

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE ZOOTECNIA**



**“EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN PROTEICA EN ALPACAS  
GESTANTES SOBRE LOS NIVELES DE INMUNOGLOBULINA G Y  
PESO AL NACIMIENTO DE CRÍAS”**

Presentada por:

**ROSALÍA QUICHUA BALDEÓN**

Tesis para Optar el Título de Profesional de:

**INGENIERO ZOOTECNISTA**

Lima – Perú

**2020**

---

**La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación  
(Art. 24 – Reglamento de Propiedad Intelectual)**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE ZOOTECNIA**

**“EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN PROTEICA EN ALPACAS GESTANTES  
SOBRE LOS NIVELES DE INMUNOGLOBULINA G Y PESO AL NACIMIENTO  
DE CRÍAS”**

Presentada por:

**ROSALÍA QUICHUA BALDEÓN**

Tesis para Optar el Título Profesional de:

**INGENIERO ZOOTECNISTA**

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

---

Dr. Gustavo Gutiérrez Reynoso  
Presidente

---

Dr. Carlos Gómez Bravo  
Miembro

---

M.V. Daniel Zárate Rendón  
Miembro

---

M.V. Aída Del Carmen Cordero Ramírez  
Asesor

---

M.V. Oscar Efraín Cárdenas Minaya  
Co-Asesor

## DEDICATORIA

*A mis padres, Pedro Quichua y Gloria Baldeón, por su apoyo constante e incondicional. Son mi motivo para seguir cumpliendo mis sueños. ¡Gracias por su paciencia, ánimo y amor que me han brindado hasta el momento!*

*A mi única hermana, la Licenciada Mercedes, a mi cuñado Aderlhy y a mis bellas sobrinas Netania y Cesia quienes me regalan alegría en los días difíciles. A ustedes dedico todo el esfuerzo puesto en la realización del presente trabajo.*

## **AGRADECIMIENTO**

- *Al Proyecto Nacional de Innovación Agraria, código 063-PI (PNIA): “Estrategias de medidas preventivas para enfrentar el cambio climático en la crianza de alpacas”.*
- *A la Universidad Nacional Agraria la Molina, mi “alma mater”, por brindarme la posibilidad de seguir creciendo como profesional.*
- *Al Centro de Investigación y Producción Quimsachata, Anexo de la Estación Experimental Agraria Illpa del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) - Puno, por todas las facilidades y posibilidades de culminar la parte experimental del presente trabajo de investigación.*

## AGRADECIMIENTOS

- *Agradezco a Dios Todopoderoso por ayudarme y acompañarme hasta este feliz momento en el que culmino esta investigación y sé que me seguirá ayudando.*
- *A mi estimada doctora Aida Cordero, asesora del proyecto, quien más que una profesora y mentora ha sido una gran amiga; quien contribuyó mucho en mi formación, elaboración y culminación de mi tesis. Así mismo, agradeciendo su tiempo, confianza y permitirme trabajar en esta investigación*
- *Al doctor Óscar Cárdenas por su paciencia, confianza, por la gran labor que realizó al tenerme bajo su dirección y por las enseñanzas que me brindó.*
- *A los miembros del jurado: Dr. Gustavo Gutiérrez, Mg. Sc. Daniel Zarate, Dr. Carlos Gómez por el aporte que me brindaron para la culminación de la presente investigación.*
- *A la futura Médico Veterinario Paola por su apoyo y amistad, quien más que una amiga fue como una hermana*
- *A todas aquellas personas que de una u otra forma ayudaron día a día a enriquecer mi conocimiento y formación como persona.*

## ÍNDICE GENERAL

<b>RESUMEN .....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>ii</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>3</b>
2.1 Aspectos generales .....	3
2.2 Fisiología y anatomía de sistema digestivo de la alpaca .....	4
2.3 Alimentación en alpacas gestantes .....	6
2.3.1 Pastos naturales .....	6
2.3.2 Alternativas alimentarias .....	7
2.4 Requerimientos nutricionales.....	8
2.4.1 Proteínas .....	10
2.4.2 Energía.....	13
2.4.3 Fibra.....	14
2.4.4 Vitaminas y minerales .....	15
2.4.5 Agua .....	16
2.5 Calostro .....	17
2.5.1 Composición del calostro.....	17
2.5.2 Tiempo y calidad de ingestión de calostro.....	18
2.6 Inmunoglobulinas.....	19
2.6.1 Inmunoglobulinas G .....	20
2.6.2 Factores que condicionan los niveles de inmunoglobulinas .....	22
2.7 Peso de las crías .....	24
2.7.1 Factores que condicionan el peso al nacimiento .....	25
2.8 Mortalidad en crías.....	26
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>29</b>
3.1 Lugar y fecha de ejecución .....	29
3.2 Animales.....	29
3.3. Instalaciones, materiales y equipos .....	30
3.3.1 Instalaciones.....	30
3.3.2 Materiales .....	32
3.3.3 Equipos .....	33
3.4 Tratamientos .....	34
3.5 Adaptación y experimentación de animales .....	36
3.6 Colección de muestras.....	37

3.6.1 Calostro de las alpacas.....	37
3.6.2 Sangre de crías .....	37
3.7 Prueba de inmunodifusión radial .....	38
3.8 Variables evaluadas.....	40
3.8.1 Peso vivo al nacimiento .....	40
3.8.2 Concentración de Inmunoglobulinas G en calostro y sangre .....	40
3.8.4 Ganancia de peso diario.....	42
3.9 Diseño experimental.....	42
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>43</b>
4.1 Peso vivo del nacimiento en crías de alpaca .....	43
4.2 Concentración de IgG calostrales según la condición de las madres .....	47
4.3 Concentración de IgG séricas en crías, a las 24 horas de nacidas, según la condición de las madres .....	51
4.4 Ganancia de peso en crías hasta las dos semanas de nacidas según condición de las madres .....	55
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>58</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>59</b>
<b>VII. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>60</b>
<b>VIII. ANEXOS.....</b>	<b>72</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Contenido nutricional para consumo de alpacas gestantes.....	10
Tabla 2: Análisis proximal porcentual del concentrado comercial .....	34
Tabla 3: Análisis proximal porcentual del heno de avena .....	35
Tabla 4: Suplemento proteico destinado a alpacas (tal como ofrecido) .....	35
Tabla 5: Análisis proximal porcentual de la pastura natural .....	36
Tabla 6: Efecto de los sistemas de alimentación y número de parto sobre el peso vivo al nacimiento .....	43
Tabla 7: Concentración de inmunoglobulinas G (mg/dl) en calostro de las alpacas posparturientas .....	47
Tabla 8: Concentración de IgG (mg/dl) en sangre de crías, a las 24 horas de nacida .....	52
Tabla 9: Ganancia de peso diario en crías de dos semanas de vida.....	55



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Dormideros en Centro de Investigación y Producción Quimsachata .....	30
Figura 2: Infraestructura productiva del Centro de Investigación y Producción Quimsachata .....	31
Figura 3: Potrero de experimentación .....	31
Figura 4: Área de pastoreo .....	32
Figura 5: Colección de muestras de calostro .....	37
Figura 6: Extracción y procesamiento de sangre .....	39
Figura 7: Materiales de Inmunodifusión Radial .....	41
Figura 8: Medición de los diámetros de los halos .....	41

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Peso al nacimiento de animales experimentales.....	73
Anexo 2: Consideraciones para la cuantificación de inmunoglobulinas G en alpacas por medio de la prueba de Inmunodifusión Radial (Triple J Farms 2017) .....	75
Anexo 3: Concentración de inmunoglobulinas G en calostro determinados por IDR con la lectura del diámetro y ajustados según la curva de calibración .....	78
Anexo 4: Concentración de inmunoglobulinas G en suero sanguíneo determinados por IDR con la lectura del diámetro y ajustados según la curva de calibración.....	79
Anexo 5: Control de pesos iniciales, semanas de gestación y días de consumo .....	80
Anexo 6: Evaluación de los dos supuestos básicos del modelo .....	81
Anexo 7: Análisis estadístico, análisis de varianza y prueba Tukey para peso al nacimiento por alimentación y número de partos.....	83
Anexo 8: Análisis estadístico, análisis de varianza y prueba Tukey para ganancia de peso diario por alimentación y número de partos.....	84
Anexo 9: Análisis estadístico, análisis de varianza y prueba Tukey para inmunoglobulinas G del calostro por alimentación y número de partos .....	85
Anexo 10: Análisis estadístico, análisis de varianza y prueba Tukey para inmunoglobulinas G de sangre por alimentación y número de partos.....	86
Anexo 11: Gráfica de interacción entre los factores de alimentación y número de partos para inmunoglobulinas G del calostro y en sangre.....	87
Anexo 12: Análisis estadísticos descriptivos para peso al nacimiento, ganancia de peso diario, inmunoglobulinas en calostro e inmunoglobulinas en suero sanguíneo .	88
Anexo 13: Curva de calibración y ecuación de la recta.....	89
Anexo 14: Manejo de alpacas parturientas y crías .....	90
Anexo 15: Fotos obtenidas durante la fase experimental.....	91

## LISTA DE ABREVIATURAS

ADN	Acido desoxirribonucleico
BUN	Blood urea nitrogen (Nitrógeno de urea en sangre)
cm	Centímetros
°C	Grados centígrados
CSA	Camélidos sudamericanos
C1	Primer compartimento del estómago de alpacas
C2	Segundo compartimento del estómago de alpacas
C3	Tercer compartimento del estómago de alpacas
CIP	Centro de investigación y producción
EDTA	Ácido etilendiaminotetraacético
FAO	Food and Agriculture Organization (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura)
FTP	Falla en la transferencia pasiva
IDR	Prueba de inmunodifusión radial
IgA	Inmunoglobulina A
IgE	Inmunoglobulina E
IgG	Inmunoglobulinas G
IgM	Inmunoglobulinas M
INIA	Instituto Nacional de Innovación Agraria
kg	Kilogramos
MINAGRI	Ministerio de Agricultura y Riego
mg/dl	Miligramos por decilitro



ml	Mililitro
mm	Milímetro
mm <sup>2</sup>	Milímetro cuadrado
msnm	Metros sobre el nivel mar
NDT	Nutrientes digestibles totales
NH <sub>3</sub>	Amoniaco
NH <sub>4</sub>	Amonio
NNP	Nitrógeno no proteico
NRC	National Research Council (consejo nacional de Investigación)
pH	Potencial de hidrógeno
ppm	Partes por millón
rpm	Revolución por minuto
UDP	Un-degradable Dietary Protein (Proteína no degradable)
ul	Microlitro

## RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la suplementación proteica sobre la concentración de IgG en calostro, peso al nacimiento y concentración de inmunoglobulinas séricas de las crías de alpacas. El estudio se realizó entre los meses de noviembre del 2017 a marzo del 2018 en el Centro de Investigación y Producción Quimsachata, INIA, ubicado en el departamento de Puno. Se seleccionaron cuarenta alpacas con dos tercios de gestación, las cuales se distribuyeron al azar en cuatro tratamientos: T1, gestantes primíparas alimentadas con pasturas naturales; T2, gestantes primíparas alimentadas con pasturas naturales y suplemento proteico; T3, gestantes multíparas alimentadas con pasturas naturales y T4 gestantes multíparas alimentadas con pasturas naturales y suplemento proteico. Se tomaron muestras de calostro a las alpacas madres previo a la ingesta de calostro por la cría, muestras de sangre por la vena yugular de la cría 24 horas después de la ingestión de calostro en la cría, así también se registraron los pesos al nacimiento y la ganancia diaria de peso hasta las dos semanas de vida. La evaluación de las concentraciones de IgG de calostro y sangre fueron determinadas por la prueba de inmunodifusión radial simple. Los resultados muestran mayor concentración de IgG ( $P < 0.05$ ) en el T4 y T2, así mismo, la alimentación con suplemento tuvo mayor influencia respecto al número de partos sobre la concentración de IgG; mientras, el peso vivo al nacimiento, ganancia de peso diario hasta las dos semanas de edad y concentración de IgG séricas en crías de alpacas no mostraron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ). Se concluye que la suplementación proteica con una ración diaria de 250 g de concentrado proteico al 15 por ciento y 150 g de heno de avena en alpacas primíparas o multíparas logró una mejor calidad de calostro que se mide según la concentración de inmunoglobulinas G presentes.

**Palabras clave:** alpaca gestante, calostro, inmunoglobulina G, inmunodifusión radial, suplementación.

## **ABSTRACT**

The aim of the present study was to evaluate the effect of protein supplementation on the concentration of immunoglobulin G (IgG) in colostrum, birth weight and serum immunoglobulin G concentration of neonate alpacas. The study was conducted between november 2017 and march 2018 at the Quimsachata Research and Production Center, INIA, located in the department of Puno. Forty alpacas with two thirds of gestation were selected, which were randomly distributed in four treatments: T1, primiparous pregnant fed with natural pastures; T2, primiparous pregnant fed with natural pastures and protein supplement; T3, multiparous pregnant fed with natural pastures and T4 multiparous pregnant fed with natural pastures and protein supplement. Colostrum samples were taken from the mother alpacas previous to the intake of colostrum by the neonate alpaca, blood samples were taken from the jugular vein of the neonate 24 hours after ingestion of colostrum, also birth weights and daily weight gain up to two weeks of life were recorded. The evaluation of colostrum and blood IgG concentrations was determined by the simple radial immunodiffusion test. The results showed a higher concentration of IgG ( $P < 0.05$ ) for T4 and T2, likewise, the feeding factor had a greater influence than the number of births factor on the concentration of IgG; while live birth weight, daily weight gain up to two weeks of age and serum IgG concentration in neonate alpacas showed no significant differences ( $p > 0.05$ ). It is concluded that the protein supplementation that consisted of a daily ration of 250 g of 15 percent protein concentrate and 150 g of oat hay in primiparous or multiparous alpacas achieved a better quality of colostrum that is measured according to the concentration of immunoglobulin G present.

**Key words:** pregnant alpaca, immunoglobulin G, colostrum, radial immunodiffusion, supplementation.

## **I. INTRODUCCIÓN**

La disponibilidad de alimentos depende primordialmente de la agricultura y de la ganadería, cubriendo así el primer pilar de la seguridad alimentaria e impulsando el desarrollo sostenible de las poblaciones. La ganadería se encuentra afectada por la baja productividad animal que se da sobre todo en condiciones de altura donde se presentan dos periodos con límites no fijos, en la actualidad, por el calentamiento global. Los camélidos sudamericanos son parte del grupo de la población animal que se encuentra en estas condiciones severas (FAO, 2011; Assan, 2014).

Los camélidos sudamericanos son considerados por decreto supremo como producto bandera del Perú. La población de alpacas en el Perú es de 3 685 516 cabezas de alpacas según el censo del 2012, abarcando el 87 por ciento de la población mundial de este camélido; así mismo, Perú es el primer productor de fibra de alpaca a escala internacional. Puno es el primer departamento de mayor población de alpacas con 1 459 903 de ejemplares (MINAGRI, 2016). La crianza y producción de alpacas constituyen una de las principales fuentes de ingreso de muchas comunidades en las zonas alto andinas, este animal se ha adaptado a vivir en altura y zonas de escasos recursos naturales, a pesar de ello proporciona productos de alta calidad (Pinto, 2010).

Sin embargo, existen limitantes para la producción de alpacas; una de ellas es la elevada tasa de mortalidad neonatal que origina la pérdida de unidades productivas tanto para el autoconsumo como para la comercialización, generada por una deficiente nutrición durante el último tercio de gestación, donde se da un incremento importante en el desarrollo fetal. Dicha fase se desarrolla en una época del año con deficiente cantidad y calidad de pasto, originando crías de bajo peso al nacimiento, débiles, a lo cual sumamos la baja calidad del calostro y leche que produce la madre por una mala alimentación durante la gestación (Muñoz, 2007; Australian Veterinary Association, 2016).



Así mismo, las alpacas al nacimiento son agammaglobulinémicas, es decir, no presentan inmunoglobulinas debido al tipo de placenta epiteliocorial difusa de la madre por lo que dependen del calostro para la transferencia pasiva de inmunoglobulinas maternas. La concentración de IgG en suero sanguíneo de las crías aumenta a la ingestión de calostro hasta niveles que proporcionan resistencia contra agentes infecciosos. Las investigaciones realizadas en nuestro país indicaron que el 12 por ciento de crías, en Puno, presentaron fallas en la transferencia de inmunoglobulinas, asociándola con la susceptibilidad a infecciones neonatales (Garmendia *et al.*, 1987; Weaver *et al.*, 2000).

Las pasturas naturales tanto en épocas de seca y lluviosa solo llegan a un contenido proteico de 4.32 y 9.15 por ciento en base seca, respectivamente (Flores, 1996). Mientras que las alpacas en etapas de gestación avanzada y en inicios de lactación requieren un aumento de proteína de 12 a 15 por ciento, debido al crecimiento exponencial de la cría y requerimientos para la producción de calostro, con concentraciones altas de inmunoglobulinas y leche. En otras etapas de las alpacas solo requieren un 8 por ciento de proteína cruda en la dieta para mantenimiento (Cooper, 2006).

Por tanto, Bravo (1987) y Daley *et al.* (2010) indican que la demanda de proteínas en el último tercio de gestación es alta, ya que se necesita producir en las glándulas mamarias la inmunoglobulina G, esta se incrementa para ser transferida por medio del calostro a la cría de alpaca. El desarrollo fetal será óptimo, si se suministran y cumplen con los requerimientos de proteína demandables, los cuales se suman para lograr el crecimiento (Raggi *et al.*, 1997).

El presente estudio tuvo como objetivo determinar el efecto de la alimentación con un suplemento proteico durante el último tercio de gestación en alpacas multíparas y primíparas de la raza Huacaya sobre el peso vivo al nacimiento de las crías, las concentraciones de inmunoglobulinas G en calostro de alpacas post-parturientas e inmunoglobulinas G de los neonatos.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Aspectos generales

Los camélidos sudamericanos (CSA) son mamíferos herbívoros que habitan principalmente países como Perú, Bolivia, Chile, Argentina y Ecuador (Avilés *et al.*, 2018). La alpaca es una de las especies de camélidos sudamericanos, el cual según Linneaus y Miller era clasificada en el género Lama. Investigaciones siguientes, usaron el ADN mitocondrial permitiendo agrupar a la vicuña y alpaca, reclasificando así, a la alpaca como *Vicugna pacos* (Marín *et al.*, 2007).

Los pobladores que viven en las zonas alto andinas tienen como actividad principal, para su subsistencia, la crianza y producción de alpacas gracias a la capacidad de adaptarse a las grandes altitudes y extensas áreas de pastos naturales; tales recursos naturales serían desperdiciados sino hubiese animales que logren vivir a tales condiciones. Tanto la carne como la fibra son de alta calidad y los subproductos como pieles y cuero tienen diversos usos en la industria y artesanía (Bustinza, 2001a; Pinto, 2010).

La crianza de alpacas y llamas es una actividad de alto impacto en el desarrollo socio económico de los pobladores de la zona alto andina, debido a la capacidad de adaptarse a condiciones medioambientales difíciles tanto de altura, 4 000 m.s.n.m., friaje y alimentación con vegetación deficiente, y por su utilidad como fuente de proteína, medio de transporte y recurso para la producción de fibra, en el caso de la alpaca. Por tanto, tales características de los camélidos sudamericanos aumentan el interés de la población (Huanca, 2007a).

La población de alpacas en el Perú es de 3'685,516 cabezas, siendo el país con mayor cantidad de alpacas, seguido por Bolivia y Chile. Considerando las razas, 78.94 por ciento de la población nacional de alpacas representan la raza Huacaya; el 11.99 por ciento, la raza Suri y el 9.07 por ciento, alpacas híbridas (huarizos, mistis y pacovicuñas) (INEI, 2012).

A pesar que la alpaca es un camélido sudamericano, se conoce que Australia y los Estados Unidos son países que cuentan con una población significativa de alpacas; a mediados de 1980 ambos países iniciaron la importación de este valioso recurso, contando con más de 100 mil y 150 mil animales registrados en la actualidad, respectivamente: estas cifras mencionadas, las maneja Australian Alpaca Association y Alpaca Registry Inc. Los productores en ambos países (Australia y los Estados Unidos) crían a los animales por su fibra y carne; esta actividad es creciente por lo que el número de animales está también en aumento (Kishi, 2010).

## **2.2 Fisiología y anatomía de sistema digestivo de la alpaca**

Los camélidos sudamericanos son mamíferos herbívoros considerados pseudorumiante (Fowler, 2008; Avilés *et al.*, 2018). Según la alimentación y digestión eran considerados como rumiantes, debido al hecho de devolver el alimento de unos de los compartimentos del estómago hacia la boca y volverlos a masticar, acto conocido como rumiar; sin embargo, pese a que rumean, actualmente son considerados como no rumiantes por no pertenecer a la familia Ruminantia (Sato, 2017).

El sistema digestivo de las alpacas inicia por los labios, el labio superior está dividido por un surco medio (labio leporino), tienen movimientos independientes y son móviles, permitiéndoles tener la habilidad para seleccionar alimentos bajo condiciones de pastoreo. Dentro de la cavidad bucal presentan incisivos y caninos en ambas mandíbulas, siendo esta característica diferente a los rumiantes como ovinos y bovinos (Bustinza, 2001a). Los incisivos tienen características peculiares, la ubicación oblicua y crecimiento continuo, similar al de los roedores; este sistema dentario, les permite seguir recolectando forraje eficientemente a pesar del paso de los años, favoreciendo su longevidad (Pinto *et al.*, 2010).

Así mismo, se encuentran glándulas salivales, cuya función es la secreción de saliva; esta a su vez cumple las siguientes funciones: lubricar el alimento seco, agregar bicarbonato y fosfato para amortiguar los efectos de los ácidos durante la fermentación, y reciclar nutrientes como la urea y el fósforo. En comparación de los rumiantes (vacunos), la secreción salival es abundante y en mayor cantidad (Yaranga, 2009).

Los CSA presentan un tracto gastrointestinal grande, debido a la alimentación a base de forrajes; poseen un estómago formado sólo por tres compartimentos (C1, C2, y C3). El C1 es el compartimento más grande (similar al rumen de rumiantes), está dividido en dos secciones, craneal y caudal por un pliegue muscular transversal y el C2 es el compartimento más pequeño. Los C1, C2 y parte del C3 están cubiertos por áreas de sacos glandulares distribuidos en forma de celdillas (Engelhardt *et al.*, 2007; Ceron, 2014).

La función de los sacos glandulares del C1 y C2 son la absorción rápida de solutos y agua, aportan también bicarbonato, glicoproteínas y urea, para mantener un ambiente óptimo para los microorganismos (Bustinza, 2001a). Por lo que, los C1 y C2, principalmente el C1, están implicados en los procesos de fermentación y contienen la microbiota necesaria para el aprovechamiento de los vegetales fibrosos; dentro se encuentra la microbiota que contiene un ecosistema complejo que incluye bacterias, protozoos, arqueas y hongos; es el lugar donde ocurre la fermentación del forraje consumido, proceso fundamental para la nutrición del animal (Irlbeck, 2002; Engelhardt *et al.*, 2007; Ceron, 2014; Dittmann *et al.*, 2015).

