Record. 130(19): 424-428.
- Bustinza, V. (2001). Crianza, manejo, y mejoramiento genético en alpacas. Primera edición; Editorial Oficina de recursos del aprendizaje. Perú.
- Calderón, W., J. Sumar y E. franco, (1968). Avances en la inseminación artificial de las alpacas (Lama pacos). Revista Facultad de Medicina Veterinaria. Lima. Perú. 22:19- 35.
- Calsin, B. (2011) eficiencia reproductiva y repercusión económica en la crianza de alpacas huacaya del centro de investigación y producción Quimsachata INIA puno. Tesis de maestría. Facultad medicina veterinaria y zootecnia. Universidad Nacional del Altiplano Puno. 74 pp.
- Carpio, M. (1999). Presencia de espermatozoides, Niveles de testosterona y tamaño testicular en alpacas, II congreso mundial Sobre camélidos sudamericanos Cusco Perú.
- Cebra,C., A. Tibary y J.saun, (2015) llama and alpaca care. Edit. Elseiver, 1ra edición, Canada.
- Chacón, J., L. Rafael y J. Otero, (2014). “Relación Entre La Circunferencia Escrotal, El Crecimiento Testicular Y Parámetros de Calidad de Semen En Toros de Raza Guzerat, Desde La Pubertad Hasta Los 36 Meses de Edad.” Revista de Medicina Veterinaria (27): 73–87.

- De Carolis, G. (1987). Descripción del sistema ganadero y hábitos alimentarios de camélidos domésticos y ovinos en el bofedal de Parinacota. Tesis Ing. Agr. Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales. Universidad de Chile, Santiago. 291 pp.
- England, B., W. Foote, y S. Riera, (1969). Ovulation and corpus luteum function in the llama. *J. Endocrinol.* 45: 505-513.
- Escobar, M. (2000). Niveles Séricos de Testosterona en Relación al Tamaño testicular en Vicuñas Tesis Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia Universidad Nacional del Altiplano Puno.
- Fernández-Baca, S. Y C. Novoa, (1968). Primer ensayo de inseminación artificial de alpacas (*Lama pacos*) con semen de vicuña (*Vicugna vicugna*). *Revista Facultad de Medicina Veterinaria. U.N.M.S. Marcos. Perú.* 22: 9-18.
- Fernández-Baca, S., D. Madden y C. Novoa, (1970). Effect of different mating stimuli on induction ovulation in the alpaca. *J. Reprod. Fert.* 22: 3-20.
- Fernández-Baca, S. (1971). La alpaca, reproducción y crianza. Lima. Ministerio de Agricultura. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura. Boletín de Divulgación N° 7, 43 pp.
- Fernández-Baca, S. (1993). Incremento reproductivo en alpacas de explotaciones comerciales mediante método de empadre alternado. *Rev. Inv. Pec. IVIT A., Universidad mayor de San Marcos, Lima.*
- Foster, D., I. Mckelson, y K. RYAN, (1978). "Ontogeny of pulsatile Luteinizing Hormone and testosterone secretion in male lambs". *Endocrinology* 102 (4), 1137-1146.
- Franco, E., N. Condorena, (1979). Sistema de manejo de alpacas. En: Curso internacional de producción de camélidos. Cuzco, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura. Centro Nacional de Camélidos La Raya. pp. 101-108.

- Fowler, M. (1989). The effect of ovarian follicle size on pituitary and ovarian responses to copulation in domesticated South American camelids. *Biology Reproduction*. 45: 553- 559
- García, W., D. Pezo, F. San Martín, J. Olazábal y F. Franco, (2005). Manual del Técnico Alpaquero. Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura (NITA). Estación Experimental La Raya. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima.
- Gore-Langton, R. y D. Armstrong, (1994). Follicular steroid genesis and its control. En: Knobil & Nelly (Eds). *The Physiology of Reproduction*. 2nd Ed. New York: Ravenpress. pp. 571-628.
- Hafez, E. (1993). Reproducción e inseminación artificial en animales. 5ta ed. Nueva Editorial Interamericana S. A. de C. V. México.
- Hafez, E. (2002). Reproducción e Inseminación Artificial en Animales, Editorial Mc Graw- Hill Interamericana, Séptima Edición México.
- Hafez, J. y J. Quirke, (2002). "Testis size and plasma LH as aids to selection for fecundity in sheep". *Anim. Prod.* 24, 148 Abstract.
- Hart, B. y T. JONES, (1975). "Effects of castration on sexual behavior of Tropical Male Goats". *Hormones and Behavior*, 6, 247-258.
- Hochereau de Reviers, MT., AC. Locatelli, C. Pisselet y BP. Setchell, (1993) Effects of a single brief period of moderate heating of the testes on seminiferous tubules in hypophysectomized rams treated with pituitary extract. *J Reprod Fert*; 97: 381- 387.
- Huanca, W. (1998). Importancia de la Evaluación Reproductiva de Alpaca macho resumen XXI APPA 98. Universidad Nacional del Altiplano, Puno-Perú. Pp. 167-169.
- Huanca, T. (1990). Evaluación de cuatro sistemas de empadre en condiciones de puna seca. Libro Resumen Informe Técnico INIEA-Palcotesucor Puno Pp. 13-25.
- Huanca, T. (2004). Inseminación Artificial en Alpacas. Bolt. Proyecto de Investigación INIA Puno 87 pp.