En el C3 se observa que la parte proximal es semejante al omaso y la parte distal, al abomaso del rumiante (Wang *et al.*, 2000); esta se origina en C2, situado al lado derecho del C1 y tiene forma tubular y alargada, abarca el 11 por ciento del volumen del estómago. Sólo en la parte final de C3 tiene las verdaderas glándulas gástricas que producen la secreción de ácido clorhídrico y tienen un pH de 2 a 3, aquí son absorbidas rápidamente los solutos y el agua. La capacidad tampón de las secreciones glandulares son más altas que en otras especies (Engelhardt *et al.*, 2007; Yaranga, 2009).

El intestino delgado constituye la continuación del compartimiento caudal del estómago, se origina en el píloro y se extiende hasta el orificio ileal. Se presenta como un largo tubo cilíndrico y muy flexuoso. Su calibre es uniforme, exceptuando su porción inicial, la ampolla duodenal fuertemente dilatada. El intestino grueso constituye la continuación del intestino delgado, se origina en el orificio íleocecal y se extiende hasta el canal anal; presentándose como un largo tubo cilíndrico y liso (Ghezzi *et al.*, 2005). Fowler (2010) indica que los camélidos y los rumiantes, tanto la digestión intestinal y la absorción son considerablemente similares.

## **2.3 Alimentación en alpacas gestantes**

La gestación en la alpaca dura aproximadamente once meses y medio, durante los primeros dos tercios la alpaca no presenta un incremento marcado de sus requerimientos alimenticios; en el último tercio de gestación se requiere incrementar los requerimientos nutricionales para el crecimiento del feto. El incremento de feto, placenta y fluidos dentro del útero ocupan un mayor espacio abdominal reduciendo la capacidad de consumo de alimento de la alpaca. La combinación del incremento de requerimientos y la reducida capacidad abdominal resalta la necesidad de aumentar la calidad del alimento en estado de avanzada gestación (FAO, 1996).

Una alimentación adecuada en el último tercio de gestación, según Cooper y Blake (2013) logra crías más sanas, con mejor relación de crecimiento secundario a folículo primario, con crecimiento adecuado en su edad potencial para el apareamiento y madres con nivel creciente de nutrición para su próximo apareamiento. Siendo un inconveniente que haya nacimientos de crías más grandes en alpacas pequeñas por lo que se requiere cierta asistencia para el parto, aunque algunas alpacas tienden a adelantar el parto si la cría está lista, antes de tiempo.

### **2.3.1 Pastos naturales**

La alimentación de los camélidos sudamericanos, en general, lo constituyen los pastos naturales de las praderas que se caracterizan por un predominio de gramíneas con escasa presencia de leguminosas (Bustinza, 2001b). Estos pastos se caracterizan por tener crecimiento y producción estacionaria, además presentan baja concentración de proteínas, esto conlleva que los CSA presenten niveles productivos bajos, tanto en producción de carne como en sus parámetros reproductivos y producción de fibra (Baroni y Suárez, 2017).

Hurtado (2010) considera que los pastos naturales, en nuestro país, deseables por las alpacas se presentan en tres formas, pastos altos, bajos y postrados; dentro de las especies de pastos altos tenemos a la *Festuca humilior* (Qoya); pastos bajos tenemos a *Eleocharis albibracteata* (Qemillo), *Poa candamoana* (Sirsi pasto), *Poa gynatha* (Qachu) y *Scirpus rigidus* (Totorilla); y pastos postrados tenemos a *Alchemilla pinnata* (Sillo sillo), *Cotula mexicana*, *Distichia muscoides* (Kunkuna), *Hipochoeris sp.* (Pilli), *Plantago tubulosa* (Chunocjula), *Trifolium amabili* (Layo), *Werneria sp.* (Tika). Existiendo también especies de pasturas poco deseables pero consumidas ante la ausencia de los pastos mencionados anteriormente.

Los camélidos realizan una selección del alimento que consumen, en el caso de las alpacas ingieren en mayor cantidad hojas especialmente en terrenos húmedos, mientras que las llamas prefieren terrenos más secos donde hacen una selección de gramíneas altas y fibrosas. El consumo del forraje en época seca, en el altiplano, es similar o ligeramente mayor que el consumo en época lluviosa. Este menor consumo en la época lluviosa, a pesar de la calidad alta de las dietas registradas en comparación con la época seca, sería consecuencia del incremento en su capacidad digestiva en respuesta al consumo de forraje de baja calidad durante las épocas secas. Otra respuesta a esta situación, sería el alto contenido de agua de los vegetales durante la estación de lluvia (Cerón, 2014).

### **2.3.2 Alternativas alimentarias**

Los camélidos sudamericanos se alimentan exclusivamente de las pasturas naturales, sin embargo, actualmente como alimentación complementaria en los meses de estiaje se suministra heno de avena cultivada y tratada, como estrategia frente a los efectos de los últimos friajes que se presentaron en las zonas alto andinas. Una pobre nutrición y condiciones hereditarias pueden causar en madres gestantes niveles limitados de calostro y leche (Australian Veterinary Association, 2016).

San Martín (2010) señala que las pasturas cultivadas serían económicamente beneficiosas si son usadas solo como suplemento; así mismo indica consideraciones como el pastoreo restringido de las pasturas cultivadas, corte para heno en época de lluvia, suplementación en el último tercio de gestación, engorde de tuis durante la época de lluvia, suplementación de alpacas hembras en época seca, suplementación de alpacas hembras tuis para inducir una maduración sexual temprana y producir una cría extra en la vida productiva de la hembra.

La fisiología digestiva de las alpacas se caracteriza por ser susceptible al cambio de manejo y composición de la dieta a la cual no están familiarizadas, fenómeno denominado neofobia y se manifiesta como un comportamiento cauteloso con relación a nuevos alimentos, lo cual es superado cuando están junto a su madre y presencia de alimentos familiares al animal (Provenza, 2003).

El entrenamiento predestete de las alpacas es una buena estrategia para reducir la neofobia y familiarizarlos con alimentos nuevos. Por tanto, la edad adecuada de las alpacas para el aprendizaje temprano de consumo de concentrado es a los tres meses de edad, debiendo exponerse al concentrado por un periodo mayor de 11 días para que el alimento sea considerado parte de la dieta diaria (Castro *et al.*, 2017).

## **2.4 Requerimientos nutricionales**

Los camélidos sudamericanos, en su hábitat natural, se alimentan de pastos naturales que crecen en mesetas (altiplano) y laderas de cordilleras con alta incidencia de heladas y precaria disponibilidad de agua (Lupton *et al.*, 2006). La cantidad de forraje disponible varía según la época, pero los animales se adaptan a estos cambios estacionales depositando capas de grasa subcutánea, muscular y retroperitoneal. Aunque los camélidos están adaptados a usar forrajes fibrosos y de bajo contenido nutricional, probablemente no llegan a cubrir sus requerimientos nutricionales (Fowler, 2010).

La alpaca y llama tienen un consumo promedio de materia seca de 1.8 y 2.0 por ciento del peso vivo, respectivamente. La alpaca es más tolerable a la falta de agua, mostrando la capacidad de los camélidos sudamericanos a resistir carencias hídricas, situación en la que se encuentra en condiciones naturales de crianza. La alpaca es una especie altamente adaptable, varía su selectividad de plantas de acuerdo a la disponibilidad del forraje. Por tanto, cuando la disponibilidad de gramíneas es alta y la disponibilidad de herbáceas y plantas parecidas a las gramíneas es limitada, las gramíneas representan la mayor parte de la dieta; mientras, cuando la disponibilidad de las herbáceas es alta, las herbáceas son importantes contribuyentes de la dieta (San Martín, 2010).

Así mismo, Irlbeck (2000) indica de 8 a 14 por ciento de proteína cruda, 33 kg de energía digestible por kg de peso corporal de un animal, 0.3 a 0.85 por ciento de calcio, 0.16 a 0.40 por ciento de fósforo, 0.5 a 1 por ciento de potasio, 0.12 a 0.20 por ciento de magnesio, 13 a 15 ppm de cobre, 60 a 130 ppm de hierro, 45 a 55 ppm de manganeso, 0.4 a 0.6 de selenio, 40 a 50 ppm de zinc, 3000 a 3500 UI/kg de vitamina A, 3000 UI/kg de vitamina D, 17 a 20 UI/kg de vitamina E como requerimientos para llamas y alpacas (en base de materia seca) en mantenimiento; animales en crecimiento, lactancia o en el último tercio de gestación tendrán un mayor requerimiento.

Mientras, Van Saun (2009) indica que las recomendaciones actuales de NRC para el mantenimiento de llama y alpaca están entre 1.07 y 1.37 por ciento del peso corporal en comparación con la recomendación de ovejas entre 1.4 y 1.9 por ciento del peso corporal. Esto contrasta con las tasas de ingesta reportadas de 1.7 y 1.5 por ciento del peso corporal para alpacas de mantenimiento y llamas, respectivamente, basadas en observaciones de alpacas en Sudamérica.

El consumo promedio de materia seca dependerá de la etapa en la que se encuentre el animal; animales en crecimiento, último tercio de gestación y lactación tienen un consumo de 2 a 2,5 por ciento del peso vivo. Mientras, que alpacas que no se encuentren en las condiciones mencionadas consumirán aproximadamente 1.5 por ciento de su peso vivo para mantenimiento (Vaughan, 2015).

Los requerimientos de alimentación para alpacas son citados en materia seca. La cantidad suministrada dependerá del contenido de humedad del alimento consumido. El heno tiene un contenido de agua de 10 a 12 por ciento, mientras que el pasto y los pastos tienen un contenido de agua de 50 a 75 por ciento. En sequía se tiene 80 por ciento de materia seca en el alimento, una alpaca necesitará solo 1.3 kg de ingesta; mientras que en temporadas lluviosas tienen 20 por ciento de materia seca en forraje, así que una alpaca necesitará 4.5 a 5 kg de ingesta diaria (Cooper, 2006).

Yaranga (2009) indica valores nutricionales para hembras en lactación o en el último tercio de gestación: 15-16 por ciento proteína, 65 por ciento de NTD, 25 por ciento de fibra cruda, 0,75 por ciento de calcio, 0,50 por ciento de fósforo, 400 UI/día vitamina E, 1 mg/50 kg peso vivo selenio y 2000 - 4000 UI/día vitamina D.



**Tabla 1: Contenido nutricional para consumo de alpacas gestantes**

Contenido nutricional	Requerimientos
Consumo esperado (materia seca)	1.0 kg
Proteína cruda	105.5 g
Calcio	4.1 g
Fosforo	2.4 g
Potasio	10.2 g
Magnesio	1.5 g
Sal	5.6 g
cobalto	0.27 mg
Yodo	1.0 mg
Cobre	11.5 mg
Hierro	51.0 mg
Manganeso	48.0 mg
Selenio	1.0 mg
Zinc	48.0 mg
Vitamina A	3375.0 IU
Vitamina D	2045.0 IU
Vitamina E	3375.0 IU

*Nota:* Adaptado de Cooper (2006). Donde, si se considera a una alpaca gestante de peso 68 kg con un consumo de materia seca del 1.5 por ciento del peso vivo por día, se tiene que la ingesta será de 1 kg de alimento en materia seca.

### 2.4.1 Proteínas

Las proteínas son compuestos orgánicos y esenciales, que están constituidas por cadenas de aminoácidos, conteniendo aproximadamente 16 por ciento de nitrógeno. La proteína dietética debe ser hidrolizada a sus aminoácidos constituyentes para la absorción intestinal (Van Saun *et al.*, 2014). El valor nutritivo de las proteínas depende de su digestibilidad, esta a su vez por su estructura (composición de aminoácidos) (Condori, 2017).

El contenido de aminoácidos esenciales determina el valor biológico, el mayor aprovechamiento fisiológico de una proteína por parte del organismo (Estrada, 2009). Vaughan (2015) indica que el contenido de proteínas de un forraje puede ser observado por el color verde, cuanto más verde, mayor será la cantidad de proteína que presenta; por lo tanto, a medida que maduran las plantas, las proteínas disminuyen.

El metabolismo de la proteína en rumiantes está constituido en dos componentes: Nitrógeno no proteico (NNP) y nitrógeno alfa-amino (aminoácidos y proteína verdadera). El NNP es utilizado exclusivamente en forma de amoniaco ( $\text{NH}_3$ ), teniendo como fuentes la urea y ácidos nucleicos, siendo la primera rápidamente convertida a  $\text{NH}_4$  y la última degradada en el rumen, pero a una tasa más lenta (Van Saun, 2006; Estrada, 2009).

Mientras, el nitrógeno proteico puede dividirse en proteína no degradable o proteína de sobrepaso, esta es la que escapa de la fermentación ruminal y llega al duodeno con sus aminoácidos constitutivos intactos para absorberse a la sangre a través de la pared intestinal; la otra fracción es la proteína degradable por el rumen o proteína microbiana, esta es la que está contenida en los cuerpos de los microorganismos (C1 y C2), estos microorganismos pasan al intestino delgado con el resto de la digesta y el animal después absorbe los aminoácidos (Bautista, 2017; Curo, 2017).

Los microorganismos del rumen utilizan el  $\text{NH}_3$ , esqueletos carbonados de los AA y energía para sintetizar sus propias proteínas (proteína microbiana) y reproducirse. Así mismo, estos ayudan a la transformación de la energía proveniente de las plantas. Estos microorganismos pasan luego al tracto digestivo junto con la proteína no ruminal para su posterior digestión y absorción (Flores, 2006; Estrada, 2009). Por tanto, la proteína es un elemento importante en la dieta ya que alimenta al animal de forma directa e indirecta por medio de los microorganismos (Van Saun, 2006).

Cuando las fuentes de nitrógeno en la dieta de los animales sobrepasan la capacidad de los microorganismos para incorporarlo en su estructura (proteína bacteriana o proteína verdadera). Este exceso puede perjudicar al animal, alterando el pH ruminal. Es absorbido a través del epitelio ruminal y llevado hacia el hígado. En el hígado, es convertido en urea para ser transportada por la sangre, consecuentemente hay un gasto energético adicional para el rumiante (Relling y Mattioli, 2003; Van Saun, 2006; Ceron, 2014).

Una fracción de los aminoácidos absorbidos en el intestino delgado será utilizada para la síntesis de tejidos corporales (músculo) y proteínas de la leche. Finalmente, el intestino grueso recibe parte de la proteína no ruminal y de la proteína microbial que no ha sido absorbida en las porciones anteriores, estas son excretadas en las heces (Estrada, 2009).

Los requerimientos de proteína en los camélidos sudamericanos no están claramente definidos; pero, de los resultados de investigaciones existentes se han realizado algunas estimaciones. Los camélidos tienen una excepcional habilidad para reciclar y utilizar urea, por lo que sus requerimientos de proteína son relativamente bajos (Condori, 2017). Sin embargo, una meticulosa evaluación de las necesidades de energía y proteínas muestra un mayor requerimiento sobre una base calórica (Van Saun, 2006). Además, los requerimientos de proteína para alpacas son menores que el de llamas, por lo que no es válido extrapolaciones de los requerimientos de llamas para las alpacas (Davies *et al.*, 2007).

Las alpacas requieren para el mantenimiento una dieta de proteína cruda de 8 a 10 por ciento, pero la situación cambia según la etapa en la que se encuentre el animal; para el crecimiento de las crías se requiere de 12 a 14 por ciento de proteína; en alpacas preñadas se requiere de un 12 por ciento y cuando se encuentra en lactación, se necesita de 13 a 15 por ciento (Cooper, 2006; Vaughan, 2015).

Cooper y Blake (2013) indican que la alpaca en la última etapa de gestación y en las primeras semanas de lactancia requieren una ingesta de 12 al 15 por ciento de proteína bruta, pudiendo ser conseguida con mejores potreros de pastos cultivados o suplementando con concentrados. Desde el punto de vista del manejo, el último tercio de gestación (cuando la cría está maximizando el crecimiento y desarrollando sus folículos de fibra secundarios) y las primeras cuatro semanas de lactación (cuando la madre alcanza el pico de lactancia) son fundamentales.

Van Saun (2009) indica que alpacas preñadas de 1 a 8 meses de gestación deben consumir alimentos de 50 a 55 por ciento de NDT, 8 a 10 por ciento de proteína cruda, 0.2 a 0.24 por ciento de calcio y 0.12 a 0.2 por ciento de fósforo; mientras, en alpacas preñadas de 9 a 11 (último tercio de gestación) meses de gestación requieren de 55 a 70 por ciento de NDT, 10 a 12 por ciento de proteína cruda, 0.45 a 0.56 por ciento de calcio y 0.28 a 0.33 por ciento de fósforo. Así mismo, existe información de cálculos del contenido sugerido para proteína

cruda en la dieta que varía de 9 a 10 por ciento, 11 a 16 por ciento, y de 10 al 16 por ciento para mantenimiento, gestación y lactancia, respectivamente. Estas concentraciones de proteína cruda indicadas para la dieta son de dos a tres unidades porcentuales más altas que los datos para América del Sur.

#### **2.4.2 Energía**

El requerimiento energético de la alpaca debe atender el crecimiento fetal, la producción de leche y las altas demandas de la actividad ovárica; dado que el tránsito de la gestación, parto y reproducción ocurren en períodos relativamente cortos, estos dependerán del estado nutricional y la lactancia (Skidmore, 2011).

Las alpacas tienen un sistema digestivo más eficiente y pueden extraer más energía de la fibra de su dieta. La mayoría de los rumiantes obtienen energía de los contenidos celulares, y generalmente de las paredes celulares (hemicelulosa, celulosa y lignina). Sin embargo, las alpacas pueden obtener energía de la hemicelulosa y la celulosa, considerándose como digestores más eficientes de todos los alimentos. A su vez, el requerimiento de energía es más bajo que otros rumiantes debido a la cantidad adicional de tiempo que los alimentos permanecen en sus tractos digestivos (48 - 54 horas frente a la vaca con 24 horas). Dependerá también de las condiciones ambientales, los niveles de actividad y el aislamiento del animal (Cooper, 2006).

Los ácidos grasos volátiles (ácido acético, propiónico y butírico) se liberan como subproductos de la fermentación microbiana en el C1, los cuales son aprovechados por la alpaca como una fuente de energía importante. Los camélidos al igual que los rumiantes, necesitan de la glucosa, su precursor es el ácido propiónico que se transporta a través de la vía gluconeogénica para producir la glucosa necesaria para tejidos específicos (cerebro y placenta); mientras, para los otros tejidos, el ácido acético y butírico son los precursores energéticos predominantes (Yaranga, 2009).

La actividad del pastoreo también genera mayores gastos de energía, por tanto, se requiere de suplementar con alguna fuente de energía para lograr su potencial genético para la producción de leche y reducir la movilización de las reservas corporales al inicio de la lactación (Fulkerson *et al.*, 2008).

Frente a las condiciones de balance energético negativo, los animales podrían metabólicamente utilizar aminoácidos como un sustrato para la gluconeogénesis en un esfuerzo para mantener la disponibilidad de glucosa para el soporte de los tejidos dependientes de glucosa, desarrollo fetal y producción de leche (Cebra *et al.*, 2014).

Durante períodos en que el animal no consume suficiente alimento para satisfacer necesidades de energía, el animal la extrae de sus reservas (grasa y proteínas corporales) para compensar la diferencia de energía. La movilización materna de proteínas puede pasar desapercibida y mantener patrones normales de crecimiento fetal durante períodos cortos de la desnutrición. Mientras, la desnutrición proteica severa o prolongada resulta en un retraso del crecimiento fetal, y también puede afectar negativamente la viabilidad del recién nacido (Ancco, 2019).

### **2.4.3 Fibra**

La alimentación general del ganado en altura se caracteriza por el consumo de forrajes enteros y maduros de alto contenido de fibra. Forrajes enteros y maduros al ser consumidos por el ganado genera altas emisiones de metano con efectos negativos sobre la productividad animal y la salud ambiental (Doreau *et al.*, 2011).

La fibra es esencial para el buen funcionamiento de la microbiota de fermentación. El consumo de alimentos con alto contenido de fibra, considerando el tamaño de partícula, estimula la producción de saliva, provocando la rumia. Los alimentos que contienen altos contenidos de fibra son los forrajes. Por el contrario, cuando el animal consume alimentos con elevado contenido de carbohidratos, fácilmente fermentables, como el almidón, disminuye la rumia, la producción de saliva y se incrementa la producción de ácidos, disminuyendo como consecuencia de todo ello el pH del rumen. Además, si el forraje se pica demasiado, la fibra no es efectiva para estimular la rumia y la producción de saliva, por lo que se incrementan los problemas de acidosis (pH inferiores a 6,2) (Cruz y Sánchez, 2000).

La fibra dietaria o fibra efectiva es uno de los nutrientes que influye sobre el consumo de materia seca, y a su vez está relacionado con la tasa de pasaje ruminal; por tanto, el consumo de forrajes con menor tamaño de partícula conlleva a un menor consumo de alimento (Ángeles, 2014).

La ingesta de fibra cruda en alpacas mayores de dos años requiere de un consumo del 25 por ciento; mientras, para alpacas en crecimiento y lactación puede ser de 20 a 25 por ciento (Vaughan, 2015). La ingesta de fibra debe ser de tallo largo: al menos el 25 por ciento debe tener más de 4 cm de largo para permitir el "factor de rayado" (presión del material grueso contra la pared del rumen estimula la rumia) para una correcta descomposición de la fibra dentro del estómago (Cooper, 2006).

#### **2.4.4 Vitaminas y minerales**

Los minerales juegan un rol importante en el crecimiento, reproducción, salud y mantenimiento de la homeostasis (Church *et al.*, 2009). Los requerimientos minerales han sido poco estudiados en nutrición de camélidos; sin embargo, se conocen algunos síntomas y manifestaciones de la deficiencia de calcio, fósforo, zinc y cobre en camélidos. La mejor comprensión de como circulan los nutrientes entre el continuo suelo-planta-animal ayudará a comprender la geoquímica de minerales como calcio y fósforo (Quispe, 2016).

Las vitaminas y minerales se encuentran normalmente en los pastos y forrajes, pero sus concentraciones no son suficientes para cubrir requerimientos, por lo que la suplementación mejora el estado de los animales, previniendo enfermedades. Las vitaminas más requeridas son A, D, E y K, y las sales minerales se suplementan como bloques multinutricionales (FAO, 2012).

La suplementación de minerales es de suma importancia cuando se conoce que las praderas donde se da el pastoreo, son carentes de algún mineral en específico, sobre todo en la época húmeda; el pasto desarrolla rápidamente por lo que son carentes de muchos nutrientes (Ayala, 2018).

La mayoría de las alpacas necesitan algún tipo de suplemento mineral, este depende del área donde pastorean los animales o donde se cultiva el forraje. Al agregar una mezcla de minerales debe realizarse si se incorpora en la dieta; ya que, adicionar un mineral a una dieta que ya es rica en ese mineral, puede crear deficiencias o toxicidades de minerales secundarios. El selenio es un mineral con el que se debe tener precaución, ya que el selenio se acumula en el cuerpo (Irlbeck, 2002).