- Holly, L. (1983). Bases biológicas de la reproducción bovina, Editorial acribia. Primera edición Barcelona España.
- Huanca, W., J. Camacho y A. Cordero, (1998). Evaluación clínica testicular y biometría de alpacas machos en la sierra central Resumen XXI APPA (1998) Puno-Perú.
- Iason, G., D. Elston, (1993). Ultrasonic scanning for determination of stage of pregnancy in the llama (*Lama glama*): a critical comparison of calibration techniques. *J. Agric. Science.* 120: 371-377.
- Jaen, J. (1999) Biometría y Consistencia Testicular de la Alpaca Tesis. Medicina Veterinaria y Zootecnia Universidad Nacional del Altiplano Puno.
- Leyva, V. y W. Garcia, (2001). Administración de testosterona en alpacas con adherencias pene-prepucales. *Invest. Práctica privada. IVITA- Marangani, FMV-UNMSM.RIP 10: 11: 16.*
- Macniven, V., L.A. Raggl, (1993). Estudios preliminares sobre la explotación de alpacas en el secano central de Chile. *Monografías Med. Vet.* 15(1, 2): 87-93.
- Matamoros, R., C. Gómez y M. Andaur, (2002). Hormonas de utilidad diagnóstica en medicina veterinaria. *Arch. Med. Vet.* XXXIV, n° 2, 167- 182.
- Novoa, C. (1970). Effect of different mating on induction of ovulation in the alpaca. *J. Reprod. Fert.* 22: 261-267.
- Novoa, C. (1984). Incremento reproductivo en alpacas de explotaciones comerciales mediante método de empadre alternado. *Revistade Investigación Pecuaria Ivita. Universidad San Marcos. Lima - Perú.* 2: 191-193.
- Novoa, C. (1991). Fisiología de la reproducción de la hembra.. *Avances y perspectivas del conocimiento de los camélidos sudamericanos.* Santiago de Chile: FAO. P 93-103.



- Novoa, C., J. Sumar y E. Franco, (1996). Empadre complementario de alpacas hembras vacías. Boletín extraordinario-Rio Ivita. Unmsm. Lima - Perú. Sitio Argentino de producción animal 4 de 4.
- Obando, A. (1992). Complementación al estudio anatomo histológico del testículo de la alpaca. Tesis facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia Universidad Nacional del Altiplano Puno.- Perú.
- Olarte, C., R. Rojas, N. Luque y L. Condori, (2009). Eficiencia reproductiva en alpacas de la raza Suri. En: Resúmenes y Trabajos del V Congreso mundial sobre camélidos Riobamba-Ecuador.
- Ózsar, S., B. Giiven y D. Van de Wiel, (1990). "Testosterone and LH concentrations in the male Angora goat during puberty". Anim. Reprod. Sci. 23, 3 19-326.
- Panuera, M. (1989). Lesiones macroscópicas y microscópicas en testículo de alpacas en cuatro empresas de Puno. Tesis. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia Universidad Nacional del Altiplano Puno.
- Pacheco, J. (2008). Sistema de empadre controlado en camélidos sudamericanos. REDVET, Vol IX, n° 4. pp 1-17.
- Palomino. H. (2001). Transplante y Micro manipulación de Embriones de Bovinos y Camélidos de los andes Primera Edición Lima Perú.
- Pari, R. (2005). Principales factores individuales sobre algunos parámetros reproductivos en alpacas hembras de puna seca en el anexo experimental Quimsachata. Tesis para optar el Título de Médico Veterinario y Zootecnista Tesis. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia Universidad Nacional del Altiplano Puno.
- POLLARD, J., LITTLEJOHN, R. AND SCOTT, I.( 1994). The effects of mating on the sexual receptivity of females alpacas. Animal Reproduction Science. 34: 289-297.
- Pelletier, J., P. Chemineau, y J. Delgadillo, (2000). "Seasonality of sexual activity and its photoperiodic control in the adult ram and he-goat". 11th Int. Congr. on Anim. Reprod. and A. 26-30, Junio, Dublin, Irlanda. 212-219..