Las vitaminas A, D y E son requeridos, tanto la A y E (vitaminas liposolubles) se encuentran disponibles en los alimentos verdes. Las vitaminas B1 (tiamina) y B12 deben complementarse en momentos de estrés y trastornos de la fermentación. Las vitaminas solubles en agua como B y C, son proporcionadas por la microbiota que se alberga en el estómago (Vaughan, 2015).

Según Yaranga (2009), no existen reportes, en Perú, de animales con deficiencia en minerales o vitaminas, por tanto, no existen aún estudios que precisen los requerimientos en estos componentes; las pasturas naturales crecen, sobre todo en épocas de seca, con bajos niveles de fósforo y cobre. Sin embargo, Bustinza (2001b) mostró datos de minerales y vitaminas como parte de una ración ideal básica en alpacas gestantes, formulando una premezcla de calcio, fósforo, selenio, vitamina E y vitamina D para alpacas de Estados Unidos.

#### **2.4.5 Agua**

El agua es el primer nutriente de importancia (Irlbeck, 2002). Las alpacas pierden agua a través de la orina, la leche, la transpiración y la evaporación. Las alpacas beberán de 5 a 8 por ciento de peso corporal en mantenimiento y de 10 a 15 por ciento en climas cálidos y húmedos o si está lactando. Una alpaca que pese 68 kg consumirá 5.5 kg de agua por día (mantenimiento) y 10.2 kg/día (en período de lactancia o en climas cálidos) (Cooper, 2006).

Las alpacas deben tener acceso a agua limpia y fresca, apropiada para su edad, etapa de producción y condiciones climáticas. Las aguas estancadas inducen a problemas de diarrea en crías de alpacas. Las alpacas requieren al menos cinco litros de agua cada una por día. Durante la lactancia y poco después del destete, las alpacas tendrán un mayor requerimiento de agua (Ramos, 2010).

Por tanto, durante la gestación y la lactancia se logra mayores niveles de ingestión de agua. Estudios han demostrado que el consumo de agua en alpacas es menor que en las ovejas, explicado en parte, por el menor consumo de materia seca y sobre todo a la capacidad que tiene estos animales para recuperarse de un mayor estrés hídrico. Si se crían en pastizales, el requerimiento de agua se satisface; mientras, en una alimentación con alimentos secos o deshidratados, es necesario suministrar cantidades adecuadas de agua (MINAGRI, 2019).

## **2.5 Calostro**

El calostro es un fluido rico en nutrientes, primera “leche” o temprana lactancia, producida por toda hembra mamífero después del parto por tres a cuatro días; es un fluido con un perfil alto de nutrientes y composición inmunológico que se diferencia de la leche “madura” que se secreta terminado el calostro (Jrad *et al.*, 2015).

El calostro es la acumulación de secreciones lácteas en la glándula mamaria en las últimas semanas de la gestación, bajo la influencia de los estrógenos y la progesterona. Presenta un color amarillento, espeso y la concentración de azúcares es mayor pero menor en grasa con respecto a la leche. El calostro es rico en vitaminas y proteínas, pero sobre todo posee anticuerpos que son fundamentales para la sobrevivencia del recién nacido, debido a su condición (FAO, 2005; Fortín *et al.*, 2009).

Bravo (2015) indica para las alpacas, durante la vida fetal no es necesario un sistema inmune competente porque está protegido en el útero, ambiente estéril. El neonato está sujeto a una variedad de patógenos y antígenos al nacimiento, y el sistema inmunitario no se encuentra preparado; para contrarrestar esta situación la cría depende del calostro.

### **2.5.1 Composición del calostro**

El calostro contiene altas concentraciones de proteínas, grasa, carbohidratos, vitaminas, minerales y otros elementos; considerándose así indispensable para el neonato como alimento inicial y única fuente de inmunoglobulinas, que le provee la inmunidad pasiva (FAO, 2005a). El calostro presenta importantes nutrientes, minerales, vitaminas, inmunoglobulinas (Christiansen *et al.*, 2010), factores de crecimiento, citoquinas, leucocitos (Elfstrand *et al.*, 2002).

Según Bravo (2015), el calostro funciona como fuente de inmunoglobulinas, fuente de sustancias nutritivas entre ellas las proteínas (25 a 30 g/dl), el cloro (200 mg/dl), el calcio (100 mg/dl) y la lactosa (2 g/dl), y como fuente digestiva para la eliminación del meconio (primera excreta del neonato), cuyo color es verde oscuro a parduzco y es eliminado a las 24 y 48 horas, por tanto, la ingesta de suficiente de calostro evitará crías constipadas.



Ruiz de Castilla y Escobar citados por Dávila (2016) obtuvieron la siguiente composición y características fisicoquímicas del calostro de llama: 1,0762 de densidad, 5,37 por ciento de grasa, 15,75 por ciento de caseína, 2,61 por ciento de lactosa, 14,03 por ciento de sólidos no grasos, 17,06 por ciento de sólidos totales y 1,02 por ciento de ceniza.

### **2.5.2 Tiempo y calidad de ingestión de calostro**

La morfología de la placenta en alpacas fue ampliamente estudiada, demostrándose la naturaleza epiteliocorial y difusa de la placenta de alpacas y llamas, respectivamente; enfatizando además la morfología similar en algunos aspectos con otros animales como el cerdo, yegua y camélidos del viejo mundo (Olivera *et al.*, 2003).

Las crías de alpacas al nacer no poseen anticuerpos provistos por sus madres al nacimiento ni poseen la habilidad de producir cantidades adecuadas de IgG por las primeras seis a doce semanas de vida para protegerlos de enfermedades, por tal motivo los neonatos obtienen su inmunidad para muchas enfermedades al ingerir el calostro o “primera leche de la madre”, el cual es absorbido por el intestino de la cría (Duey, 2005).

Elizondo y Heinrichs (2009) mencionan cuatro factores que contribuyen a una adecuada transferencia de inmunidad pasiva, en bovinos: alimentar calostro con una alta concentración de inmunoglobulinas (mayor a 50 g/l), alimentar con un adecuado volumen de calostro, ofrecer calostro en las primeras dos horas después del nacimiento y minimizar la contaminación bacteriana del mismo.

Las concentraciones de IgG aumentan rápidamente después de la ingestión del calostro en las crías, alcanzan un pico entre las 24 y 48 horas de vida y empiezan a declinar de forma continuada, pero hay un marcado incremento entre los 1 y 2 meses, hecho que indica que el sistema inmune del neonato ha comenzado a madurar (Wernery, 2001).

Las crías deben contar con dormideros cercados, los cuales deben estar ubicados en zonas abrigadas, sin encharcamiento y debe rotarse cada siete o diez días. Así mismo, se debe observar que la cría lacte diez veces, como mínimo, al día. La falta de ingestión de leche, los trastornos digestivos y pulmonares durante los primeros días de nacimiento, son causas de mortalidad en neonatos (Kuhn, 2010).

La absorción de inmunoglobulinas (Ig) del calostro es influenciada por la edad en la cual es alimentado, la cantidad ofrecida y la concentración de Ig. La importancia de la lactación seguida del parto se fundamenta en que la concentración de anticuerpos en la leche materna desciende rápidamente después del primer día post-parto y en la capacidad de la cría en absorber y adquirir protección por el calostro es máxima durante sus primeras 12 horas de vida, y continúa (curva declinante) solo hasta 24 horas post-parto. La ingesta necesaria debe ser entre el 10 a 20 por ciento del peso de cría de alpaca (FAO, 1996; Martin *et al.*, 2010).

Las crías absorben las inmunoglobulinas del calostro inmediatamente después del nacimiento, con gran capacidad de absorción, la cual va decreciendo a casi cero a las 36 horas de edad. Esto se debe a que el neonato no produce aun cantidades importantes de ácido clorhídrico en su mucosa gástrica en las primeras 12 horas de vida, de manera que las inmunoglobulinas no se dañan y son absorbidas (González, 2005)

Las crías con insuficiente ingesta de calostro (bajo nivel y calidad inadecuada) son susceptibles a una mayor infección y muerte súbita dentro de los primeros tres meses de vida (Australian Veterinary Association, 2016). Por tanto, es necesario el éxito en la transferencia de la inmunidad, que se ve influenciado por dos factores: la cantidad total de calostro ingerido por el recién nacido y el tiempo transcurrido desde el nacimiento hasta que el animal recibe el calostro de la madre (Auris y Santiago, 2013).

## **2.6 Inmunoglobulinas**

Las inmunoglobulinas (Ig) son glucoproteínas producidas por los linfocitos B con capacidad de unirse a un antígeno (inmunógeno), reacción específica, el cual induce su síntesis en las células plasmáticas; existen cuatro clases de inmunoglobulinas: IgG, IgM, IgA e IgE. Las Ig representan las moléculas secretadas, solubles, características de la respuesta inmune de base humoral. Poseen una o más unidades en forma de Y, compuesta por cuatro cadenas polipeptídicas, estas cadenas se mantienen unidas mediante enlaces disulfuro sin tercatenarios; su separación solo se logra reduciendo el enlace disulfuro y acidificando (Powell y Jackson, 1994; Gómez-Lucía *et al.*, 2006; Calderón, 2007).

Las crías de alpacas nacen hipogammaglobulinémicas debido a la placentación difusa, microcotiledónea y epiteliocorial, que no permite la transferencia por placenta. El calostro de camélidos contiene inmunoglobulinas G (IgG) y la eficacia de su absorción disminuye hasta las 24 horas de vida (Weaver, 2000; Wernery, 2001).

Para las crías, la inmunidad placentaria es incompleta, por lo cual es importante la lactancia del calostro para reforzar el sistema inmunológico de estos animales. Se registra que la concentración de inmunoglobulinas en la leche de las llamas es mayor a la de los ovinos y bovinos (Aguaiza, 2017).

### **2.6.1 Inmunoglobulinas G**

La inmunoglobulina G (IgG) contribuye en la inmunidad contra bacterias, virus, parásitos, algunos hongos y como anticuerpos de actividad tisular, cuyo tiempo de vida es de 23 días. En el hombre la IgG es transferida hacia el feto a través de la placenta; mientras que en equinos, vacunos, ovinos y camélidos la IgG no pasa a través de la placenta debido a la conformación multicapa, por lo tanto, su única vía es el calostro. Esta IgG, transferida de manera pasiva por la madre, está presente hasta que el neonato tenga la capacidad de formar su propia IgG (Quispe, 2009).

IgG presenta la concentración sérica máxima y consta de varias subclases; debido a su reducido tamaño molecular puede abandonar los vasos sanguíneos y participar en la inmunorespuesta en los espacios tisulares y superficies corporales (Powell y Jackson, 1994). La IgG es el único tipo de anticuerpo capaz de atravesar la placenta durante la gestación, debido a la placentación de la alpaca no es posible. Es la inmunoglobulina predominante en los fluidos internos del cuerpo, como son la sangre, el líquido cefalorraquídeo y el líquido peritoneal (líquido presente en la cavidad abdominal), estas inmunoglobulinas promueven la fagocitosis en el plasma y activan el sistema de complemento (Devlin, 2004).

Según Elizondo (2007), sostiene que en vacunos solo se transfiere inmunoglobulinas G de la sangre al calostro hasta antes del parto. Así que la primera secreción después del parto es llamado calostro, únicamente ese primer fluido debe usarse para alimentar a las crías. Mientras que Bravo *et al.* (1997) muestran que los niveles de IgG séricos en alpacas y llamas se mantienen constantes a través de toda la preñez, mientras que las concentraciones de IgG

en la secreción mamaria se elevan justo antes de la parición, para decaer dramáticamente semana después del nacimiento, por tanto, podría existir una producción local de IgG calostrual en la glándula mamaria, así mismo Daley *et al.* (2010) indican que los camélidos tienen concentraciones altas de IgG en calostro debido a una síntesis dentro de las células de la glándula mamaria, y no provenientes del torrente circulatorio a la glándula mamaria, como ocurre en otras especies de animales como en las vacas, ovejas, yeguas y cerdas.

Según Bravo (2015), en alpacas y llamas, las inmunoglobulinas G son el tipo más importante debido a su mayor concentración, 80 por ciento, es siete veces más que las IgM. Existen dos grupos de IgG, una carente de cadenas pesadas mientras que la otra solamente posee cadenas pesadas. Aguaiza (2017) menciona que los camélidos presentan tres tipos de IgG: IgG1, IgG2 y IgG3; el primero corresponde a inmunoglobulinas normales con características parecidas a las descritas en otros mamíferos. La segunda y la tercera son las inmunoglobulinas conocidas como anticuerpos con solo una cadena pesada y de bajo peso molecular, altamente específico.

La concentración de IgG en el calostro varía de 2000 a 35000 mg/dl, en promedio 16315 mg/dl, basado en 292 muestras (Triple J Farms, 2017). Ampuero y Cornejo (2008) reportaron 3339,365 mg/dl como promedio de la concentración de IgG en calostro de alpacas para un número de 21 animales; de forma semejante Pachari (2008) muestra resultados de  $3770 \pm 246,6$  mg/dl para el análisis de IgG en el calostro de las madres al pastoreo, ambos realizados en alpacas de la raza Huacaya de la región Cusco obtenidos mediante la prueba de inmunodifusión radial simple. Linares (2009) reporta para alpacas Huacaya madres dentro de una misma localidad y con iguales condiciones de manejo valores de  $3289,88 \pm 834,25$  mg/dl como promedio para la concentración de IgG en calostro. Así mismo, Garmendia *et al.* (1987) reportaron valores que van desde 1 000 a 2800 mg/dl.

Riquelme (2017) reporta valores para la concentración de IgG calostrales en alpacas primerizas de 21148.30 mg/dl y para multíparas de 21528.74 mg/dl con la prueba de inmunodifusión radial simple. Bravo *et al.* (1997) reportan concentraciones que oscilan entre 17651 a 28442 mg/dl en el día del parto, mientras que una semana antes del parto oscilan entre 17651 a 35943 mg/dl. De igual Flodr *et al.* (2012) reportan valores de 28337 mg/dl para la concentración de IgG calostrales en alpacas madres con rangos que van de 14390 a 32150 mg/dl determinados con la escala de porcentaje de Brix.

El mínimo nivel de IgG necesarios para proteger a la cría de infecciones depende de muchos factores, incluyendo el tipo de bacteria en el ambiente, factores de manejo, estrés y el anticuerpo calostrado frente a bacteria específica en el ambiente. La evidencia sugiere que las crías deberían tener concentraciones de IgG superiores que 800 mg/dl (Triple J Farms, 2017).

La concentración de inmunoglobulinas G (IgG) séricas en las crías, luego de haber ingerido el calostro, aumenta hasta niveles que pueden proporcionar la resistencia necesaria contra agentes infecciosos. La evaluación sérica de concentraciones de IgG en crías de alpacas a las 48 horas, de haber ingerido calostro, oscilan entre 1493 a 4798 mg/dl, con un promedio de 3098 mg/dl (Bravo *et al.*, 1997; Weaver *et al.*, 2000; Maximiliano *et al.*, 2018). El pico máximo de concentración de IgG se observa a las 24 a 48 horas de nacido con 2500 a 3000 mg/dl, no existen diferencias entre crías machos y hembras. Una falta de IgG en las crías, falla de transferencia pasiva, demanda la atención inmediata (Bravo, 2015).

La vida promedio de IgG transferidas del calostro es de 18 a 23 días, por lo tanto, los niveles de inmunoglobulinas del suero son menores entre 1 a 2 meses de edad (Triple J Farms, 2017). Las crías de alpacas inician la producción de IgG con concentraciones adecuadas (>1000 mg/dl) a partir de los 79 días de vida (Quispe, 2009).

### **2.6.2 Factores que condicionan los niveles de inmunoglobulinas**

Baumrucker *et al.* (2010) indica que las concentraciones de inmunoglobulinas en bovinos son más altas en adultas multíparas que en primerizas; debido a su sistema inmune más desarrollado por la mayor exposición de antígenos durante su vida, los cuales serán transmitidos a las crías. Igualmente, la capacidad secretora de la glándula mamaria es superior y poseen un mecanismo activo de transporte de inmunoglobulinas. Así mismo, Kehoe *et al.* (2011) mostro que el calostro de las novillas de primer parto presentaban menor concentración de inmunoglobulinas, que vacas con más lactancias.

Mientras Flodr *et al.* (2012) y Riquelme (2017) indica según sus resultados que no existe diferencias estadísticas entre alpacas primerizas y multíparas sobre la concentración de IgG calostrales. Así mismo, Arguello (2000) estudiando el calostro en cabras menciona que no existe diferencias entre animales con uno o más lactaciones.

Así mismo, Campos *et al.* (2007) indican que dietas bajas en proteína o energía provocan una menor producción de calostro y por ende una menor concentración de inmunoglobulinas en bovinos, como también, manifestaran una baja condición corporal que ocasionará que el animal movilice reservas corporales para su mantenimiento mas no para producción del calostro de bovinos.

Weaver *et al.* (2000) indican que bovinos de raza lechera producen volúmenes altos de calostro, pero con deficiente calidad; mientras que bovino de producción cárnica producen una cantidad menor de calostro, pero de buena calidad. Así mismo, Arguello (2000) afirma que, las razas caprinas seleccionadas para la aptitud lechera producen mayor cantidad de calostro, pero presentan concentraciones de IgG calostrales menores.

Castro (2000) muestra que el tiempo de gestación en cabras presenta una correlación positiva con la concentración de IgG presente en el calostro; encontrándose que animales con gestación superior a 146 días presentaron concentraciones superiores de IgG en su calostro, que aquellos cuyo parto se presentó antes.

Chacón (2009) añade que la composición del calostro varía ampliamente debido a la historia clínica de la vaca, el volumen producido (siendo el calostro en vacas de alta producción menos rico en inmunoglobulinas, por efecto de la dilución), la época del año, la nutrición de la vaca en el periodo seco y la raza (la raza Holstein produce un calostro con una cantidad menor de Ig).

La temperatura ambiente produce un efecto indirecto, debido a que provoca en el ternero recién nacido estrés por calor o frío, que conlleva a una menor ingestión de calostro y por ende la disminución en la absorción de inmunoglobulinas G (Campos *et al.*, 2007). Según, Nowak y Poindron (2006) en ovinos, las condiciones climáticas como lluvia, viento y frío pueden disminuir drásticamente la temperatura en el cuerpo del animal ocasionando hipotermia que disminuye el reflejo de succión de calostro y también la absorción, debido al cierre del transporte de inmunoglobulinas a nivel intestinal. En la presente investigación las inclemencias del clima causaron que las crías tuvieran un retraso en la succión oportuna del calostro.

La aptitud materna, tiene un efecto directo al objetivo de ingesta del calostro; después del parto si la madre abandona a la cría y no estimula al ternero para el consumo de calostro se tendrá un ternero débil que posiblemente no ingerirá calostro (Campos *et al.*, 2007). En efecto, Chacón (2009) considera la cantidad de calostro ingerido como factor que condiciona los niveles de Ig en la sangre siendo 2 litros de calostro luego del nacimiento la regla general para aumentar los niveles de Ig en sangre y agotar tempranamente el potencial de absorción de las células intestinales de macromoléculas disminuyendo al mismo tiempo la permeabilidad a microorganismos patógenos en vacunos.

Respecto a la prolificidad, Arguello (2000) indica que cabras con partos simples, una sola cría, tiene tendencia a concentraciones superiores de IgG en calostro; mas no encontró diferencias significativas con cabras prolíficas. La tendencia sugiere que animales con una sola cría, tiene menores necesidades nutritivas, favoreciendo la incorporación de IgG al calostro.

Los partos inducidos y distócicos bajo efecto de glucocorticoides o prostaglandinas en general reducen los niveles de inmunoglobulinas, específicamente las de tipo “G”, en bovinos. Además, el almacenamiento, congelación y descongelación del calostro debe contar con un adecuado plan de manejo, debido que, una exposición al medio ambiente causa degradación por acción de las bacterias y de las altas temperaturas (Campos *et al.*, 2007).

## **2.7 Peso de las crías**

La cría alpaca nace en un estado avanzado de madurez y puede pesar de 4 a 10 kg. El peso de los neonatos nos indica de forma indirecta la cantidad de reservas energéticas que posee, el cual se presenta como carbohidrato y grasa, brindando fortaleza a la cría y creando mayores posibilidades para su adaptación al medio ambiente donde nace (Quispe, 2005).

En el caso de peso al nacimiento su importancia radica en la sobrevivencia de las crías que tienen mejor peso, reduciendo la probabilidad de la mortalidad pre-destete, lo cual se traducirá posteriormente en mayor tasa de crías logradas al destete, cantidad de vellones y animales para saca (Vilela, 2015). El peso vivo al nacimiento está relacionado con la sobrevivencia de los animales (Maxa *et al.*, 2009).

La mayoría de las muertes de crías, se concentran en los primeros días después del nacimiento y típicamente están asociadas con el peso al nacer; los recién nacidos deben ser vigorosos para buscar rápidamente la ubre, localizar el pezón y lactar el calostro; para ello deben tener patrones de comportamiento bien adaptados inmediatamente después del nacimiento (Nowak y Poindron, 2006).

Raggi *et al.* (1997) mostraron que el peso al nacimiento en crías hembras fue de 6.7 kg, a los 30 días de 11.3 kg y a los 60 días de 14 kg; mientras, en crías machos el peso al nacimiento fue de 6.9 kg, a los 30 días de 12.4 y a los 60 días de 15.1 kg, sin mostrar diferencias significativas entre los sexos. Así mismo, Huanca (2007b) nos indica que el peso al nacimiento no se ve afectado por el sexo, encontrando valores de  $6.3 \pm 0.99$  y  $6.4 \pm 1.03$  kg para hembras y machos, respectivamente. Por otro lado, Cordero *et al.* (2011) mostró 7.72 kg como resultado de peso promedio al nacimiento en crías de alpacas de la raza Huacaya.

La tasa de sobrevivencia está muy relacionada con el peso al nacimiento; crías con pesos entre 9 a 11 kg tendrán un 90 por ciento de probabilidad para sobrevivir mientras, animales con pesos entre 4 a 5 kg solo un 20 a 40 por ciento de sobrevivencia (Quispe, 2005). Ameghino y De Martini (1991) indicaron que el mayor peso vivo de crías de alpacas proviene de una sobrealimentación en las madres, el peso normal de una cría al nacer varía de 7.8 a 8 kg.

Además, se debe considerar, animales con pesos demasiado grandes suelen tener un nacimiento dificultoso y también muestran menor vitalidad; como también, animales con bajos pesos tienen una menor madurez inmunitaria y mayor dificultad para tomar la cantidad de calostro adecuada (Nowak y Poindron, 2006).

### **2.7.1 Factores que condicionan el peso al nacimiento**

El peso al nacimiento está influenciado por factores genéticos, edad y tamaño de la madre, grado de madurez de la cría, y el estado nutricional de la madre. Las crías más pesadas (9 kg) nacen de madres de 8 a 9 años de edad, madres de 3 a 7 años de edad tienen crías de 7 a 8 kg (Bravo, 2014). De forma semejante Vilela (2015) menciona a la heredabilidad, correlación fenotípica, edad de las madres y tiempo de gestación como factores que influyen sobre el peso al nacimiento.



García y Leiva (2007) indican que el peso al nacimiento es de suma importancia y está determinado por diferentes factores como el sexo en muchas especies, edad de la madre y días de gestación, estando muy relacionado con pesos posteriores durante la etapa de crecimiento, siendo esto muy importante desde el punto de vista productivo y de salud, mientras el color del vellón de alpacas no afecta el peso al nacimiento ni tampoco el tipo de parto ya que los camélidos solo tienen una cría; los camélidos de mayor edad y de varios partos tienen mayor espacio uterino para un mayor desarrollo del feto y mayor peso al nacimiento de la cría, además que tienen una mayor producción de leche, lo cual resulta en una mayor tasa de crecimiento de sus crías.

Huanca *et al.* (2006) muestran que el color del vellón (api, blanco, café, café claro, café oscuro, café rojo, gris, LF y negro) de alpacas influye sobre el peso al nacimiento, siendo crías de color api quienes obtuvieron un mayor peso al nacer ( $6.7 \pm 1.18$  kg) y los de color negro tuvieron el menor peso ( $6.4 \pm 1.01$  kg)

Así mismo, la deficiencia de proteína en la alimentación de alpacas gestantes trae como consecuencia un retardo en el crecimiento fetal, bajo peso al nacimiento del neonato y depresión de la producción láctea; en animales jóvenes retarda su crecimiento (ganancia de peso) (Condori, 2017).

## **2.8 Mortalidad en crías**

Las especies de camélidos sudamericanos, alpacas y llamas, presentan las mayores tasas de morbilidad y mortalidad en los primeros meses de vida al igual que otras especies domésticas. En un estudio reciente realizado en Estados Unidos se determinó una mortalidad del 2,1 por ciento en llamas y alpacas en el periodo previo al destete (Sharpe *et al.*, 2009). Así mismo, otro realizado en Reino Unido indica la mortalidad neonatal y periparto como problemas sanitarios en las explotaciones de camélidos (D'Alterio *et al.*, 2006).

Mientras en Sudamérica, Bustinza (2001b), indica que la tasa de mortalidad neonatal en alpacas criadas en las zonas altoandinas son elevadas, pudiendo alcanzar hasta el 80 por ciento de las crías de alpacas; siendo uno de los principales factores que limitan la productividad en el altiplano andino.

La mortalidad y morbilidad en crías son causadas principalmente por las enfermedades infecciosas (neumonía, colibacilosis, enterotoxemia) las que conllevan a grandes pérdidas económicas; asociada a los fallos en la transferencia de inmunidad de la madre a las crías a través del calostro. A ello se suma la presencia de climas extremos como son nevada, helada, granizada, vientos y friajes, lo cual aumenta la incidencia de la mortalidad y morbilidad (FAO, 2005b; Capani y Quinto, 2015).

Las enfermedades infecciosas causan alta mortalidad y morbilidad en crías y adultos, que se traduce en graves pérdidas económicas, mientras que las enfermedades parasitarias afectan el estado general de los animales, reduciendo la productividad o afectan a la calidad de los productos, carne y calidad de la fibra (Fernández Baca, 2005). La enterotoxemia, diarrea neonatal, presenta procesos respiratorios agudos y las septicemias son enfermedades infecciosas más frecuentes que causan mayor mortalidad en crías de camélidos sudamericanos. Por tanto, la prevención y el control de estas enfermedades reduce las elevadas tasas de mortalidad neonatal de alpacas, mejorando la producción y conservación de los animales (Martín *et al.*, 2010).

La falla de transferencia pasiva (FTP) se define como un nivel de inmunoglobulina G sérica inferior a 900 mg/dl a las 48 horas de vida (Garmendia *et al.*, 1987). Weaver *et al.* (2000) consideran la falla de transferencia Pasiva no es una enfermedad, sino como una condición fisiológica que predispone a los recién nacidos el desarrollo de la enfermedad. La FTP se ha relacionado con aumento de la morbilidad y la mortalidad en terneros, corderos, potros, terneros y alpacas. Además, Faber *et al.* (2005) indican que la FTP en terneras, afecta la productividad a largo plazo, ya que una baja concentración de inmunoglobulinas ha sido asociada con una disminución en la producción de leche durante la primera y segunda lactancia, con un incremento en el descarte de vacas durante la primera lactancia.

La falla de transferencia pasiva de inmunoglobulinas maternas es la principal causa de numerosas infecciones en la vida posnatal; la transferencia de anticuerpos maternos a partir de suero de calostro hacia el tracto intestinal y finalmente al sistema vascular neonatal es un proceso complejo con sitios de interrupción (Wernery, 2001).

Tizard (2018) considera tres razones principales por las que puede ocurrir falla en la transferencia pasiva (vía calostro): falla en la producción, la ingestión y absorción. Por otro lado, Elizondo y Heinrichs (2009) y Arroyo y Elizondo (2014) aseguran una exitosa transferencia de inmunidad pasiva, en bovinos, con cuatro factores: ingesta del calostro en las primeras horas después del nacimiento, volumen adecuado, alta concentración de inmunoglobulinas y mínima concentración de bacterias en el mismo.

Existe falla en la producción, ya que se puede producir calostro, pero insuficiente o de mala calidad. El calostro representa las secreciones acumuladas de la mama al final de la gestación, por tanto, nacimientos prematuros pueden significar insuficiente calostro acumulado. A su vez, los niveles de IgG varían entre los individuos, produciéndose calostros de mala calidad (Tizard, 2018).

La falla en la ingestión se produce cuando existe producción de calostro, pero no hay una adecuada ingestión por parte del recién nacido. La debilidad, el escaso reflejo de succión o defectos mandibulares del recién nacido, o lesiones en las mamas, carencia del instinto maternal debido a madres jóvenes e inexpertas pueden ser un problema en el momento de la ingestión de calostro (Chacón, 2009; Vargas *et al.*, 2014).

Mientras que la falla en la absorción se da cuando existe una falla en la absorción intestinal, a pesar de producir cantidades óptimas de calostro e incluso buena ingestión por parte de la cría (Chacón, 2009; Tizard, 2018). De acuerdo con Garnica y Bravo (2001), pese a las altas concentraciones de inmunoglobulinas en calostro, las crías pueden ser deficitarias de ellas, presentándose fallas en la difusión pasiva de IgG.

Estudios pionero en el Perú indicaron que el nueve por ciento (11 de 82 animales) de crías en Puno presentaban FTP, asociándola con la susceptibilidad a infecciones neonatales (Garmendía *et al.*, 1987). Weaver *et al.* (2000) reportaron un quince por ciento de alpacas y veinte por ciento de llamas americanas con FTP fueron susceptibilidades a procesos infecciosos.

Así mismo, Torres (2017) indica que la mortalidad de neonatos se encontraría mucho más relacionada a la aptitud materna (relación madre-cría) y a factores externos (ambiente, manejo) que la cantidad de inmunoglobulinas G que pueda presentar el calostro. Por lo que la falla en la ingestión y absorción, se debe tener más en cuenta.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Lugar y fecha de ejecución**

La fase experimental de campo de la presente investigación se realizó en el Centro de Investigación y Producción Quimsachata (CIP), Anexo de la Estación Experimental Agraria Illpa - INIA, Puno, ubicado entre los distritos de Santa Lucía y Cabanillas de las provincias de Lampa y San Román respectivamente, situado a una altitud de 4300 msnm y entre las coordenadas 15° 04' 00" de latitud sur y 70° 78' 00" de longitud Oeste de Greenwich. Corresponde a la zona agroecológica de Puna Seca, de clima variado con temperaturas que fluctúan entre 3 a 15°C y una precipitación pluvial anual de 597 mm; cuenta con una extensión total de 6281 hectáreas (SENAMHI, 2019).

Los análisis de las muestras se realizaron en el Laboratorio de Microbiología del Departamento de Nutrición de la Facultad de Zootecnia - UNALM y el análisis proximal de los componentes de la alimentación se llevó a cabo en el Laboratorio de Evaluación Nutricional en Alimentos (L.E.N.A) de la UNALM, ubicado en el distrito de La Molina, región Lima Metropolitana, Perú que geográficamente se encuentra a 12° 05' 06" Latitud Sur y 76° 57' 00" longitud Oeste a una altitud de 238 msnm (SENAMHI, 2019). El trabajo de investigación se realizó entre los meses de noviembre del 2017 a abril del 2018.

#### **3.2 Animales**

La población de alpacas del INIA Quimsachata está constituida por dos rebaños de alpacas en etapa de gestación de raza Huacaya y Suri con un total de 626 animales. De los cuales se seleccionaron 40 alpacas (primíparas y multíparas) gestantes de la raza Huacaya, previamente desparasitados, en base a los registros de empadre y evaluación ecográfica considerando que se encuentren dentro del último tercio de gestación (115 días). Las cuales se encontraban con 36 semanas promedio de gestación.

### 3.3. Instalaciones, materiales y equipos

#### 3.3.1 Instalaciones

##### a. Dormidero

El dormidero de las alpacas estuvo conformado por tres corrales, dos de ellos cercados con malla ganadera y troncos de eucalipto de 5 pulgadas, y el otro corral cercado con piedras, con el objetivo de rotar a los animales por las intensas lluvias que humedecían la “cama” y en conjunto con las heces formaban lodo, creando un foco infeccioso para los animales. Las alpacas pernoctaron desde las 4:30 pm tiempo aproximado de culminado el pastoreo hasta las seis de la mañana (Figura 1).



Figura 1. Dormideros en del Centro de Investigación y Producción Quimsachata

##### b. Infraestructura productiva

La infraestructura productiva es un espacio cercado de adobe que cuenta con cuatro corrales, para la distribución de animales, interconectados entre sí con una manga de manejo en medio; siendo realizadas los controles de peso y condición corporal de las madres gestantes y post parto, cada dos semanas (Figura 2).



**Figura 2. Infraestructura productiva del Centro de Investigación y Producción Quimsachata**

**c. Potrero de experimentación**

En el potrero de experimentación se acondicionó 20 boxes para cada alpaca que sería sometida a una alimentación suplementada, los cuales fueron cercados con malla ganadera de 5 pulgadas para la asegurar el consumo de la ración diaria del suplemento (Figura 3).



**Figura 3. Potrero de experimentación**

#### **d. Área de pastoreo**

El CIP Quimsachata cuenta con una extensión de 6,281.50 hectáreas, distribuidas en tres sectores: Central Quimsachata (1,330.67 hectáreas), Compuerta Huata (2,439.49 hectáreas) y Tincopalca (2,539.86 hectáreas). Las alpacas del presente experimento pastorearon en la central Quimsachata realizando rotaciones de las praderas nativas (Figura 4).



**Figura 4. Área de pastoreo**

#### **3.3.2 Materiales**

- Collares de 4 colores tamaño grande
- Collares de 4 colores tamaño chico
- Cronómetro
- Micropipetas (5 ul).
- Tubos de ensayo.
- Viales de 5 ml.
- Discos de Inmunodifusión radial Triple J Farms
- Sueros estándar de referencia en tres niveles.
- Regla milimetrada calibrado en 0, 1 mm.
- Agua bidestilada.

- Guantes quirúrgicos
- Botas
- Guantes quirúrgicos y obstétricos
- Jeringas y agujas
- Alcohol yodado
- Algodón
- Gradillas
- Tubos de ensayo para colección de calostro
- Tubos vacutainer de tapa roja
- Cajas herméticas
- Geles refrigerantes
- Tinajas de plástico - comederos
- Bebederos
- Costales
- Hoz y tijera podadora

### **3.3.3 Equipos**

- Refrigeradora
- Centrífuga (Marca: MPW)
- Balanza electrónica de 500 kg con precisión de 100 g (Marca: Toledo)
- Balanza tipo reloj de 12,5 kg



### 3.4 Tratamientos

Las alpacas fueron distribuidas en cuatro tratamientos, considerando diez repeticiones por tratamiento. Se evaluaron dos sistemas de alimentación: al pastoreo y con suplementación proteica; según número de partos: primípara y múltipara.

- Tratamiento 1(T1): alpacas gestantes primíparas alimentadas con pasturas naturales
- Tratamiento 2(T2): alpacas gestantes primíparas alimentadas con pasturas naturales y suplemento proteico
- Tratamiento 3(T3): alpacas gestantes múltiparas alimentadas con pasturas naturales
- Tratamiento 4(T4): alpacas gestantes múltiparas alimentadas con pasturas naturales y suplemento proteico

El factor de número de partos se dividió en primíparas y múltiparas. Las características de las alpacas gestantes primíparas seleccionadas fue que se encontraron dentro de su primer parto con edades de dos a tres años; mientras, que las alpacas gestantes múltiparas tuvieron más de dos partos y de edades superiores a tres años.

El suplemento proteico en estudio fue la combinación de un concentrado comercial al 15 por ciento de proteína y heno de avena. El concentrado comercial tuvo los siguientes ingredientes: heno de alfalfa, maíz, trigo, subproductos de trigo, cebada, torta de soya, harina de pescado, Carbonato de calcio, fosfato di cálcico, cloruro de sodio. En la Tabla 2 se muestra la composición nutricional del concentrado determinado por el Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos, LENA; mientras que el heno de avena fue adquirido de la Estación Experimental Agraria Illpa, cuya composición nutricional fue determinada por LENA (Tabla 3).

#### **Tabla 2: Análisis proximal porcentual del concentrado comercial**

*Nota:* ELN=Extracto libre de Nitrógeno

Nutrientes	Humedad %	Proteína total (n x 6,25) %	Grasa %	Fibra cruda %	Ceniza %	ELN %
Composición en TCO	12.3	15.8	4.4	12.2	8.1	47.2
Composición en BS	-	18	5.1	13.9	9.3	53.8

**Tabla 3: Análisis proximal porcentual del heno de avena**

Nutrientes	Humedad %	Proteína total (n x 6,25) %	Grasa %	Fibra cruda %	Ceniza %	ELN %
Composición en tal como ofrecido	7.8	7.4	1.4	20.2	5.5	57.7
Composición en base seca	-	8.1	1.5	21.9	5.9	62.5

Nota: ELN=Extracto libre de Nitrógeno

La ración diaria ofrecida del suplemento fue de 150 g de heno de avena y 250 g del concentrado al 15 por ciento de proteína, aportando 50.73 g de proteína tal como ofrecido en la alimentación de las alpacas gestantes (Tabla 4).

**Tabla 4: Suplemento proteico destinado a alpacas (tal como ofrecido)**

Nota: ELN=Extracto libre de Nitrógeno

Cantidad (g)	Insumo	Proteína total (g)	Grasa (g)	Fibra cruda (g)	Ceniza (g)	ELN (g)
150	Heno de avena	11.2	2.1	30.3	8.3	86.5
250	Concentrado	39.6	11.1	30.4	20.3	117.9
	Total	50.7	13.2	60.7	28.6	204.4

Las praderas naturales del CIP Quimsachata poseen una composición florística y cobertura de superficie que corresponde al tipo de pastizales naturales alto andinos compuesta por especies perennes como: *Mhulembergia peruviana* (llapa pasto), *Eocharisbibracteata* (kemillo), *Trifoliummamabile* (layo), *Festucadolichophylla* (Chilligua), *Alchemillapinnata* (sillosillo), *Stipaichu* (ichu), *Stipa obtusa*, *Calamagrostisvicunarum* (crespillo), *Stipabrachyphylla* (ichu), *Parastrephyalipidophylla* (t'ola), *Margiricarpuspinnatus* (kanlli) y *Mhulenbergia fastigiata* (Ch'iji) (INIA Illpa, 2008; Quispe, 2005).

En la tabla 5, se muestra la composición nutricional de la pastura natural, tanto en base fresca

como en base seca, presente en la zona de pastoreo (CIP-Quimsachata) de las alpacas de la presente investigación, cuyo análisis fue realizado en LENA.

**Tabla 5: Análisis proximal porcentual de la pastura natural**

Nutrientes	Humedad %	Proteína total ( $\times 6,25$ )%	Grasa%	Fibra cruda %	Ceniza%	ELN%
Composición en base fresca	45.6	4.6	0.8	7.8	4.7	33.7
Composición en base seca	-	8.5	1.5	14.3	8.7	61.9

*Nota:* ELN= Extracto libre de Nitrógeno

### 3.5 Adaptación y experimentación de animales

Para la identificación de los animales se elaboró fichas de registro, donde se consideró número de arete, color de fibra, edad, tratamiento y número de collar. Se colocaron collares de colores y numerados para facilitar el reconocimiento de las madres gestantes; siendo el T1 con collares de color amarillo, T2 collares de color verde, T3 collares de color rojo y T4 collares de color azul (Anexo 13).

Las alpacas seleccionadas para T2 y T4 fueron sometidas a un periodo de adaptación al suplemento proteico, cuya duración fue de diez días, tiempo en el que las alpacas se acostumbraron a consumir el nuevo alimento, como también se adecuaron al nuevo ambiente al que eran trasladados.

Al finalizar el periodo de adaptación para las alpacas del T2 y T4, se tomó el peso de las alpacas gestantes que en promedio fue 53 kg. Cada animal ingresaba a un box, donde se le suministró una ración diaria de 250 g de concentrado y 150 g de heno de avena en sus comederos individuales; la suplementación de las alpacas fue de 86 días promedio. Así mismo, se suministró agua limpia y fresca *ad libitum* en los bebederos cada mañana.

El tiempo de permanencia de las alpacas en sus boxes individuales fue de 35 minutos promedio; posteriormente las alpacas del experimento (T1, T2, T3 y T4) fueron llevadas a las áreas de pastoreo, por un tiempo promedio de nueve horas y media. Se realizó la rotación de las zonas de pastoreo.

### **3.6 Colección de muestras**

#### **3.6.1 Calostro de las alpacas**

Para la colección del calostro se usaron tubos estériles con tapa previamente rotulados según el número del collar de la madre, se procedió a desinfectar la zona de la ubre, se removió la serosidad de la punta del pezón y se eliminó los dos primeros chorros de cada pezón. Se extrajo el calostro de forma manual de 1 a 2 ml previo a la ingestión de calostro por la cría. Siendo inmediatamente colocados dentro de una caja térmica con geles refrigerantes y transportados al laboratorio para ser colocados en congelación hasta su análisis (Figura 5).



**Figura 5. Colección de muestras de calostro**

#### **3.6.2 Sangre de crías**

A las crías, 24 horas después de la ingesta de calostro, se les extrajo 1 ml de muestras de sangre por punción de la vena yugular, se utilizaron agujas y tubo vacutainer sin EDTA previamente rotulados según el número de la cría. Las muestras de sangre se transportaron en una caja térmica con geles refrigerantes hacia el laboratorio para luego ser centrifugadas a 2000 rpm durante 5 minutos para la extracción del suero sanguíneo, con la ayuda de micropipetas se colocaron en viales eppendorf, seguidamente llevados a congelación hasta su análisis (Figura 6).

### **3.7 Prueba de inmunodifusión radial**

La prueba de inmunodifusión radial simple es una de las pruebas que permite precisar las medidas de las concentraciones de IgG en suero, considerado un ensayo confiable para determinar el fracaso de la transferencia pasiva; principal factor sobre la mortalidad en los camélidos neonatos (Linares, 2009).

Según Beneanula (2010) y Triple J Farms (2017) su principio consiste en una inmunoprecipitación en agarosa entre un antígeno a cuantificar y su anticuerpo específico. El antígeno difunde radialmente en la mezcla gel-anticuerpo y se forma un disco o anillo de precipitado visible en un punto que depende de la relación del antígeno y anticuerpo. Tras la reacción que culmina entre 24 a 48 horas, se realiza la medida del diámetro del anillo de precipitación en mm y se compara con una curva de calibración que se realiza con los diámetros al cuadrado de una serie de patrones y la concentración de los mismos, siendo esta relación lineal.

Para obtener la concentración de IgG (mg/dl) en calostro y suero se utilizó el kit de inmunodifusión radial Triple J Farms, cada kit contiene 24 pocillos y tres sueros estandarizados con diferentes concentraciones de IgG (203 mg/dl, 1452mg/dl, y 2851mg/dl). La cuantificación de las inmunoglobulinas se realizó en base al Anexo 2.

Las muestras de calostro se descongelaron, y se diluyeron en un volumen 1:10 ml con agua bidestilada y cloruro de sodio (debido a su alta concentración de inmunoglobulinas), mientras que las muestras de suero sanguíneo se descongelaron y se usaron directamente (Bravo *et al.*, 1997).



**Figura 6. Extracción y procesamiento de sangre.**

**A. Detección, limpieza y desinfección de zona donde se ubica la vena yugular. B. Extracción de sangre de la vena yugular. C. Muestras ingresan a la centrifuga para obtener el suero. D. Extracción del suero en eppendorf para su posterior almacenamiento en congelación.**

Para realizar la prueba de inmunodifusión radial simple, se utilizó 5  $\mu$ l de muestra del calostro y suero para llenar cada pocillo de la placa; se consideró que los primeros tres pocillos de cada placa sean llenados con los sueros referenciales (concentración alta, mediana y baja) provistos en el kit (Figura 7).

Los platos fueron incubados en una superficie plana a temperatura ambiente (20-24°C) por 24 horas; pasado el tiempo, se midió los diámetros de los anillos de precipitación que fueron formados, con una regla milimetrada y calibrada a 0.1 mm (Figura 8).

### **3.8 Variables evaluadas**

#### **3.8.1 Peso vivo al nacimiento**

Al nacimiento de los neonatos, se esperó que la madre reconociera a la cría y ésta realice intentos para ponerse de pie. Seguidamente se desinfectó los ombligos con yodo al siete por ciento y se tomó el peso vivo al nacimiento con una balanza tipo reloj (romana).

#### **3.8.2 Concentración de Inmunoglobulinas G en calostro y sangre**

Tras la incubación en las placas de inmunodifusión radial y obtenidos los diámetros se realizó una equivalencia con una curva de calibración para la determinación de la concentración de IgG en mg/dl del calostro y suero sanguíneo.

Para la determinación de la concentración de inmunoglobulina G en calostro y suero sanguíneo se realizó la curva de calibración en base al diámetro de halos de los sueros estándar, encontrándose 3.80, 6.00 y 8.50mm y 3.78, 5.94 y 7.15 mm para cada una de las placas utilizadas. Los diámetros medidos se elevaron al cuadrado, datos que corresponden al eje de las ordenadas (Y) mientras que en el eje de las abscisas (X) se tiene las concentraciones de los sueros de referencia específicos para camélidos. Donde los diámetros de las muestras desconocidas se reemplazan en la ecuación de la recta para hallar sus concentraciones respectivas de IgG en mg/dl (Anexo 15).



Figura 7. Materiales de Inmunodifusión Radial



Figura 8. Medición de los diámetros de los halos



### 3.8.4 Ganancia de peso diario

A las dos semanas de vida de las crías se registró el peso con una balanza tipo reloj; considerando el peso vivo al nacimiento y el peso a las dos semanas, se determinó la ganancia diaria de peso.

$$\text{Ganancia diaria de peso} = \frac{\text{Peso a las dos semanas} - \text{peso al nacimiento}}{14}$$

### 3.9 Diseño experimental

En el experimento se utilizó un Análisis de Variancia en Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo factorial 2x2 considerándose los días de consumo como covariable. Los factores fueron la alimentación (al pastoreo y con suplementación) y número de partos, dando lugar a cuatro tratamientos con diez repeticiones cada uno.