- Plasencia, A. (1982). Copia mimeografiada. Reproducción animal, Universidad Nacional del Altiplano Puno.- Perú.
- Quispe, F. (1987). Evaluación de características físicas del semen de la alpaca durante la época de empadre Tesis. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia Universidad Nacional del Altiplano Puno.
- Quispe, C. (2002). Intervalo de monta y número de servicios en la reproducción de llamas primerizas y adultas. Universidad Mayor de San Andrés. Tesis de grado. p. 8-9.
- Ramos, J. (2014). Tamaño testicular según edad, época y zona agroecológica en alpacas (*Vicugna paco*)". Tesis para optar el título profesional de Médico Veterinario y Zootecnista – Universidad Nacional de Altiplano – Puno.
- Raggi, L., T. Ulrich, G. Castellaro, y M. Zolezzi (1996). Utilización de diferentes métodos de diagnóstico de gestación, en un rebaño de alpacas (*Lama pacos*) y llamas (*Lama glama*) en el alt de la I región de Chile. Avances en Ciencias Veterinarias. 11(1): 10-15.
- Reiner, R., F. Bryant, (1983). A different sort of sheep. *Rangelands*, 5(3): 106-108.
- Rojas, E. (1998). Determinación de la temperatura testicular y su influencia sobre la espermatogenesis en la alpaca de la raza huacaya. Tesis. Tesis. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia Universidad Nacional del Altiplano Puno-Perú.
- Saelzer, R., J. Pedro y A. Hervé, (1989). Diagnóstico de gestación temprana en ovejas mediante ecografía transrectal. Avances en Medicina Veterinaria, Vol.4 (2).
- Salau D. (1984). "Spermatozoa aulpul, testicular sperm reserve and epididimal storage capacity of the Red Sokolo goats indigenous to Northern Nigeria". *Theriogenology*, 21(2), 3 17-324.
- Sato, A y L. Montoya,(1990). Aparato reproductor de la alpaca (*Lama pacos*). Anatomía macroscópica. IVITAICICCS. Lima Perú.

- Senger, P. (2003). Pathways to pregnancy and parturition. Second edition revised. Current Conceptions, inc. Pullman, Washington, USA.
- Sorensen, M. (1982). Reproducción animal. Principios y prácticas segunda edición. Nueva Editorial Interamericana. Mc. Graw. Hill. México.
- Sumar, J. y V. Leyva, (1961). Rol del cuerpo lúteo en el mantenimiento de la preñez en la alpaca (Lama pacos). LV Conv. Int. Cam. Sud. Cs. Af, Chile.
- Sumar, J., F. franco y V. Alarcón, (1990). Niveles de testosterona circulante en la alpaca (Lama pacos) y llama (Lama glama) en diversas estaciones del año. Memorias 11 jornada internacional de biopatología andina. Instituto de la altura. Universidad Peruana Cayetano Heredia. Lima. Perú.
- Sumar, J. (1991). Avances y perspectivas del conocimiento de los camélidos sudamericanos. Revista FAO. Pp. 114-117 Santiago-Chile.
- Sumar, J. (1983). Studies on Reproductive pathology in Alpacas Faculty of veterinary medicine UNMSM- Lima.
- Sumar, J. (2002). Llamas y alpacas en: reproducción e inseminación artificial en animales.; B. Hafez (Eds.) 7ª Ed. En Español. pp. 224-242.
- Smith, B. (1988). Pregnancy diagnosis in the llama. Llamas, (Nov./Dec.): 25-30.
- Smith, M. (1999). The reproductive anatomy and physiology of the male goat. En: Current Therapy in Theriogenology. Diagnosis, treatment and prevention of reproductive diseases in small and large animals. D.A. Morrow (ed). W.B. Saunders Company. Philadelphia, USA. p 616 - 618.
- Skidmore, L. (2000). Anatomía del tracto reproductivo en camélidos. Recent advances in camelid re- production. segunda edición, editorial ivis, Ithaca, New York. USA.
- Vaughan, J., D. Galloway, y D. Hopkins, (2003). Artificial Insemination in Alpacas (Lama Pacos). A report for the Rural Industries Research and Development Corporation. RIRDC Publication No 03/104.
- Wenceslao, H. (2004). Conservación de Espermatozoides Obtenidos a través del Conducto Deferente de Alpacas (Lama pacos) y Llama (Lama glama), y su posterior Viabilidad. Tesis FMVZ-UNA Puno.