Se usó el modelo lineal:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (A*B)_{ij} + \beta (X - \bar{X})_{ijk} + E_{ijk}$$

Donde:

- $Y_{ijk}$  = Variable respuesta de peso vivo al nacimiento (kg), concentración de inmunoglobulinas G calostrales (mg/dl), inmunoglobulinas G séricas (mg/dl) y ganancia de peso diario (kg).  
 $\mu$  = Media general  
 $A_i$  = Efecto del i-ésimo nivel del factor A (alimentación)  
 $B_j$  = Efecto del j-ésimo nivel de factor B (número de partos).  
 $(A*B)_{ij}$  = Efecto de la interacción del i-ésimo nivel del factor A (alimentación) con el j-ésimo nivel del factor B (número de partos).  
 $\beta$  = Coeficiente de la regresión  
 $X_{ijk}$  = Co-variable días del consumo  
 $\bar{X}$  = Media General de los días de consumo (kg)  
 $E_{ijk}$  = Error experimental

Para la comparación de las medias según el efecto de los factores e interacción para peso al nacimiento, inmunoglobulinas (IgG) en Calostro, inmunoglobulinas (IgG) en suero sanguíneo y ganancia de peso diario. Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el programa MINITAB 2019.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Peso vivo del nacimiento en crías de alpaca

Los resultados de los promedios de peso vivo al nacimiento en crías de alpaca se muestran en la Tabla 6 y Anexo 1. Al efectuarse el análisis de varianza (Anexo 7) no se encontraron diferencias significativas ( $p>0.05$ ) entre los tratamientos, la alimentación ni número de partos sobre el peso vivo al nacimiento.

**Tabla 6: Efecto de la alimentación y número de parto sobre el peso vivo al nacimiento**

Tratamiento	Alimentación	Número de parto	Peso al nacimiento (kg) $\pm$ SD	Media ajustada Peso al nacimiento (kg)
T1	Pastura natural	Primípara	6.81 $\pm$ 0.92	6.85 <sup>a</sup>
T2	Pastura con suplemento	Primípara	6.75 $\pm$ 0.68	6.78 <sup>a</sup>
T3	Pastura natural	Múltipara	6.68 $\pm$ 0.72	6.71 <sup>a</sup>
T4	Pastura con suplemento	Múltipara	7.16 $\pm$ 0.91	7.04 <sup>a</sup>
Efecto de la alimentación		Pastura natural	6.74 $\pm$ 0.81	6.79 <sup>a</sup>
		Pastura con suplemento	6.95 $\pm$ 0.81	6.91 <sup>a</sup>
Efecto del número de parto		Primípara	6.78 $\pm$ 0.79	6.82 <sup>a</sup>
		Múltipara	6.92 $\pm$ 0.84	6.88 <sup>a</sup>

*Nota:* SD=desviación estándar

Los resultados no mostraron interacción entre alguno de los efectos de la alimentación con alguno de los efectos del número de partos. Sin embargo, el T4 (alpacas múltiparas con alimentación al pastoreo y suplemento), numéricamente, fue ligeramente mayor respecto a los otros tratamientos con 7.04 kg.

Los pesos promedio según el efecto de la alimentación no mostraron diferencias significativas; las crías de alpacas alimentadas con solo pasturas y con la suplementación presentaron valores de 6.79 y 6.91 kg, respectivamente. Mientras que Rojas (2015) mostró diferencias significativas para los pesos al nacimiento de crías de alpacas suplementadas entre las alpacas al pastoreo con 5.15 y 3.26 kg, respectivamente; el suplemento utilizado en el trabajo mencionado fue un concentrado fibroso, compuesto de heno de avena y de alfalfa con inclusión de fuentes adicionales de energía, proteína, minerales y vitaminas, suministrado desde diez días antes del empadre hasta la parición. La cantidad ofrecidas diariamente del concentrado fue de 200g.

Este incremento de peso vivo al nacimiento de crías, cuyas madres fueron alimentadas con suplemento fibroso podría deberse al peso inicial y condición corporal de las alpacas al iniciar el experimento, siendo de 38 kg promedio con una condición corporal de 2 mientras que la presente investigación fue de 53 kg promedio con una condición corporal de 3. Así mismo, el tiempo de suplementación sería un factor influyente sobre las diferencias encontradas, en la presente investigación la suplementación fue por 86 días promedio mientras que en el trabajo anterior fue por 360 días aproximadamente. Posiblemente, se necesitaría un número mayor de tiempo de experimentación para que la suplementación proteica pueda aumentar el peso al nacimiento. Añadiendo a las diferencias, el tipo de suplementación que se usó en ambos trabajos difieren entre sí, el trabajo anterior fue una suplementación fibrosa y en la presente investigación suplementación proteica y/o energética.

El peso promedio al nacimiento de las crías de alpacas alimentadas con pastos naturales fue de 6.79 kg, similar a lo indicado por García *et al.* (2002) quienes obtuvieron un peso promedio al nacimiento de 7 kg, pero inferior a 8 kg promedio reportado por Quispe (2009); este último experimento se realizó en el Centro de Investigación de Camélidos Sudamericanos (CICAS) La Raya de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, cuyas características de Puna húmeda favorecen el crecimiento de pastos naturales y por ende alimento para los animales.

Por otro lado, Huanca *et al.* (2007b) registran el peso vivo promedio al nacimiento de 6.3 y 6.4, para crías hembras y machos respectivamente, sin mostrar diferencias significativas entre el sexo. Así mismo, Mamani (2013) reporta pesos al nacimiento de  $6.20 \pm 1.08$  kg promedio desde el año 1998 al 2012, semejante a lo reportado por Mamani (2005) de  $6.01 \pm$

0.03 kg. Los autores mencionados emplearon datos del mismo Banco de Germoplasma (CIP Quimsachata), por lo que es semejante los datos reportados. Así mismo, el CIP Quimsachata se caracteriza por ser puna seca a diferencia de la Raya, ambos ubicados en el departamento de Puno.

Los pesos inferiores bajo un sistema de alimentación con pastos naturales, se debe a las carencias y menor calidad nutritiva que presentan, la cual es más crítica durante el periodo de seca (San Martín, 1987; Flores y Malpartida, 1992). Por lo que Cooper (2006) sugiere una alimentación complementaria sobre todo de proteína en el último tercio de gestación debido a los porcentajes bajos de proteína que brinda los pastos naturales ya sea época de lluvia o seca. Caso de esta investigación, el porcentaje nutricional de proteína de los pastos naturales consumidos por las alpacas, en base seca fue de 8.47 por ciento.

Los pesos promedio según el efecto del número de partos no muestra diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre crías de alpacas primíparas con 6.82 kg y crías de alpacas múltiparas con 6.88 kg. Así mismo, Rojas (2015) reportó la inexistencia de diferencias significativas entre alpacas de primer parto, segundo parto y tercero a más partos con 3.3, 3.1 y 3.6 Kg, respectivamente, alimentadas al pastoreo. A pesar de que no exista diferencias significativas entre crías de alpacas primíparas con múltiparas, se observa diferencias entre los valores reportados en ambas investigaciones, lo cual podría deberse a las características morfométricas y genéticas de las alpacas que cuenta el CIP Quimsachata a comparación con el fundo Quiorpatilla que tiene una crianza tradicional. En ambos casos hay una intervención del suplemento sea proteico o fibroso sobre el peso promedio en comparación.

Mientras que Riquelme (2017) muestra diferencias significativas para pesos al nacimiento entre crías de alpacas primípara y múltipara con 5.11 y 5.77 kg, respectivamente, cuya alimentación fue al pastoreo coincidiendo así con el rebaño de alpacas Huacaya de Quimsachata alimentadas al pastoreo del mismo año en el que se realizó la presente investigación con 5.46 kg en primíparas y 6.49 kg en múltiparas. En ambas, hay diferencias significativas entre crías de alpacas múltiparas y primíparas alimentadas con pastos naturales, mostrando un incremento ligero sobre las crías de alpacas múltiparas. Esto concuerda con García y Leyva (2007) quienes indican que los camélidos de mayor edad y número de partos permiten un mejor desarrollo de la cría y un mayor peso al nacimiento.

Así mismo, Bravo (2014) indica que las crías más pesadas con 9 kg nacen de madres de 8 a 9 años de edad mientras que madres de 3 a 7 años de edad tienen crías de 7 a 8 kg. Siendo esta una razón por lo que las diferencias entre los experimentos de los autores no son tan marcadas, debido a que en el experimento se consideró solo el número de partos. La edad de las alpacas en experimentación se encuentra dentro del intervalo 3 a 7 años, siendo el rango muy amplio para obtener crías de pesos de 7 a 8 kg.

Las alpacas gestantes que ingresaron a los tratamientos con suplementación fueron adaptadas por diez días al consumo del alimento, contrariamente a lo indicado por Castro *et al.* (2017) quienes sugieren que el tiempo ideal para convertir un alimento en parte de su dieta es mayor a once días en alpacas jóvenes. Provenza (2003) indica que las alpacas como muchos animales tienen característica neofóbica, temor a nuevos hábitos como la alimentación, sobre todo en animales adultos.

El peso vivo al nacimiento de crías de alpaca está influenciado por la edad de la madre, número de partos, estado nutricional, factores genéticos, tamaño de la madre y grado de madurez de la cría; por tanto, la variabilidad es alta en los datos de peso vivo al nacimiento en el Perú de 4 a 10 kg (Bravo, 2014); mientras que en Chile se reportan pesos de 6.6 a 7.7 kg (Raggi *et al.*, 1997).

Así mismo, dentro de las regiones de crianza del Perú como Puno, Cusco, Arequipa, Pasco y Junín difieren en el peso nacimiento. En estas regiones, incluso entre cooperativas y estaciones experimentales difieren en el peso, ya sea por el nivel de manejo genético y reproductivo que se realiza. Pero los factores como la edad, la raza, el fenotipo y la alimentación influyen en forma significativa en el peso al nacimiento, ganancia de peso, peso al final del periodo de engorda en llamas y el rendimiento de canal (Bustinza, 2001b). Las investigaciones muestran que el sexo es un factor que no tiene influencia sobre el peso al nacimiento en las crías de alpacas (Raggi *et al.*, 1997; Huanca, 2007b).

## 4.2 Concentración de IgG calostrales según la condición de las madres

Los resultados de las concentraciones de IgG calostrales de alpaca se muestran en la Tabla 7 y Anexo 3. Al efectuarse el análisis de varianza (Anexo 9) mostró diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) para el factor alimentación e interacción de factores, mas no mostró efectos significativos para el factor número de partos sobre la concentración de IgG en calostro de alpacas.

**Tabla 7: Concentración de inmunoglobulinas G (mg/dl) en calostro de las alpacas pos parturientas**

Tratamiento	Alimentación	Número de parto	IgG mg/dl $\pm$ DS	Media ajustada IgG mg/dl
T1	Pastura natural	Primípara	4510 $\pm$ 756	4434.72 <sup>b</sup>
T2	Pastura con suplemento	Primípara	4609 $\pm$ 1181	4562.55 <sup>a</sup>
T3	Pastura natural	Múltipara	3440 $\pm$ 1255	3368.88 <sup>c</sup>
T4	Pastura con suplemento	Múltipara	4591 $\pm$ 647	4783.66 <sup>a</sup>
Efecto de la alimentación		Pastura natural	3975 $\pm$ 1148	3901.80 <sup>b</sup>
		Pastura con suplemento	4600 $\pm$ 928	4673.10 <sup>a</sup>
Efecto del número de parto		Primípara	4560 $\pm$ 968	4498.63 <sup>a</sup>
		Múltipara	4015 $\pm$ 1137	4076.27 <sup>a</sup>

*Nota:* IgG = Inmunoglobulina G, DS = desviación estándar

No se muestran diferencias significativas entre el T2 (alpacas primíparas con alimentación al pastoreo y suplemento) y T4 (alpacas múltiparas con alimentación al pastoreo y suplemento), pero este último, tiene tendencia a una mayor concentración; además, ambos tienen una mayor concentración de inmunoglobulinas G calostrales, seguido del T1 (alpacas primíparas con alimentación al pastoreo) con 4434.72 mg/dl y finalmente el T3 (alpacas múltiparas con alimentación al pastoreo) con 3368.88 mg/dl.

El análisis de varianza y la gráfica de interacción (Anexo 11) muestran que la suplementación en alpacas multíparas aumenta los niveles de IgG en el calostro, pudiendo deberse a que las alpacas multíparas por su mayor exposición tendrán más desarrollado el sistema inmune, por ende, al suministrarle un suplemento proteico se podrá sintetizar las inmunoglobulinas.

Bravo *et al.* (1997) indican que la concentración de IgG en la glándula mamaria de llamas y alpacas previo al parto alcanzaba valores máximos que sobrepasaba en diez veces los valores séricos y que la cantidad de proteína declinaba rápidamente, por tanto, una inadecuada nutrición durante la gestación tardía puede reducir la cantidad y la calidad de calostro. Por tanto, la suplementación proteica podría jugar un papel importante en las alpacas gestantes para evitar esa pérdida.

Según el efecto de la alimentación, las concentraciones promedio de IgG en calostro de alpacas que recibieron el suplemento mostraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre las alpacas que solo fueron alimentadas al pastoreo con 4673.10 y 3901.80 mg/dl, respectivamente. Pachari (2008) reportó un valor de 3770 mg/dl semejantes a las alpacas alimentadas con pastos naturales; así mismo, Ampuero y Cornejo (2008) obtuvieron un promedio de 3797,73 mg/dl. Los valores se asemejan debido a que se realizaron bajo las mismas condiciones ambientales, en alpacas Huacaya, mediante la prueba de inmunodifusión radial simple y recolectadas en el mismo año a excepción de la presente investigación.

En nuestro país aún no se han hecho investigaciones sobre la relación que pueda existir entre la suplementación proteica en el último tercio de gestación de alpacas y la concentración de inmunoglobulinas G en calostro; por lo tanto, la data única que se encuentra es solo de alpacas que han sido alimentadas al pastoreo. Ante las existentes diferencias significativas entre las alpacas suplementadas con proteína al 15 por ciento y las que se alimentan de solo pastos naturales podría deberse a lo expuesto por Bravo (1997).

Así mismo, Van Saun (2006) indica que los camélidos en estado normal presentan una alta concentración de nitrógeno de urea en sangre (BUN) diferente a lo que sucede en rumiantes, considerando el reciclaje de nitrógeno para adaptarse a las condiciones ambientales en las que se desarrollan. A ello, Roche (2006) indica que concentraciones altas de BUN aumentan el balance energético negativo, debido al exceso de nitrógeno que debe ser excretado en

forma de urea; este proceso de síntesis de urea requiere de mucha energía. A su vez, la salida de urea promueve el crecimiento bacteriano en el lumen uterino causando susceptibilidad en los camélidos de contraer infecciones uterinas como resultado de sus adaptaciones fisiológicas para las concentraciones de urea en sangre más altas.

Triple J Farms (2017), muestra un rango de 2000 a 35000 mg/dl (basado en 292 muestras) para las concentraciones de IgG calostrales en alpacas, mientras Garmendia *et al.* (1987) reportaron valores que van desde 1 000 a 2800 mg/dl. Las diferencias de estos intervalos marcados podrían deberse al tiempo en las que se tomaron las muestras, el número de animales en experimentación, la exposición de algún antígeno que provocaría la respuesta inmune de modo que aumente o disminuya en el suero del animal la cantidad de inmunoglobulinas específicas y por ende en el calostro. Garmendia *et al.* (1987) muestra resultados de sus concentraciones calostrales sin considerar la dilución previa, necesaria, para la prueba de inmunodifusión radial, con fines comparativos y no de determinar los niveles de concentración reales.

En especies como llamas, Caggiano *et al.* (2014) indicaron 4254 mg/dl promedio para la concentración de IgG calostrale; siendo un valor superior al de las alpacas en estudio. Los resultados obtenidos fueron similares a los obtenidos en aquellas especies con similar tipo de placentación. Hurley (2003) mostró valores de 3200 a 21200 mg/dl para la concentración de IgG en calostro. Chen *et al.* (2008), muestran 5990 mg/dl para la concentración de IgG calostrales en cabras.

Según el efecto número de partos, la concentración promedio de IgG en calostro de las alpacas primíparas y multíparas no mostraron diferencias significativas, mientras al realizar la comparación entre las alpacas primíparas y multíparas alimentadas al pastoreo se diferencian entre sí. Mientras que Riquelme (2017) no reporta diferencias estadísticas entre primíparas y multíparas alimentadas al pastoreo, concordando con Flodr *et al.* (2012) quienes determinaron las IgG con la escala del porcentaje de Brix; las diferencias encontradas podrían deberse a la condición de los pastos naturales con las que se les alimento a las madres, enfermedades que se pudieron presentar en la majada de alpacas y el tipo de prueba para la determinación de IgG.



Bravo (1997) reporta valores para la concentración de IgG calostrales que oscilan entre 17651 a 28442 mg/dl en el mismo día del parto, mientras que una semana antes del parto oscilan entre 17651 a 35943 mg/dl; de forma semejante Flodr *et al.* (2012) reportan valores de 28337 mg/dl para la concentración de IgG calostrales en alpacas madres con rangos que van de 14390 a 32150 mg/dl determinados con la escala de porcentaje de Brix; los resultados reales obtenidos para la concentración de inmunoglobulinas calostrales en la presente investigación son 44347.2, 45625.5, 33688.8 y 47836.6 mg/dl para T1, T2, T3 y T4 respectivamente, ya que se diluyó el calostro para poder procesar las muestras en las placas de inmunodifusión radial. Notándose que las alpacas alimentadas al pastoreo (T3) muestran valores similares reportados por estos autores, por tanto, podríamos indicar que la suplementación proteica en alpacas permite un aumento en la producción de IgG calostrales a nivel de glándula mamaria.

Ante estos resultados, Bravo *et al.* (1997) demostraron que los niveles de IgG séricos en alpacas y llamas se mantienen constantes a través de toda la preñez a diferencia de los niveles de IgG en la secreción mamaria, que se elevan justo antes de la parición, para decaer drásticamente una semana después del nacimiento; por tanto, podría existir una producción local de IgG calostrales en la glándula mamaria. A ello se suman Daley *et al.* (2010), quienes indican que los camélidos tienen concentraciones altas de IgG en calostro debido a una síntesis local dentro de las células de la glándula mamaria, y no provenientes del torrente circulatorio a la glándula mamaria, como ocurre en otras especies de animales como en las vacas, ovejas, yeguas y cerdas.

En comparación a otras especies, Campos *et al.* (2007) indican que las concentraciones de inmunoglobulinas en vacas multíparas son mayores que en primíparas por el sistema inmune más desarrollado debido al mayor tiempo de exposición de antígenos durante toda su vida; así mismo, Reyes *et al.* (2015) indican que la IgG en calostro está relacionada con el número y la etapa de lactancia, la producción láctea, el recuento de células somáticas y el contenido de proteína en la leche.

En ovinos, la producción de calostro es óptima (calidad y cantidad) cuando las ovejas tienen una edad mayor a dos años; mientras que el calostro producido por primíparas suele ser inferior (Corner *et al.*, 2013). Se debe considerar, que la edad está asociada a la mayor exposición de agentes infecciosos; por tanto, la concentración de inmunoglobulinas será

mayor y más amplia contra ciertas enfermedades. Respecto a la alimentación en gestantes, la mortalidad perinatal es más elevada cuando han sido subalimentadas, por lo que se sugiere la suplementación en el último tercio de la gestación que mejora el peso al nacimiento, la producción de calostro y leche, y por ende un mayor porcentaje de supervivencia de corderos (Banchero *et al.*, 2006).

Considerando lo expuesto, las hembras que tienen mayor número de partos presentan mayor concentración de IgG debido a una mayor exposición de patógenos a lo largo de su vida; la naturaleza de las inmunoglobulinas como glucoproteínas y las infecciones frecuentes presentes en las alpacas gestantes, requiere de una dieta con proteínas para poder sintetizarlas y evitar movilizar las reservas corporales para el mantenimiento de la cría.

Pero, aun, no se muestra de forma clara la influencia del número de partos sobre la cantidad de inmunoglobulinas G en calostro de alpacas en comparación con otras especies; ya que existe poca información sobre trabajos hechos con el factor número de partos e inmunoglobulinas G en calostro de alpacas; mientras, Chacón (2009) indica que el número de partos de una vaca mostrará un nivel mayor de inmunoglobulinas respecto a las más jóvenes.

#### **4.3 Concentración de IgG séricas en crías, a las 24 horas de nacidas, según la condición de las madres**

Los resultados de las concentraciones de IgG séricas en crías de alpacas se muestran en la Tabla 8 y Anexo 4. Al efectuarse el análisis de varianza (Anexo 10) no se encontraron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) para la alimentación y número de partos para la concentración de IgG en suero de los neonatos a las 24 horas de nacidos.

El análisis de varianza y la gráfica de interacción (Anexo 11) entre los factores alimentación y número de partos indican que la suplementación ejerce una influencia positiva sobre los niveles de inmunoglobulinas G séricas en neonatos nacidos de alpacas multíparas mientras que la suplementación en alpacas primíparas disminuye el nivel de inmunoglobulinas en sangre de sus crías; estos resultados podrían indicar que alpacas multíparas tienen características que pueden ser evidenciadas al brindarle un alimento adecuado.

Para alcanzar niveles altos de IgG séricas en neonatos, se requiere de un calostro con altos niveles de IgG, avidez de las crías y peso al nacimiento adecuado. Se observó en las alpacas primíparas alimentadas con suplemento, durante el parto, el tiempo que les tomó expulsar a la cría fue mayor respecto a las alpacas que fueron alimentadas con solo pastura natural.

**Tabla 8: Concentración de inmunoglobulinas G (mg/dl) en sangre de crías, a las 24 horas de nacida**

Tratamiento	Alimentación	Número de parto	IgG $\pm$ SD mg/dl	Media ajustada IgG mg/dl
T1	Pastura natural	Primípara	3465 $\pm$ 1291	3418.07 <sup>a</sup>
T2	Pastura con suplemento	Primípara	2618 $\pm$ 968	2601.73 <sup>a</sup>
T3	Pastura natural	Múltipara	2290 $\pm$ 756	2265.04 <sup>a</sup>
T4	Pastura con suplemento	Múltipara	3012 $\pm$ 784	3080.03 <sup>a</sup>
Efecto de la alimentación		Pastura natural	2877 $\pm$ 1193	2851.56 <sup>a</sup>
		Pastura con suplemento	2815 $\pm$ 881	2840.88 <sup>a</sup>
Efecto del número de parto		Primípara	3041 $\pm$ 1193	3019.90 <sup>a</sup>
		Múltipara	2651 $\pm$ 836	2672.54 <sup>a</sup>

*Nota:* IgG = Inmunoglobulina G, SD = desviación estándar

La concentración de IgG en calostro del experimento guarda relación con la concentración de IgG séricas afirmando lo expuesto por Tizard (2018) quien considera en primer lugar la importancia de la producción de un calostro de buena calidad (mayor concentración de IgG). De forma semejante, Pachari (2008) afirma que las concentraciones de IgG en suero de crías están influenciadas por las concentraciones de IgG del calostro de las madres. Mientras que Daley *et al.* (2010) y Flodr *et al.* (2012) no muestran correlación entre las IgG calostrales e IgG séricas de las crías, por lo que sugiere la existencia de otros factores que podrían ser importantes y más influyentes en la absorción de inmunoglobulinas en crías de alpaca.

Los resultados de las concentraciones de IgG séricas, sea cual fuere el tratamiento, muestran valores superiores a lo reportado por Triple J Farms (2017), 1657 mg/dl. Así mismo, la concentración promedio de IgG sérica del presente estudio se encuentra dentro del rango de 2500 a 3000 mg/dl reportado por Bravo (2015). Mientras Daley *et al.* (2010), reportaron un promedio de 2220 mg / dl  $\pm$  4.8 mg / dl, siendo valores menores al presente trabajo debido a diversos factores como la fecha de parición de las alpacas que conlleva a la calidad nutricional de los pastos y de las inclemencias del clima.

Según el efecto de la suplementación, las concentraciones promedio de IgG en suero sanguíneo de crías de alpaca que recibieron el suplemento mostraron valores similares a las crías de alpacas que solo fueron alimentadas al pastoreo con 2840.88 y 2851.56 mg/dl, respectivamente. Los valores bajos obtenidos, respecto a los niveles de IgG en calostro podrían deberse a fallas en la ingestión oportuna o en la absorción del calostro, siendo factores que influyen sobre la transferencia de inmunidad pasiva según Tizard (2018). No existe aún información que provea alguna relación entre los niveles de IgG séricas y la suplementación en sí; cabe recalcar, la influencia de la suplementación de forma indirecta.

Bravo (2015) encontró la concentración más alta de IgG entre las 24 a 48 horas de nacido con 2500 a 3000 mg/dl, por tanto, si el neonato succiona calostro dentro de las primeras 8 horas de vida, las concentraciones de IgG serán las mejores; pero, si la succión ocurre a las 24 horas de nacido, la concentración de IgG es nula; por tanto, la pronta ingestión del calostro por la cría permite obtener niveles adecuados de IgG séricas. Si una cría no mama en las primeras horas de vida, comenzará a utilizar todas las reservas corporales, debilitándose y con pocas probabilidades de alimentarse, en el peor de los casos, las crías terminarán muriendo (Nowak y Poindron 2006).

Según, Nowak y Poindron (2006) en ovinos, las condiciones climáticas como lluvia, viento y frío pueden disminuir drásticamente la temperatura en el cuerpo del animal ocasionando hipotermia que disminuye el reflejo de succión de calostro y también la absorción, debido al cierre del transporte de inmunoglobulinas a nivel intestinal. En la presente investigación las inclemencias del clima causaron que las crías tuvieran un retraso en la succión oportuna del calostro.

Según el número de partos, las concentraciones promedio de IgG en sangre de crías de alpacas primíparas no mostraron diferencias significativas respecto a las alpacas múltiparas con 3019.90 y 2672.54 mg/dl, respectivamente; así mismo, Flodr *et al.* (2012) no muestran diferencias significativas entre los valores para crías de madres primerizas y crías de madres múltiparas, teniendo como resultado 2667 y 2668 mg/dl, respectivamente. De igual forma, Riquelme (2017) muestra valores semejantes para la concentración de IgG séricas con 2670.54 mg/dl en crías de madres primerizas y 3167.05 mg/dl en madres múltiparas, este estudio fue realizado en alpacas al pastoreo del CIP Quimsachata.

Con respecto a la falla en la transferencia de inmunoglobulinas, los resultados sobre las concentraciones promedio de inmunoglobulinas G (IgG) en los cuatro tratamientos muestran valores superiores a 1000 mg/dl. Según Burns *et al.* (2014) consideran la transferencia de inmunoglobulinas exitosa cuando la concentración de inmunoglobulinas G (IgG) en el suero es mayor o igual a 1000 mg / dl. Mientras que Fernández *et al.* (2004) indican que concentraciones mayores a 800 mg/dl de IgG muestran que la transferencia es exitosa, valores entre 200 a 400 mg/dl indican falla parcial de la transferencia pasiva (FTP) y menores a 200 mg/dl son indicativos de la falla total de transferencia pasiva (FTP) en la inmunidad materno filial.

La transferencia de inmunoglobulinas en todas las alpacas que participaron de la presente investigación no mostraron fallas en la transferencia de inmunoglobulinas G, pese a las manifestaciones naturales extremas. Mientras, Riquelme (2017) sí muestra fallas en la transferencia de dos crías de madres primerizas y una cría de madre múltipara con concentración de IgG séricas en promedio de 333 mg/dl, trabajo realizado en el CIP Quimsachata con alpacas alimentadas al pastoreo. Cabe señalar, que el presente estudio inicio con la elección al azar de cuarenta alpacas que fueron manejadas con rotación de sectores de pastos naturales, rotación de dormideros y horas exactas para el pastoreo y entrada al dormidero a diferencia del estudio en comparación, quien tomó datos de algunas alpacas de la majada, las cuales estaban bajo responsabilidad de los “pastores”.

#### 4.4 Ganancia de peso en crías hasta las dos semanas de nacidas según condición de las madres

Los resultados de la ganancia de pesos diario en crías a las dos semanas de vida se muestran en la Tabla 9. Al efectuarse el análisis de varianza (Anexo 8) no se encontraron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) para los factores de alimentación y número de partos sobre la ganancia de peso diario hasta las dos semanas de nacidas.

**Tabla 9: Ganancia de peso diario en crías a las dos semanas de vida**

Tratamiento	Alimentación	Número de parto	GPD $\pm$ SD (kg)	Media ajustada GPD (kg)
T1	Pastura natural	Primípara	0,18 $\pm$ 0.02	0.189 <sup>a</sup>
T2	Pastura con suplemento	Primípara	0,22 $\pm$ 0.04	0.225 <sup>a</sup>
T3	Pastura natural	Múltipara	0,25 $\pm$ 0.14	0.251 <sup>a</sup>
T4	Pastura con suplemento	Múltipara	0,25 $\pm$ 0.03	0.243 <sup>a</sup>
Efecto la alimentación	Pastura natural		0,22 $\pm$ 0.10	0.219 <sup>a</sup>
	Pastura con suplemento		0,24 $\pm$ 0.04	0.234 <sup>a</sup>
Efecto del número de parto	Primípara		0,20 $\pm$ 0.03	0.207 <sup>a</sup>
	Múltipara		0,25 $\pm$ 0.09	0.247 <sup>a</sup>

*Nota:* GDP = ganancia de peso diario, SD = desviación estándar

Sin embargo, se observa una ligera diferencia numérica entre los tratamientos, siendo el T1 (crías de alpacas múltiparas con alimentación al pastoreo) que muestra una menor media en la GPD con 0.190 kg mientras el T3 una mayor media con 0.251 kg; el último resultado coincide con lo reportado por Bravo y Alarcón (2015), quien indica 0.250 kg de ganancia de peso diario durante las dos primeras semanas de vida para los neonatos de alpaca alimentados con pastura natural. Así mismo, el T4 numéricamente mostró mejores resultados en peso al nacimiento como en ganancia de peso diario, tales resultados muestran que crías con pesos adecuados al nacimiento favorecerían la ganancia de peso en las etapas siguientes.

Así mismo, Quispe (2009) indica 0.12 y 0.08 kg como ganancia de peso diario a los 15 y 30 días, respectivamente; debido a la variabilidad de los tiempos en que se toman los pesos de las crías sería la diferencia que se muestra. Además, Raggi (1997) muestra 0.17 kg como ganancia de peso diario hasta los 30 días, manifestando que el incremento de peso diario después del primer mes decrece; por lo que es importante presentar una ganancia diaria de peso alta al mes de edad. Las diferencias mostradas según las investigaciones, pueden estar relacionadas al factor genético, factor ambiental, calidad de la leche materna, carencias de minerales como el hierro, hipotiroidismo y parasitismo.

Según la alimentación, la ganancia de peso diario promedio de crías de alpacas que recibieron pastura natural y las que recibieron pastura natural con suplemento no mostraron diferencias estadísticas con 0.219 y 0.234 kg, respectivamente. Así mismo, la variable peso vivo al nacimiento no se vio influenciada por la suplementación siendo considerable la inexistencia de diferencias significativas para la ganancia diaria de peso.

Según el número de partos, la ganancia de peso diario promedio de crías de las alpacas multíparas muestra ligeras diferencias numéricas respecto a las alpacas primípara con 0.247 y 0.207 kg, respectivamente. Mientras, Riquelme (2017) muestra una ganancia de peso diario en crías de 0.14 y 0.18 a los 15 días de edad; la diferencia entre los valores se podría atribuir al manejo de las alpacas bajo pastoreo.

El peso vivo al nacimiento no se vio afectada por el número de partos, no mostrando diferencias estadísticas entre crías de alpacas multíparas y primíparas con 6.857 y 6.838 kg, respectivamente. Mientras, Quispe (2009) muestra en sus resultados que el incremento de peso vivo de las crías de madres multíparas fue superior a las crías de madres primíparas durante los controles de peso a los 15, 30, 45 y 60 días de vías.

Flodr *et al.* (2012), indican que las alpacas con mayor número de partos tienden a producir una mayor cantidad de calostro en comparación a las primíparas; por tanto, las crías de alpacas multíparas deberían ingerir mayor cantidad de nutrientes (presentes en el calostro) adecuados para el crecimiento oportuno.

La toma de datos del peso a los catorce días se registró para evidenciar la influencia de las IgG transferidas de forma pasiva sobre las crías debido a que las IgG transferidas por la madre aportarán la inmunidad que permitirá aumentar la resistencia contra enfermedades y por ende habrá un crecimiento mayor. Wernery (2001) indica que la falla en la transferencia pasiva de inmunoglobulinas es un determinante importante en mortalidad causada por enfermedades infecciosas en crías de alpaca en las dos o tres primeras semanas. Así mismo, Maximiliano *et al.* (2018) indican que las alpacas a partir de los quince días de edad son susceptibles a enfermedades infecciosas.



## V. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en que se realizó el presente estudio se llegó a las siguientes conclusiones:

1. La suplementación proteica en la alimentación de alpacas multíparas y primíparas no tuvieron efectos significativos ( $p > 0.05$ ) sobre el peso al nacimiento de los neonatos.
2. La suplementación proteica en alpacas multíparas y primíparas (T4 y T2, respectivamente) tuvieron mejores resultados ( $p < 0.05$ ) sobre la concentración de inmunoglobulinas G (IgG) calostrales.
3. La suplementación proteica en la alimentación de alpacas multíparas y primíparas no tuvieron efectos significativos ( $p > 0.05$ ) sobre la concentración de inmunoglobulinas G (IgG) séricas.
4. La suplementación proteica en la alimentación de alpacas multíparas y primíparas no tuvieron efectos significativos ( $p > 0.05$ ) sobre la ganancia de peso diario hasta las dos semanas de vida de las crías.

## **VI. RECOMENDACIONES**

De los estudios realizados en el presente trabajo, se recomienda lo siguiente:

1. Realizar trabajos de investigación en alpacas alimentándolas con cantidades superiores de suplemento utilizado en la experimentación, 150g de heno de avena y 250g de concentrado, aumentando el porcentaje de proteína. Así mismo, comparar el efecto de cada elemento del suplemento de forma independiente.
2. Realizar trabajos de investigación suplementando durante la época seca para los parámetros determinados en esta investigación.
3. Replicar la experimentación con mayor número de alpacas, para evaluar la variable sexo en el peso al nacimiento y concentración de IgG séricas de las crías. La concentración de IgG séricas en neonato depende de la ingestión pronta del calostro.
4. Replicar la experimentación suplementando a las alpacas lactantes y determinar la ganancia de peso hasta el destete.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

- Aguaiza, O.V. (2017). Identificación de inmunoglobulinas para la determinación de fiebre aftosa en camélidos sudamericanos (alpacas) (Tesis de Bachiller, Universidad Técnica de Cotopaxi). Recuperada de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4174/1/UTC-PC-00066.pdf>
- Ampuero, V. & Cornejo, D. (2008). Comparación de los valores de inmunoglobulina G en calostro y leche de camélidos sudamericanos (Tesis de titulación). Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, Perú.
- Ancco, E. (2019). Nutrición proteica y su relación con características reproductivas y salud uterina en alpacas (Tesis doctoral). Universidad Nacional Agraria la Molina, Perú.
- Angeles, S.C. (2014). Fermentación ruminal, tamaño de partícula y efecto de la fibra en la alimentación de vacas lecheras. Recuperado de <https://docplayer.es/11762060-Fermentacion-ruminal-tamano-de-particula-y-efecto-de-la-fibra-en-la-alimentacion-de-vacas-lecheras.html>
- Arguello, A. (2000). Lactancia artificial de cabritos, encalostrado, crecimiento, calidad de la canal y de la carne (Tesis Doctoral, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria). Recuperada de <https://accedacris.ulpgc.es/handle/10553/3194>
- Arroyo, J.J. & Elizondo, J.A. (diciembre, 2014). Prevalencia de falla en la transferencia de inmunidad pasiva en terneras de lechería. *Agronomía Mesoamericana*, 25(2): 279-285. Recuperado de [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S1659-13212014000200006&script=sci\\_arttext&tlng=en](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S1659-13212014000200006&script=sci_arttext&tlng=en)
- Assan, N. (abril, 2014). Micro-livestock farming and food security in sub Saharan Africa. *Journal of Animal Production Advances*, 4(4): 374-387. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/265159684\\_Assan\\_N\\_2014\\_Micro-Livestock\\_Farming\\_and\\_Food\\_Security\\_in\\_Sub\\_Saharan\\_Africa\\_Journal\\_of\\_Animal\\_Production\\_Advances\\_Volume\\_4\\_Issue\\_4\\_pages\\_374-387](https://www.researchgate.net/publication/265159684_Assan_N_2014_Micro-Livestock_Farming_and_Food_Security_in_Sub_Saharan_Africa_Journal_of_Animal_Production_Advances_Volume_4_Issue_4_pages_374-387)
- Auris, E. & Santiago, B. (2013). Agentes parasitarios que causan diarreas en crías (5-90 días) de alpacas (*Lama pacos*) en la comunidad campesina de Pilpichaca (Tesis de titulación, Universidad Nacional de Huancavelica). Recuperada de [http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/4144/ramos-lama-claudia-her\\_linda.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/4144/ramos-lama-claudia-her_linda.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Australian Veterinary Association. (2016). Code of Welfare for Alpacas and Llamas Australia (en línea). Recuperado de [http://www.ava.com.au/sites/default/files/AVA\\_website/pdf/2016-AAV-camelid-welfare-code-190916.pdf](http://www.ava.com.au/sites/default/files/AVA_website/pdf/2016-AAV-camelid-welfare-code-190916.pdf)
- Avilés, D.; Barros, M.; Montero, M. (junio, 2018). Los camélidos sudamericanos: productos y subproductos usados en la región andina. Actas Iberoamericanas en Conservación Animal (AICA), 11:30-38. Recuperado de [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_de\\_camelidos/camelidos\\_general/35-AICA2017\\_Trabajos004.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_de_camelidos/camelidos_general/35-AICA2017_Trabajos004.pdf)
- Ayala, C. (2018). Los camélidos sudamericanos. Instituto de Investigaciones Agropecuarias y de Recursos Naturales, 7-12. Recuperado de [http://www.scielo.org.bo/pdf/riiarn/v5nEspecial/v5\\_a03.pdf](http://www.scielo.org.bo/pdf/riiarn/v5nEspecial/v5_a03.pdf)
- Banchemo, G.; Clariget, R.; Bencini, R.; Lindsay, D.; Milton, J.; Martin, G. 2006. Endocrine and metabolic factors involved in the effect of nutrition on the production of colostrum in female sheep. *Reprod Nutr Dev*, 46:447-460. doi: 10.1051 / rnd:2006024
- Baroni, M. F. & Suárez, H. G. (2017). Anatomía del estómago de la alpaca (*Vicugna pacos*, Linnaeus 1758) (Tesis doctoral, Universidad de la República). Recuperado de <http://dspace.fvet.edu.uy:8080/xmlui/handle/123456789/1404>
- Baumrucker, C.R.; Burkett, A.M.; Magliaro-Macrina, A.L.; Dechow, C.D. (2010). Colostrogenesis: mass transfer of immunoglobulin G1 into colostrum. *Journal of Dairy Science*. 93:3031-3038. doi: 10.3168/jds.2009-2963
- Bautista, J.L. (2017). Determinación de Nitrógeno Endógeno: Metabólico Fecal, Endógeno Urinario y Dérmico en Alpacas (*Vicugna pacos*) Cría Machos. *Revista Caxamarca*, 16(2):125-133. Recuperado de <http://190.116.36.87/index.php/Caxamarca/article/view/24>
- Beneanula, D. (2010). Determinación de inmunoglobulina a en suero sanguíneo por los métodos de inmunodifusión radial y Elisa cuantitativo indirecto en niños de edad escolar (Tesis de titulación, Universidad de Cuenca). Recuperado de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/2462/1/tq1003.pdf>
- Bravo, P.W.; Garnica, J.; Fowler, M.E. (febrero, 1997). Immunoglobulin G concentrations in periparturient llamas, alpacas and their crias. *Small Ruminant Research*, 26(1-2):145-149. doi: doi.org/10.1016/S0921-4488(96)00965-0
- Bravo, W. (2014). El neonato alpaca, su cuidado y consideraciones inmunológicas: XXXVII Reunión Científica Anual de la Asociación Peruana de Producción animal Abancay – Perú.
- Bravo, W. (junio, 2015). Neonatología de la cría de alpaca, aspectos clínicos e inmunitarios. In Congreso mundial de camélidos sudamericanos. Puno, Perú.

- Bravo, W. & Alarcón, V. (diciembre, 2015). La Influencia de suplementos nutritivos en la calidad de Semen y Fertilidad de la alpaca. Revista Investigaciones Altoandinas, 17(3): 353-456. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5319728>
- Burns, J.; Hou, S.; Riley, C.B.; Shaw, R.A.; Jewett, N.; McClure, J.T. (enero, 2014). Use of Fourier-Transform Infrared Spectroscopy to Quantify Immunoglobulin G Concentrations in Alpaca Serum. Revista de medicina interna veterinaria, 28(2), 639–645. doi: 10.1111/jvim.12258
- Bustinza, C.V. (2001a). Bustinza AV. 2001. La alpaca: conocimiento del gran potencial andino. Puno: Oficina de Recursos del Aprendizaje, Universidad Nacional del Altiplano.
- Bustinza, C.V. (2001b). La alpaca: Crianza, manejo y mejoramiento. Puno: Oficina de Recursos del Aprendizaje, Universidad Nacional del Altiplano.
- Caggiano, N.; Saccodossi, N.; Gentile, T.; Chiappe, M. A.; Leoni, J.; De Simone, E. (2014). Caracterización de IgM, IgG total, IgG1 y anticuerpos de cadena pesada en calostro de llamas (*Lama glama*) mediante Elisa. Revista Complutense de Ciencias Veterinarias 8(2):29-40. doi: 10.5209/rev\_RCCV.2014.v8.n2.46537
- Campos, R.; Carrillo, A.F.; Loaiza, V.; Giraldo, L. (2007). El calostro: herramienta para la cría de terneros. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Recuperado de <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/8431/romulocamposgaona.20072.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Calderón, R. V. (2007). Inmunología. México. Instituto de Biotecnología UNAM. Recuperado de <http://www.ibt.unam.mx/computo/pdfs/met/inmunoquimica.pdf>
- Capani, E.S. & Quinto, C.K. (2015). Evaluación terapéutica sobre la mortalidad y morbilidad en crías recién nacidas de alpacas (*Vicugna pacos*) en la campaña de parición 2013-2014 (Tesis de titulación, Universidad nacional de Huancavelica). Recuperado de <http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/766/TP%20%20UNH%20ZOOT.%2000038.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Castro, N. (2000). Estudio de los principales factores de variación sobre la calidad del calostro de la Agrupación Caprina Canaria (Tesina de Licenciatura, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria).
- Castro, J.; Chirinos, D.; Rojas, R. (marzo, 2017). Aprendizaje temprano a la ingesta de concentrado en alpacas Huacaya. Revista de Investigaciones veterinarias del Perú, 28(1): 71-77. doi: 10.15381/rivep.v28i1.11841
- Ceron, M.E. (2014). Estudio de la diversidad microbiana del compartimento C1 del sistema digestivo de la llama (*Lama glama*) (Tesis doctoral). Universidad de Buenos Aires, Argentina.