Wood, R. y D. Foster, (1992) prenatal androgens and the timing of seasonal reproductions transitions in sheep. *Biol Reprod.*; 47: 389-396.

# ANEXOS

### Anexos A.

**Cuadro A.1:** ANVA para tamaño testicular en alpacas reproductores

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft0.05
Entre edad	2	1.676	0.838	4.51	4.26
E.E	9	1.671	0.186		
Total	11	3.347			

**Cuadro A.2:** ANVA para niveles de testosterona en alpacas machos según edad

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft0.05
Edad	2	8736.903	4368.452	1.63	4.26
EE	9	24120.272	2680.03		
To	11	32857.176			

**Anexos B.****Cuadro B1.** *Registro de biometría testicular de macho del grupo experimental*

n° arete	Edad	TES. DERECHO			TES. IZQUIERDO		
		largo	Ancho	consistencia	largo	ancho	Consistencia
113215	3 años	3	1.7	bueno	3	1.9	Bueno
275215	3 años	3	1.8	bueno	3	2	Bueno
124215	3 años	3.2	1.9	bueno	3.2	2	Bueno
612	4 años	3	2	regular	2.9	1.9	Regular
365312	6 años	3.8	2.5	bueno	3.8	2.1	Bueno
12112	6 años	3.6	2.6	Bueno	3.8	2.5	Bueno
579	6 años	4.6	2.7	Bueno	4.8	2.6	Bueno
139212	6 años	4.7	2.5	Bueno	4.6	2.4	Bueno
272211	7 años	3.2	1.8	Bueno	2.9	1.8	Bueno
341311	7 años	3.2	2.1	Bueno	2.9	1.9	Bueno
36109	8 años	4.8	2.8	Bueno	4.7	2.6	Bueno
48109	8 años	4.5	2.7	Bueno	4.4	2.8	Bueno

**Cuadro B2.** Registro de empadre por fechas y el número de repeticiones por macho.

fecha de empadre	numero de arete del macho	numero de arete de la hembra				total de copulas
		1ra copula	2do copula	3ra copula	4to copula	
19/01/2018	124215	90114				1
	113215					0
	275215	366312				1
	612	233210	539313			2
	579	241215	104108			2
	139212	120206	36107			2
	365312	347311	229213	21107		4
	12112	356208	282315	216215		3
	341311	93212	295315			2
	272211	258215	s.a.	90104		3
	36109	256215	172215	234214		3
	48109	379307	476			2
22/01/2018	124215					0
	113215	339205				1
	275215					0
	612	116215				1
	579	73216				1
	139212	310310				1
	365312					0
	12112	27114	80114			2
	341311	156215				1
	272211	142209				1
	36109	26116	239215			2
	48109	52216				1
24/01/2018	124215	79114				1
	113215	251215				1
	275215	72216				1
	612	79113	SA			2
	579	206214	252215			2
	139212	54216				1
	365312	430213	181316	125216		3
	12112	107216	48216			2
	341311	37116				1
	272211	167316				1
	36109	156216	284315			2



	48109	62216				1
01/02/2018	124215	502309	281311			2
	113215	263214	225211			2
	275215	26113	219214			2
	612	179215				1
	579	139215	30114			2
	139212	291315	235214			2
	365312	255215	115114	382309		3
	12112	392308	42115			2
	341311	256310				1
	272211	331311	316315			2
	36109	137211	43115			2
48109	5110				1	
09/02/2018	124215	68111	129211			2
	113215	319209				1
	275215	404213	287212			2
	612	548313	592413			2
	579	38105	107210			2
	139212	4110				1
	365312	312212	4109	4109		3
	12112	2109	20115			2
	341311	168214				1
	272211	261206				1
	36109	253213	52111			2
48109	145113				1	
01/03/2018	124215	303310				1
	113215	143107	379309			2
	275215	294310	299208			2
	612	226209				1
	579	282214				1
	139212	499309				1
	365312	6110	32111	163212		3
	12112	280310	218209			2
	341311	402205				1
	272211	338309	266212			2
	36109	295203	285209			2
48109	126210				1	