- Cebra, C.; Anderson, D.; Tibary, A.; Van Saun, R.; Johnson, L. (2014). Llama and Alpaca Care: Medicine, Surgery, Reproduction, Nutrition, and Herd Health. First Edition. Editorial Elsevier Health Sciences. Recuperado de <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=8sU0AwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Llama+and+Alpaca+Care&ots=P2tZJBxsgK&sig=2mw4MaYiEZHI-tceyJarvsvrkLoI#v=onepage&q=Llama%20and%20Alpaca%20Care&f=false>
- Chacón, P. 2009. El calostro y su uso en la alimentación de terneras. Recuperado de: [http://www.engormix.com/el\\_calostro\\_su\\_uso\\_s\\_articulos\\_2589\\_GDC.htm](http://www.engormix.com/el_calostro_su_uso_s_articulos_2589_GDC.htm).
- Chen, S.; Zhao, S.; Shi, B.; Zeng, S.; Ren, F. (2008). Study on Changes of Composition and immunoglobulin constituents of goat colostrum. Food Science, 29:41-44.
- Christiansen, S.; Guo, M.; Kjelden D. (2010). Chemical composition and nutrient profile of low molecular weight fraction of bovine colostrum. International dairy journal, 20:630-636.doi: 10.1016/j.idairyj.2009.12.005
- Church, O.C.; Pond, W.G.; Pond, K.R. (2009). Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. (2da edición). Editorial limusa Wiley. Recuperado de <http://www.vet.una.py/biblioteca/index.php/239-fundamentos-de-nutricion-y-alimentacion-de-animales-2>
- Cooper, N. (2006). Alpaca nutritional requirements. Southern Alpacas Stud.
- Cooper, N. & Blake, L. (2013). Nutrition and pregnancy. Southern Alpacas Stud.
- Condori, E. 2017. Efecto del nivel de concentrado fibroso sobre la retención de nitrógeno en llamas y alpacas (Tesis de titulación). Universidad Nacional del Altiplano-Puno, Perú.
- Cordero, A.; Contreras, J.; Mayhua, P.; Jurado, M.; Castrejón, M. (2011). Correlaciones fenotípicas entre características productivas en alpacas huacaya. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 22(1):15-21. Recuperado de [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2313-29572017000200009](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2313-29572017000200009)
- Cruz, M., & Sánchez, J. M. (2000). La fibra en la alimentación del ganado lechero. Nutrición Animal Tropical, 6(1): 39-74. Recuperado de <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/nutrianimal/article/view/10317>
- Curo, R. (2017). Pérdidas de nitrógeno metabólico fecal, endógeno urinario y dérmico en alpacas hembras de cuatro años de edad (Tesis de titulación). Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
- Daley-Bauer, P.; Purdy, R.; Smith, M. C.; Gagliardo, L. F.; Davis, W. C.; Appleton, J.A. (2010). Contributions of conventional and heavy-chain IgG to immunity in fetal, neonatal, and adult alpacas. Clinical and Vaccine Immunology, 17(12):2007-2015. doi:10.1128 / CVI.00287-10

- D'Alterio G.L.; Knowles T.G.; Eknaes E.I.; Loevland I.E.; Foster A.P. (2006). Postal survey of the population of South American camelids in the United Kingdom in 2000/01. *Veterinary Record*, 158(3): 86- 90. doi: 10.1136/vr.158.3.86
- Davies, H. L., T. F. Robinson, B. L. Roeder, M. E. Sharp, N. P. Johnston, A. C. Christensen, and G. B. Schaalje. (2007). Digestibility, nitrogen balance, and blood metabolites in llama (*Lama glama*) and alpaca (*Lama pacos*) fed barley or barley alfalfa diets. *Small Rumin. Res.* 73(1-3):1-7. doi: 10.1016/j.smallrumres.2006.10.006
- Dávila, M. J. (agosto, 2016). Consumo de la leche de llama (*Lama glama*) en los Andes peruanos. *Ciencia y desarrollo*, 8 (1): 5-18. doi: 10.21503/CienciayDesarrollo.2007.v8.01
- Devlin, T.M. (2004). *Bioquímica*, cuarta edición. Reverte, Barcelona. Recuperado de <https://booksmedicos.org/bioquimica-devlin-4a-edicion/>
- Dittmann, M. T.; Runge, U.; Ortmann, S.; Lang, R. A.; Moser, D.; Galeffi, C.; Schwarm, A.; Kreuze R, M.; Clauss, M. (2015) Digesta retention patterns of solutes and different-sized particles in camelids compared with ruminants and other foregut fermenters. *Journal of Comparative Physiology B*, 185(5): 559-573. doi: 10.1007/s00360-015-0904-x.
- Doreau, M.; Van Der Werf, H. M. G.; Micol, D.; Dubroeuq, H.; Agabriel, J.; Rochette, Y.; Martin, C. (2011). Enteric methane production and greenhouse gases balance of diets differing in concentrate in the fattening phase of a beef production system. *Journal Animal Science*, 89(8):2518-2528. doi: 10.2527/jas.2010-3140
- Duey, B. & Duey, S. (2005). Passive Immunity Transfer and Plasma Transfusions for Alpaca Cria, Husbandry Hints. *Alpacas Magazine*, Herd sire.74-79.
- Elfstrand L, Lindmark-Månsson H, Paulsson M, Nyberg L, Åkesson B. (2002). Immunoglobulins, growth factors and growth hormone in bovine colostrum and the effects of processing. *International Dairy Journal*, 12(11):879-887. doi: 10.1016/S0958-6946(02)00089-4
- Elizondo, J. A. (agosto, 2007). Alimentación y manejo del calostro en el ganado de leche. *Agronomía mesoamericana*, 18 (2): 271-281. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/437/43718213.pdf>
- Elizondo, J.A. & Heinrichs, A.J. (2009). Feeding heat-treated colostrum or unheated colostrum with two different bacterial concentrations to neonatal dairy calves. *J. Dairy Science*, 92:4565 - 4571.
- Engelhardt, W.; Dycker, C. H.; Lechner-Doll, M. (abril, 2007). Absorption of short-chain fatty acids, sodium and water from the forestomach of camels. *J Comp Physiol B*. 177(6): 631–640. Recuperado de <https://link.springer.com/article/10.1007/s00360-007-0161-8>

- Estrada, M. A. (2009). Comparación de coeficientes de digestibilidad aparente y balance del nitrógeno en llamas (*Lama glama*) y ovino (*Ovis aries*) criados en la región andina del altiplano boliviano (Tesis de titulación, Universidad Mayor de San Andrés). Recuperada de <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/4863/T-1295.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Faber, S.N.; Faber, N.E.; McCauley, T.C.; Ax, R.L. (2005). Effects of colostrum ingestion on lactational performance. *The Professional Animal Scientist*, 21(5):420-425. doi: doi.org/10.15232/S1080-7446(15)31240-7
- Fernández, A.; Padola, N.; Estein, S. (2004). El Calostro, fuente de transferencia de la inmunidad materna. *Ciencia Veterinaria Córdoba*, 22:1-5. Recuperado de [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/cria\\_amamantamiento/01-calostro.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/cria_amamantamiento/01-calostro.pdf)
- Fernández, S. (2005). Situación actual de los camélidos sudamericanos en Perú. Proyecto de Cooperación Técnica en apoyo de la crianza y aprovechamiento de los Camélidos Sudamericanos en la Región Andina TCP/RLA/2914.
- Flodr, H.; Wheeler, J. C.; Kruger D. P.; Olazábal L. J.; Rosadio A.R. (2012). Pruebas de campo para evaluar calidad calostrual en la alpaca. *Revista de Investigación Veterinaria del Perú* 23(3):307-316. Recuperado de [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1609-91172012000300007&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1609-91172012000300007&script=sci_arttext)
- Flores, A. & Malpartida, E. (1992). Manejo de praderas nativas y pasturas en la región alto andina del Perú. Tomo I. Banco Agrario. Lima-Perú
- Flores, D. (2006). Producción primaria y flujo de energía en praderas naturales de *Festuca - Calamagrostis* y cultivados de *Dactylis* - trébol rojo (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú.
- Fortín, A. M., & Perdomo, J. J. (2009). Determinación de la calidad del calostro bovino a partir de la densidad y de la concentración de IgG y del número de partos de la vaca y su efecto en el desarrollo de los terneros hasta los 30 días de edad (Tesis de titulación, Escuela Agrícola Panamericana). Recuperada de <https://es.slideshare.net/jhonxi/determinacin-de-la-calidad-del-calostro-bovino>
- Fowler M. 2008. Camelids are not ruminants. *Zoo and Wild Animal Medicin*, 375-385. doi: 10.1016 / B978-141604047-7.50049-X
- Fowler, M. E. (2010). *Medicine and Surgery of Camelids*. (3° Edition). Edit. John Wiley & Sons, Inc., Publication. Iowa, USA. Recuperado de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/bo ok/10.1002/9781118785706>
- Fulkerson, W. J.; Davison, T. M.; Garcia, S. C.; Hough, G.; Goddard, M. E.; Dobos, R.; Blockey, M. (2008). Holstein-Friesian dairy cows under a predominantly grazing system: Interaction between genotype and environment. *J. Dairy Science*, 91:826–839. doi: doi.org/10.3168/jds.2007-0147
- García, V. & Leyva, V. (2007). Índices genéticos estimados para peso corporal en llamas. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 18(1):11-17.



- Garnica, J. & Bravo, W. (2001). Absorción de inmunoglobulina G calostrual en alpacas crías durante la vida perinatal. ALLPAK'A Revista de investigación sobre camélidos sudamericanos, 9(1).
- García, W.; San Martín, F.; Novoa, C.; Franco, E. (2002). Engorde de llamas bajo diferentes regímenes alimenticios. Revista de Investigación Veterinaria Perú, 13:1-9.
- Garmendia, A.; Patmer, G.; De Martint, I.; McGuire, T. (1987). Falla de transferencia de Inmunoglobulinas: el principal determinante de mortalidad en crías de Alpaca. Am. 1. Vet. Res. 48(10):1472
- Ghezzi, M. D. (2005). Estudios macroscópicos de los linfonodos gástricos y mesentéricos de la llama (*Lama glama*) (Tesis doctoral, Universidad Nacional de la Plata). Recuperada de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/1569>
- Gómez-Lucía, E.; Del Mar Blanco, M.; Doménech, A. (2006). Manual de Inmunología Veterinaria. Pearson Educación S.A. Madrid, España. 728 p.
- González, G. A. (2005). Características Físico – Químicas de la Leche. Recuperada de <http://www.e-campo.com/?event=news.display&id=2BE303CC-188B-7C0FF2163D20913420A7&>
- Huanca, W.; Gonzáles, M.; Cordero, A.; Huanca, T. (2006). Comportamiento reproductivo de donadoras de embriones después de un protocolo de superovulación en llamas. Resumen V Congreso Mundial de Camélidos, Catamarca, Argentina.
- Huanca, W.; Cordero, A.; Huanca, T.; Gregg, A. (2007a). Biotecnologías Reproductivas en Camélidos Sudamericanos Domésticos: Avances y Perspectivas. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal, 15 (1):195-201. Recuperado de <http://www.biolin e.org.br/pdf?la07052>
- Huanca, T.; Apaza, N.; Gonzales, M. (2007b). Experiencia del INIA en el Fortalecimiento del Banco de Germoplasma de Camélidos Domésticos. Resúmenes Congreso Latinoamericano de Producción Animal. Cusco- Perú.
- Hurley, W.L. (2003). Immunoglobulins in mammary secretions. In Advanced Dairy Chemistry, 1:421-447. Recuperado de [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4419-8602-3\\_9](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4419-8602-3_9)
- Hurtado, F. (2010). Soluciones Prácticas. Un modelo de manejo sostenible de recursos naturales en ecosistemas de alta montaña. Cusco, Perú.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2012). Resultados definitivos IV Censo Nacional Agropecuario 2012. Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática, Ministerio de Agricultura y Riego.
- Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) Illpa. (2008). Plan Operativo Anual de INIA Illpa. Puno- Perú.

- Irlbeck, N. (2002). Basics of Alpaca Nutrition. Alpacas Magazine. Recuperado de [https://www.researchgate.net/profile/Nancy\\_Irlbeck2/publication/237437616\\_Basics\\_of\\_Alpaca\\_Nutrition/links/56eaf9e608ae2a58dc49d28b.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Nancy_Irlbeck2/publication/237437616_Basics_of_Alpaca_Nutrition/links/56eaf9e608ae2a58dc49d28b.pdf)
- Jrad, Z.; Oulahal, N.; Adt, I.; Khorchani, T.; Degraeve, P.; El-Hatmi, H. (2015). Camel colostrum: Nutritional composition and improvement of the antimicrobial activity after enzymatic hydrolysis. *J. Food Agric.*, 27 (4): 384-389.
- Kishi, E. (2010). Nutrient composition of alpaca (*Vicugna pacos*) milk (Tesis de maestría, California State University). Recuperada de <http://csufresno-dspace.calstate.edu/bitstream/handle/10211.3/118971/EliseCHAD.pdf?sequence=1>
- Kuhn, U. (2010). Manual de crianza y manejo de alpacas y llamas. La Paz, Bolivia: Suyana Fundación, 1(1):8. Recuperado de [http://www.suyana.ch/wp-content/uploads/2017/08/Suyana\\_MaterialDidactico\\_ManualManejoAlpacaLlama.pdf](http://www.suyana.ch/wp-content/uploads/2017/08/Suyana_MaterialDidactico_ManualManejoAlpacaLlama.pdf)
- Linares, D. A. (2009). Efecto del plasma sanguíneo vía oral en la Concentración de inmunoglobulina G en alpacas perinatas (*Lama pacos*) (Tesis de titulación, Universidad Nacional Jorge Basadre Grdthmann). Recuperada de <http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/604/TG0485.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Lupton, C. J.; McColl, A.; Stobart, R. H. (2006). Fiber characteristics of the Huacaya Alpaca. *Small Ruminant Research*, 64(3): 211-224. doi: 10.1016/j.smallrums.2005.04.023
- Mamani, G. D. (2005). Estimación de repetibilidad y correlación fenotípica para peso vivo al nacimiento, destete y al año de edad en alpacas Huacaya de color en el CIP Quimsachata- Puno (Tesis de titulación). Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
- Mamani, G. C. (2013). Estructura genética poblacional y tendencia genética de peso vivo al nacimiento en alpacas del banco de germoplasma de Quimsachata del INIA en puno (Tesis de maestría). Universidad Nacional Agraria la Molina, Perú.
- Marín, J. C.; Zapata, B.; González, B. A.; Bonacic, C.; Wheeler, J. C.; Casey, C; Bruford, MW.; Palma, RE.; Poulin, E.; Alliende, MA.; Spotorno, AE. (2007). Sistemática, taxonomía y domesticación de alpacas y llamas: nueva evidencia cromosómica y molecular. *Revista Chilena de Historia Natural*, 80: 121-140. doi: 10.4067/S0716-078X2007000200001
- Martín, C.; Pinto, C. E.; Cid, M. D. (2010). Camélidos sudamericanos: estado sanitario de sus crías. *Revista complutense de ciencias veterinarias*, 4(1):37-50. Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/38809905.pdf>
- Maxa, J.; Shrififi, A. R.; Pedersen, J.; Gauly, M.; Simianer, H.Y.; Norgerg, E. (2009). Genetic parameters and factors influenciig survival to twenty-four hours after birth in Danish meat sheep breeds. *Journal of Animal Science*, 87:1888–1895.doi: 10.2527/jas.2008-1319

- Maximiliano, J.; Maturrano, L.; Castillo, H.; Guzmán, K.; Pérez, D.; Luna, L.; Puray, N.; Rosadio, R. (2018). Concentraciones de inmunoglobulina G sérica en alpacas neonatas muertas por enterotoxemia. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 29(2): 635-642. doi: 10.15381/rivep.v29i2.14479
- Ministerio de Agricultura y riego (MINAGRI). (2016). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola y Ganadera. Recuperado de [http://siea.minagri.gob.pe/siea/sites/default/files/anuario-agricola-ganadera2016\\_210917\\_0.pdf](http://siea.minagri.gob.pe/siea/sites/default/files/anuario-agricola-ganadera2016_210917_0.pdf)
- Ministerio de Agricultura y riego (MINAGRI). (2019). Potencial productivo y comercial de la alpaca. Recuperado de [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/423423/potencial\\_productivo\\_comercial\\_de\\_la\\_alpaca.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/423423/potencial_productivo_comercial_de_la_alpaca.pdf)
- Muñoz, J. (2007). Caracterización morfométrica de un rebaño de alpacas Huacaya (Tesis de titulación, Universidad de Chile). Recuperada de <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/133187>
- Nowak, R. & Poindron, P. 2006. From birth to colostrum: early steps leading to lamb survival. *Reproduction Nutrition Development*, 46: 431-446. doi:10.1051/rnd:2006023
- Olivera, L.; Douglas, Z.; Leiser, R.; Jones, C.; Bevilacqua, E. (2003). Placentation in the alpaca *Lama pacos*. *Anatomy and Embryology* (207): 45-62. doi:10.1007/s00429-003-0328-3
- Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (1996). Estudio FAO producción y sanidad animal: Manual de prácticas de manejo de alpacas y llamas. Recuperado de <http://www.fao.org/3/w3341s/w3341s00.htm>
- Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (junio, 2005a). Situación actual de los camélidos sudamericanos en Chile. Recuperado de [http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP\\_FaoRlc/old/prior/segalim/animal/paises/pdf/2914chi.pdf](http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/segalim/animal/paises/pdf/2914chi.pdf)
- Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2005b). Situación actual de los camélidos sudamericanos en Perú. Recuperado de [https://tarwi.lamolina.edu.pe/~emellisho/zootecnia\\_archivos/situacion%20alpcas%20peru.pdf](https://tarwi.lamolina.edu.pe/~emellisho/zootecnia_archivos/situacion%20alpcas%20peru.pdf)
- Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2011). *World Livestock 2011: Livestock in food security*, Roma, Italia. Recuperado de <http://www.fao.org/3/i2373e/i2373e.pdf>
- Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2012). Sanidad y salud animal en camélidos: Preparación y reducción de riesgos en respuesta a los eventos climáticos extremos y los problemas de disponibilidad de agua en comunidades vulnerables del altiplano de Bolivia y Perú, Bolivia. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-as961s.pdf>

- Pachari, G.S. (2008). Tiempo de absorción de inmunoglobulina g en crías de alpaca (*Lama pacos*) (Tesis de titulación). Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Perú.
- Pinto, C.E.; Martín, C.; Cid, M.D. (2010). Camélidos sudamericanos: clasificación, origen y características. *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias*, 4(1):23-36. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4331837>
- Powell, D. G. & Jackson, S. G. (1994). *El Caballo: salud y cuidados*. Editorial Acribia, S.A. (1º Edición), Zaragoza, España.
- Provenza, F. D. (2003). Foraging behavior: managing to survive in a world of change: Behavioral principles for human, animal, vegetation, and ecosystem management. Utah State University, Department of Forest, Range, and Wildlife Sciences. Recuperado de [https://works.bepress.com/frederick\\_provenza/155/](https://works.bepress.com/frederick_provenza/155/)
- Quispe, C. (2016). Estatus mineral de Ca y P en alpacas (*Vicugna pacos*) hembras durante l estación de verano (Tesis de titulación, Universidad Nacional de Huancavelica). Recuperado de <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/1168>
- Quispe, W. (2009). Determinación del tiempo de producción de Ig G en crías de alpaca (*Vicugna pacos*) (Tesis de titulación). Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Perú.
- Quispe, J. I. (2005). Conducta neonatal y mortalidad en alpacas Huacaya de 0 a 3 meses en Puna Seca (Tesis de titulación). Universidad Nacional Agraria la Molina, Perú.
- Raggi, L.; Macniven, V.; Rojas, R.; Castellaro, G.; Zolezzi, M.; Latorre, E.; Parraguez, V.; Ferrando, G. (1997). Caracterización de la ganancia de peso corporal de alpacas (*Lama pacos*) desde el nacimiento y hasta los seis meses de edad en cuatro regiones de Chile. Universidad de Santiago, Chile. doi: 10.4206/agrosur.1997.v25n2-10
- Ramos, V. (2010). Programa de fortalecimiento integral rural: manual de sanidad de alpacas y llamas. (1º edición). Recuperado de [https://silo.tips/queue/manual-de-sanidad-de-alpacas-y-llamas?&queue\\_id=-1&v=1602071605&u=MTkwLjIzNy4xMjluMTk1](https://silo.tips/queue/manual-de-sanidad-de-alpacas-y-llamas?&queue_id=-1&v=1602071605&u=MTkwLjIzNy4xMjluMTk1)
- Relling, A. & Mattioli, G. (2003). Fisiología Digestiva y Metabólica de los Rumiantes. Argentina:UNLP Editorial Edulp, 23-55. Recuperado de <https://ganaderiasos.com/wp-content/uploads/2014/08/fisiologia-digestiva-y-met-de-los-rumiantes.pdf>
- Reyes, L.J.; Parra, J.L.; Flores, H. (2016). Concentración de inmunoglobulina G en calostro bovino en cruces *Bos taurus* x *Bos indicus* en los primeros tres días pos parto. *Orinoquia*, 20(1):39-45.
- Riquelme, J. W. (2017). Tiempo de ingestión de calostro y concentración de inmunoglobulina G sobre la presencia de enfermedades infecciosas en crías de alpacas (Tesis de titulación). Universidad Nacional Del Altiplano, Perú.

- Roche, J. F. (2006). The effect of nutritional management of the dairy cow on reproductive efficiency. *Animal reproduction science*, 96:282–96. doi: 10.1016/j.anireprosci.2006.08.007
- Rojas, D. A. (2015). Efecto de la suplementación energética sobre el rendimiento reproductivo en alpacas hembras al pastoreo (Tesis de titulación). Universidad Nacional del Altiplano, Perú.
- Rojas, D.; Pérez, H.; Salamanca, R.; Llacsá, J.; Roque, B. (junio, 2015). Efecto de la suplementación con concentrado fibroso sobre el rendimiento reproductivo de alpacas en crianza tradicional. In Congreso mundial de camélidos sudamericanos, Puno, Perú. doi: 10.13140/RG.2.1.1863.0487
- San Martín, F. (2010). Avances y alternativas de alimentación para los camélidos sudamericanos. Sitio Argentino de Producción Animal. Recuperado de [http://www.produccion-animal.com.ar/produccionde\\_camelidos/camelidos\\_general/112-alimentacion.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccionde_camelidos/camelidos_general/112-alimentacion.pdf)
- San Martín, F. (1987). Comparative forage selectivity and nutrition of South American Camelids and Sheep (Tesis doctoral, Texas Tech University). Recuperada de <https://ttu-ir.tdl.org/bitstream/handle/2346/14488/31295005260418.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sato, A. (2017). Que tanto sabemos sobre la alpaca. *Cultura, Ciencia y Tecnología*, 11:1-8. Recuperado de <https://docplayer.es/91273898-Que-tanto-sabemos-sobre-la-alpaca.html>
- Sharpe M.S.; Lord L.K.; Wittum T.E.; Anderson D.E. (2009). Pre-weaning morbidity and mortality of llamas and alpacas. *Australian veterinary journal*, 87(1-2):56-60. doi: 10.1111/j.1751-0813.2008.00377.x
- Skidmore, J. A. (2011). Reproductive physiology in female old world camelids. *Animal Reproduction Science*, 124(3-4):148-154. doi:10.1016/j.anireprosci.2010.08.023
- Sponheimer, M.; Robinson, T.; Roeder, B.; Hammer, J.; Ayliffe, L.; Passey, B.; Cerling, T.; Dearing, D.; Ehleringer, J. (2002). Digestion and passage rates of grass hays by llamas, alpacas, goats, rabbits and horses. *Small Ruminant Research*, 48: 149–154. doi: 10.1016/S0921-4488(03)00002-6
- Tizard, I. (2018). *Inmunología veterinaria (10ª edición)*, Elsevier Health Sciences. Recuperado de <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=EO9wDwAAQB-AJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Introduccio%CC%81n+a+la+inmunologi%CC%81a+veterinaria.&ots=62ThbT1vZZ&sig=DV1DrHw8BtYtpsK-RDDugQH1nbs#v=onepage&q&f=false>
- Torres, L.F. 2017. Estudio de la calidad inmunológica del calostro ovino en distintas razas y rebaños y su relación con la mortalidad en corderos (Tesis de titulación, Universidad Austral de Chile). Recuperada de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2017/fvt693e/doc/fvt693e.pdf>