**Cuadro B3.** Registro de diagnóstico de preñes por ecografía, después de cuarenta días post empadre.

02/03/2018		06/03/2018		08/03/2018		15/03/2018		23/03/2018		10/04/2018	
arete	resultado	arete	resultado	arete	resultado	arete	resultado	arete	resultado	arete	resultado
256215	preñada	26116	vacía	156216	vacía	137211	preñada	253213	preñada	295203	preñada
241215	vacía	73216	vacía	206214	preñada	139215	vacía	38105	vacía	282214	vacía
379307	vacía	52216	preñada	62216	vacía	5110	vacía	145113	vacía	126210	vacía
120206	vacía	310310	vacía	54216	preñada	291315	preñada	4110	vacía	499309	preñada
356208	vacía	245215	vacía	430213	vacía	255215	vacía	312212	preñada	6110	preñada
93212	vacía	27114	preñada	107216	preñada	392308	preñada	2109	preñada	280310	vacía
90114	preñada	156215	preñada	37116	preñada	256310	vacía	168214	preñada	402205	vacía
258215	preñada	142209	preñada	79114	vacía	502309	preñada	68111	vacía	303310	vacía
233210	preñada	116215	vacía	167316	vacía	331311	preñada	261206	vacía	338309	Vacía
366312	preñada	339205	preñada	79113	vacía	179215	vacía	548313	vacía	226209	Vacía
172215	preñada	239215	preñada	251215	preñada	263214	preñada	319209	preñada	143107	Vacía
104108	preñada	83216	vacía	72216	vacía	26113	preñada	404213	preñada	294310	Preñada
476	preñada	81216	preñada	284315	preñada	43115	preñada	52111	vacía	285209	Vacía
36107	preñada	80114	vacía	252215	preñada	30114	preñada	107210	preñada	32111	Vacía
282315	preñada			181316	vacía	235214	preñada	4109	vacía	218209	Vacía
295315	preñada			48216	preñada	115114	preñada	20115	vacía	266212	Vacía
s.a.	preñada			s.a.	vacía	42115	vacía	129211	vacía	379309	Vacía
539313	vacía			125216	preñada	281311	preñada	592413	preñada	299208	Vacía
234214	vacía					316315	preñada	287212	vacía	163212	Vacía
216215	vacía					225211	preñada	124313	preñada		
90104	preñada					219214	preñada				
						382309	vacía				

**Cuadro B4.** Niveles de testosterona de alpacas machos por fecha del antes y después del empadre

Edad	arete	19/01/2018		22/01/2018		01/02/2018		01/03/2018	
		antes	después	antes	después	antes	después	antes	Después
3 y 4 años	612	69.9	61.6	128.9	78.8	101.2	273.5	195.3	115
	113215	86.6	55.2	31.2	33.8	43.8	243.3	55.1	69.4
	275215	179.2	219.9	9.6	296.8	78.2	113.6	69.3	162.3
	124215	85.8	243.1	115.9	85.8	47.8	134.8	43.9	23.9
5 y 6 años	139212	219.5	40.3	78.8	69.5	30	78.2	54.2	35.8
	365312	113.1	19.9	219.5	199.4	218.8	144.9	199.2	220.3
	121112	198.2	25.1	14.8	113.3	12.4	219.5	17.7	242.8
	579	219	218.3	274.8	55.8	155.2	100.2	219	28.5
7 a más años	36109	243.7	430.9	194.4	428	74	342.7	272.9	383.8
	48109	54.6	343.1	40.4	273.2	198	342.7	145.8	272.3
	341311	54.2	163.1	129.2	145.4	37.9	163.4	219.5	219.2
	272211	199.2	220.3	199	128.1	162.1	129.4	45.4	180.2

**Anexos C**



**Foto C1.** Selección de alpacas machos para el grupo experimental.



**Foto C2.** Machos del grupo experimental.



**Foto C3.** Biometría testicular.





**Foto C4.** *Empadre y registro .*



**Foto C5.** *Centrifugación y extracción de suero sanguíneo*



**Foto C6.** *Diagnóstico de preñez por ecografía.*



**Foto C7.** *Kit de reactivos para el análisis de testosterona*