- Triple J Farms. (2017). Radial Immunodiffusion Test for quantitation of camelid IgG in serum or plasma. Bellingham, Washington, USA.
- Van Saun, R.J. (2006). Nutrient requirements of south American camelids: a factorial approach. *Small Ruminant Research*, 61:165–86. doi: 10.1016/j.smallrumres.2005.07.006
- Van Saun, R. J. (2009). Nutritional requirements and assessing nutritional status in camelids. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*, 25 (2): 265–279. doi: 10.1016/j.cvfa.2009.03.003
- Van Saun, R.J.; Cebra, C.; Anderson, D.; Tibary, A.; Johnson, L.W. (2014). *Llama y alpaca care: Medicine, surgery, Reproduction, Nutrition and Herd Health*. (1° edición). Elsevier.
- Vilela, J.L. (2015). Estimación de coeficientes de Consanguinidad y su efecto sobre peso al nacimiento y peso de vellón en una población de alpacas (Tesis de maestría). Universidad Nacional Mayor De San Marcos, Perú.
- Vilela, J. (2016). Efecto de la consanguinidad sobre peso al nacimiento y peso de vellón en una población de alpacas. *Salud y Tecnología Veterinaria*, 4(1): 20-30. doi: 10.20453/stv.v4i1.3084
- Wang, J. L.; Lan, G.; Wang, G. X.; Li, H. Y.; Xie, Z. M. (2000). Anatomical subdivisions of the stomach of the Bactrian camel (*Camelus bactrianus*). *Journal of Morphology*, 245(2): 161-167. doi: [https://doi.org/10.1002/1097-4687\(200008\)245:2<161::AID-JMOR6>3.0.CO;2-B](https://doi.org/10.1002/1097-4687(200008)245:2<161::AID-JMOR6>3.0.CO;2-B)
- Weaver, D. M.; Tyler, J. W.; Scott, M. A.; Wallace, L. M.; Marion, R. S.; Holle, J. M. (2000). Passive transfer of colostral immunoglobulin G in neonatal llamas and alpacas. *American Journal of Veterinary Research*, 61(7): 738 – 740. doi: 10.2460/ajvr.2000.61.738
- Wernery, U. (2001). Camelid Immunoglobulins and their importance for the New-Born- A Review. *Journal of Veterinary Medicine*, 48(8): 561-568. doi: 10.1046 / j.1439-0450.2001.00478.x
- Yaranga, R. M. (2009). Alimentación de camélidos sudamericanos y manejo de pastizales. Universidad Nacional del Centro del Perú, Facultad de Zootecnia, Departamento Académico de Ciencia Animal y Gestión Ambiental. Huancayo.
- Vargas, O. A.; Elizondo, J. A.; Noguera, L. (2014). Factores relacionados con la falla en transferencia de inmunidad pasiva en terneras y terneros de lechería en la región central norte de costa rica. *Nutrición Animal Tropical*, 8(1): 68-79. Recuperado de [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Dialnet-FactoresRelacionadosConLaFallaEnTransferenciaDeInm-5166267%20\(4\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Dialnet-FactoresRelacionadosConLaFallaEnTransferenciaDeInm-5166267%20(4).pdf)
- Vaughan, J. 2015. Top ten tips of alpaca nutrition. Recuperado de <https://criagenesis.cc/wp-content/uploads/2015/11/CriaGenesis-adult-nutrition.pdf>

## **VIII. ANEXOS**

## Anexo 1

### Peso al nacimiento de animales experimentales

Tratamiento	Alimentación	Parto	Sexo	Color	Peso al nacimiento
T1	pastura	primeriza	M	CA	8.63
T1	pastura	primeriza	M	CO	7.68
T1	pastura	primeriza	M	NE	6.56
T1	pastura	primeriza	M	GR	7.198
T1	pastura	primeriza	H	BL	5.53
T1	pastura	primeriza	H	BL	5.54
T1	pastura	primeriza	H	BL	6.54
T1	pastura	primeriza	M	GR	6.94
T1	pastura	primeriza	H	NE	6.63
T1	pastura	primeriza	M	CA	6.85
T2	suplemento	primeriza	H	BL/M	6.75
T2	suplemento	primeriza	M	BL/M	6.79
T2	suplemento	primeriza	M	NE	6.27
T2	suplemento	primeriza	H	CA	7.50
T2	suplemento	primeriza	M	CA	7.01
T2	suplemento	primeriza	H	NE	6.53
T2	suplemento	primeriza	H	BL	6.35
T2	suplemento	primeriza	M	BL	5.76
T2	suplemento	primeriza	M	BL	6.40
T2	suplemento	primeriza	H	CA	8.16
T3	pastura	multípara	H	BL	6.33
T3	pastura	multípara	H	CO	6.40
T3	pastura	multípara	H	BL	6.90
T3	pastura	multípara	H	NE	7.52
T3	pastura	multípara	H	NE	6.75
T3	pastura	multípara	M	LF	7.63
T3	pastura	multípara	M	NE	5.27
T3	pastura	multípara	H	BL	6.42
T3	pastura	multípara	H	BL	6.17
T3	pastura	multípara	M	BL	7.38
T4	suplemento	multípara	H	LF	5.10



Continuación...

T4	suplemento	multípara	H	BL	7.74
T4	suplemento	multípara	M	AP	7.18
T4	suplemento	multípara	M	CA	7.93
T4	suplemento	multípara	M	GR	6.59
T4	suplemento	multípara	H	CA	6.53
T4	suplemento	multípara	H	BL	7.95
T4	suplemento	multípara	H	CR	7.84
T4	suplemento	multípara	M	NE	7.83
T4	suplemento	multípara	H	LF	6.88

*Nota:* CA=café, CO=café oscuro, NE=negro, GR=gris, BL/M=blanco con manchas, AP=api, CR=café rojizo

## Anexo 2

### Consideraciones para la cuantificación de inmunoglobulinas G en alpacas por medio de la prueba de Inmunodifusión Radial (Triple J Farms 2017)

Se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones para la cuantificación de inmunoglobulinas G en alpacas por medio de la prueba de Inmunodifusión Radial (IDR):

a) Reactivos

- Los platos de Inmunodifusión radial contienen antisuero específico en gel de agarosa, 0.1 M buffer de fosfato pH 7, 0.1 por ciento ácido sódico como agente bacteriostático, ug/ml amfotericina B como un agente anti fúngico. Almacenar a temperatura de refrigeración (2-8 °C).
- Suero de referencia de camélidos (combinado suero de llama en 4 niveles). Contiene ácido sódico (0.1%) como agente bacteriostático. Almacenar a temperatura de refrigeración.

b) Preparación de muestras y manipulación

- Colectar sangre entera sin anticoagulante y permitir coagular a temperatura ambiente.
- Separar el suero por centrifugación alrededor de 200 rcf con 2 a 3 horas después de colección.
- El plasma puede ser usado, pero la precipitación no específica de fibrina puede oscurecer los anillos precipitados. Además, anticoagulantes líquidos tales como el fluido ACD diluirán la muestra.

c) Procedimiento

- Materiales provistos: Un plato de Inmunodifusión Radial, Suero de referencia: 3x2 ml e Instrucciones para uso
- Materiales requeridos: Tubos de colección de sangre, Centrifuga (200 rcf), Dosificador de micro litros (5 micro litros), Suero control normal (opcional), Aparato medidor, calibrado en 0.1 mm aumentos, Dos ciclos de papel gráfico semi-logarítmico y/o papel gráfico lineal

d) General

- No sobrellenar ni escatimar el llenado de los pocillos. Un llenado inapropiado produce erróneos resultados y la misma muestra debería ser colocado en otro pocillo. Sobrellenando con 5 micro litros de muestra indica que algún encogimiento de gel ha ocurrido.
- Los diámetros de los sueros de referencia deberían ser medidos al mismo tiempo como suero de prueba. Si un retraso en medición es anticipado permite intervalos suficientes entre el llenado de pocillos.
- El tiempo de llenado de cada plato debería ser marcado en la tapa y si más de un plato es llenado, ellos deberían ser leídos en orden de llenado.
- Exceso de humedad es requerida para prevenir la desecación. Volver a colocar cada plato en su bolsa plástica y resellar cuidadosamente antes de la incubación.
- Encogimiento del gel o forma oval de pocillos indican secado y el plato no debería ser usado.
- Si las fluctuaciones de temperatura son anticipadas, los platos en sus bolsas pueden ser incubados en un contenedor aislado. Las fluctuaciones en temperatura pueden resultar en múltiple precipitación formando anillo.
- Secciones no usadas pueden ser corridas en otro día si los platos han sido almacenados de 2 a 8 °C en su bolsa plástica. Revisar cuidadosamente si hay evidencia de secado. Almacenar al revés.
- Granulación rugosa en el gel indica congelación, los platos deberían ser descartados.

e) Ejecución de la prueba

- Remover los platos del refrigerador a temperatura ambiente aproximadamente 30 minutos antes del llenado de pocillos. No abrir la bolsa hasta estar listos para usarlo.
- Si el exceso de humedad está presente, remueve los platos de su bolsa y remueve la tapa hasta que la evaporación ha secado la superficie y pocillos. Vuelva a colocar la tapa hasta usarlo.
- Para mejores resultados, tres pocillos deberían ser llenados con el suero de referencia para cada plato. La ubicación de cada uno debiera ser anotado. Agita cada vial de suero referencial minuciosamente.

- Distribuye la muestra al pocillo posicionando el tip de la pipeta al fondo del pocillo. Permite llenar el pocillo al tope de la superficie de agar. Evita burbujas para garantizar adecuado volumen y difusión de la muestra. La visualización puede ser apoyada posicionando el plato en fondo oscuro. Si la práctica es requerida, un plato usado puede ser utilizado.
- Resultados más consistentes son obtenidos cuando los pocillos son llenados con una pipeta de 5 ul.
- Marca el tiempo de finalización en la tapa del plato y vuelve a tapar.
- Vuelve a colocar el plato en la bolsa y resellar cuidadosamente.
- Incuba los platos rectos en una superficie plana a temperatura ambiente (20-24 °C) por 8 a 10 horas para lecturas repentinas y sobre 24 horas para las lecturas finales.

f) Calibración

- Usando el suero referencial provisto en los kits, determina el diámetro de los anillos a los 0.1 mm más cercano.
- Usando papel grafico regular, colocamos la concentración en el eje X y los diámetros al cuadrado en el eje Y para cada proteína de lecturas finales.
- Dibuja una línea recta de “mejor ajuste” entre los tres puntos. Una línea curvada usualmente indica que el tiempo de incubación y/o temperatura debería ser reducida para valores repentinos. Para resultados válidos, una curva uniforme debería ser ajustada a los puntos y el suero control incluido para verificación adicional.

### Anexo 3

#### Concentración de inmunoglobulinas G en calostro determinados por IDR con la lectura del diámetro y ajustados según la curva de calibración

Tratamientos	Inmunoglobulinas G (mg/dl)
T1	3802.950
T1	3670.160
T1	6392.619
T1	4669.703
T1	4669.703
T1	3931.804
T1	4567.952
T1	4405.129
T1	4498.750
T1	4495.867
T2	3664.129
T2	4293.447
T2	4961.484
T2	4386.142
T2	3227.273
T2	4050.871
T2	7630.288
T2	4845.576
T2	4574.269
T2	4453.281
T3	1777.367
T3	5172.014
T3	3194.576
T3	3768.050
T3	5060.571
T3	2048.014
T3	4201.667
T3	1733.518
T3	3837.978
T3	3606.899
T4	4122.871
T4	4303.946
T4	3293.058
T4	4897.201
T4	4666.698
T4	5685.424
T4	4293.447
T4	5185.259
T4	4766.050
T4	4692.079

#### Anexo 4

### Concentración de Inmunoglobulinas G en suero sanguíneo determinados por IDR con la lectura del diámetro y ajustados según la curva de calibración

Tratamientos	Inmunoglobulinas G (mg/dl)
T1	1587.122
T1	3931.804
T1	2075.791
T1	3493.518
T1	6421.655
T1	4015.065
T1	3558.085
T1	3085.515
T1	3377.527
T1	3102.019
T2	1282.871
T2	3843.676
T2	3448.568
T2	2113.029
T2	1716.079
T2	3151.180
T2	2203.950
T2	1812.705
T2	2485.228
T2	4122.871
T3	1698.698
T3	2342.763
T3	1395.676
T3	2658.525
T3	1444.885
T3	2527.871
T3	3022.374
T3	1646.899
T3	3744.856
T3	2419.216
T4	3448.568
T4	2840.818
T4	3022.374
T4	3561.374
T4	2203.950
T4	3075.791
T4	2342.763
T4	3227.273
T4	4574.269
T4	1821.570

## Anexo 5

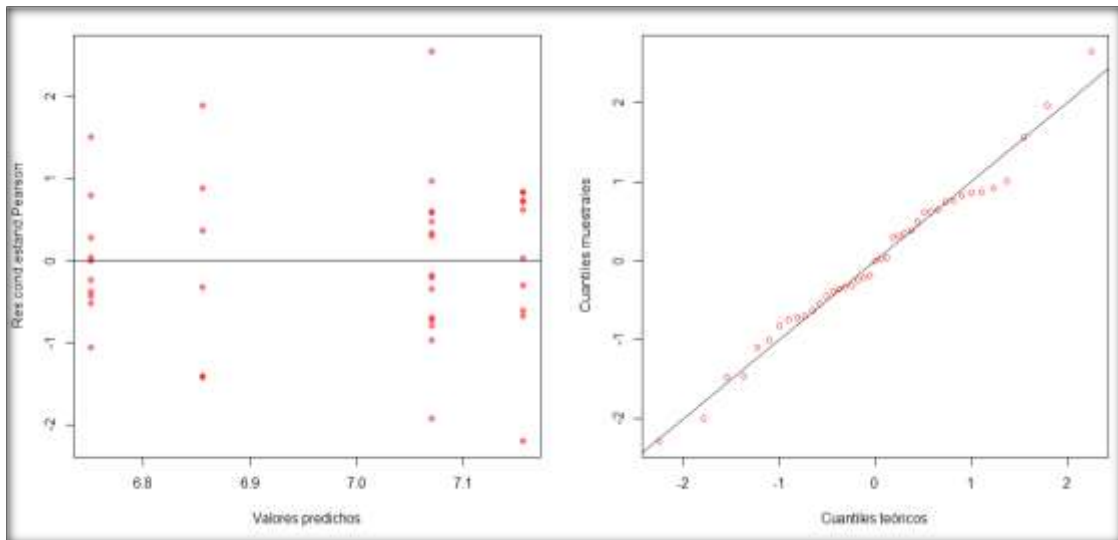
### Control de pesos iniciales, semanas de gestación y días de consumo

Tratamiento	Alpacas madre		
	Peso inicial	Semanas de gestación	Días de consumo
1	54.0	35.3	90
1	62.5	37.0	77
1	53.5	35.3	87
1	56.0	37.6	75
1	42.0	37.6	80
1	36.0	37.3	83
1	48.8	37.2	82
1	52.5	35.0	84
1	50.4	37.3	83
1	51.6	35.1	85
2	60.0	36.4	86
2	47.0	37.0	80
2	49.0	37.6	74
2	58.5	34.3	75
2	49.5	35.3	91
2	44.5	35.3	97
2	49.0	37.3	79
2	41.5	37.6	91
2	49.0	37.4	74
2	57.0	36.0	92
3	57.0	35.3	89
3	59.0	36.0	75
3	57.0	37.6	82
3	46.0	36.4	85
3	65.0	35.3	75
3	60.5	35.3	87
3	56.0	37.6	79
3	59.5	34.3	82
3	52.5	36.0	88
3	56.0	36.4	86
4	47.5	33.1	98
4	46.0	32.3	115
4	58.5	36.0	90
4	52.0	35.3	100
4	53.0	35.3	80
4	46.0	35.3	87
4	70.0	36.0	78
4	50.0	32.3	115
4	64.0	37.6	81
4	55.0	33.1	100
Promedio	53.1	35.9	85.9

## Anexo 6

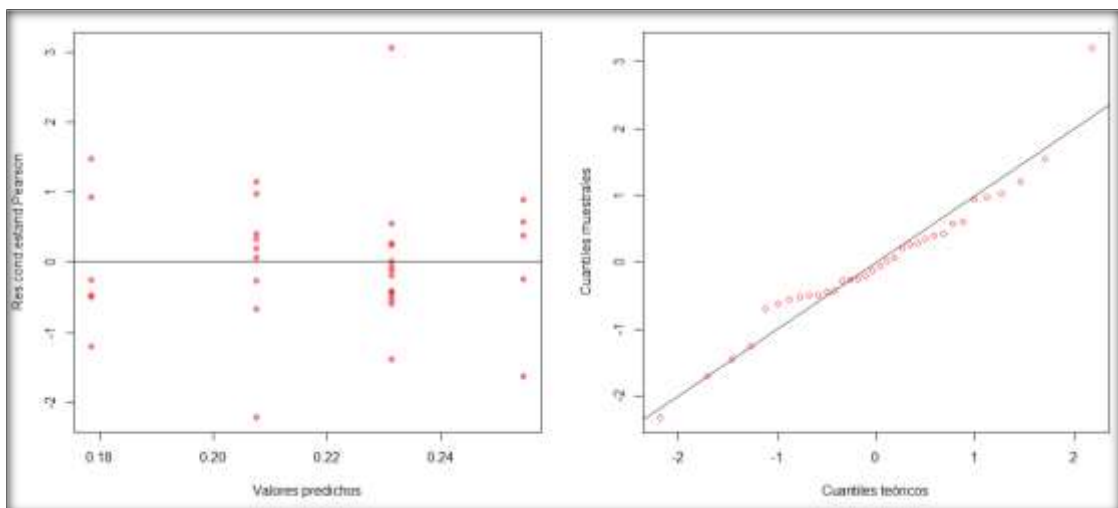
### Evaluación de los supuestos básicos de un modelo para las distintas variables evaluadas

#### e. Peso al nacimiento



*Nota:* Las gráficas muestran que los pesos al nacimiento de las crías de alpacas cumplen con los dos supuestos básicos del modelo: errores con distribución normal y homogeneidad de varianzas.

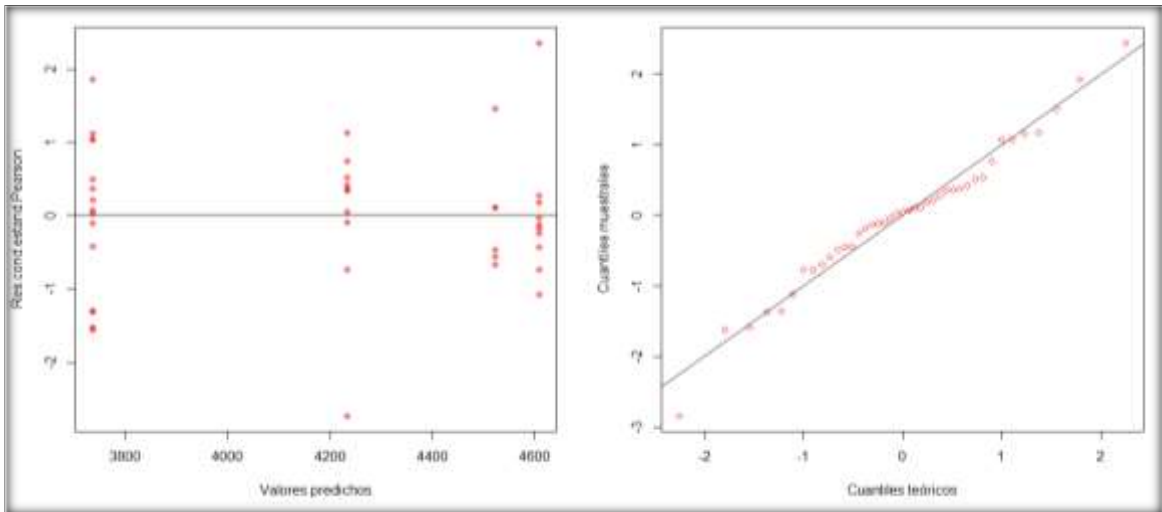
#### f. Ganancia de peso diario



*Nota:* Las gráficas muestran que la variable ganancia de peso diario cumple los dos supuestos básicos del modelo: errores con distribución normal y homogeneidad de varianzas.

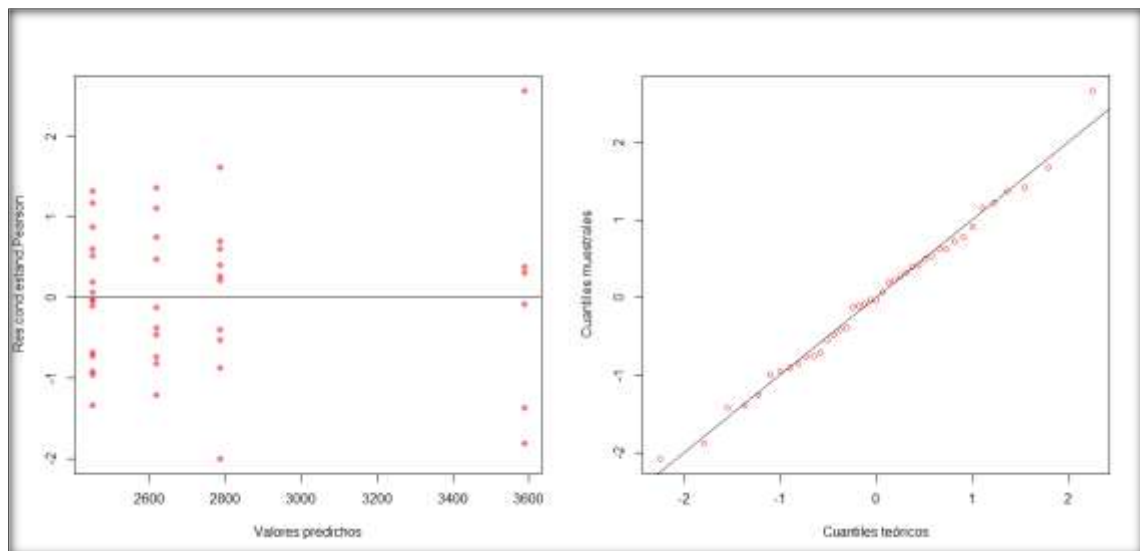


### g. Inmunoglobulina G en calostro



*Nota:* Las gráficas muestran que la concentración de inmunoglobulinas G en calostro cumple con los dos supuestos básicos del modelo: errores con distribución normal y homogeneidad de varianzas.

### h. Inmunoglobulinas G sangre



*Nota:* Las gráficas muestran que la concentración de inmunoglobulinas G en sangre de crías cumple con los dos supuestos básicos del modelo: errores con distribución normal y homogeneidad de varianzas.

## Anexo 7

### Análisis estadístico para el peso al nacimiento en crías de alpacas

**a. Análisis de varianza (nivel de confianza de 95%)**

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados ajustados.	Media cuadrática ajustada	F	p-valor	Significancia
Días de consumo	1	0.5020	0.50204	0.75	0.393	NS
Alimentación	1	0.1330	0.13300	0.20	0.659	NS
Parto	1	0.0368	0.03677	0.05	0.816	NS
Alimentación*Parto <sup>1</sup>	1	0.3581	0.35814	0.53	0.470	NS

*Nota:* <sup>1</sup>= interacción entre la alimentación y parto, NS = no significativa

**b. Comparaciones por la prueba de Tukey (nivel de confianza de 95%) según la alimentación**

Alimentación	N	Media	Agrupación
Suplemento	20	6.90998	A
Pastura natural	20	6.78616	A

*Nota:* Las medias que comparten la misma letra (A) son significativamente iguales.

**c. Comparaciones por la prueba de Tukey (nivel de confianza de 95%) según el número de partos**

Parto	N	Media	Agrupación
Múltipara	20	6.87994	A
Primípara	20	6.81620	A

*Nota:* Las medias que comparten la misma letra (A) son significativamente iguales.

**d. Comparaciones por la prueba de Tukey (nivel de confianza de 95%) según la interacción de los niveles**

Alimentación*Parto <sup>1</sup>	N	Media	Agrupación
Suplemento*Múltipara	10	7.04097	A
Pastura *Primípara	10	6.85341	A
Suplemento*Primípara	10	6.77898	A
Pastura*Múltipara	10	6.71891	A

*Nota:* <sup>1</sup>= Interacción entre los niveles de los factores. Las medias que comparten la misma letra (A) son significativamente iguales.

## Anexo 8

### Análisis estadístico para la ganancia de peso diario en crías de alpacas

**a. Análisis de varianza (nivel de confianza de 95%)**

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados ajustados.	Media cuadrática ajustada	F	p-valor	Significancia
Días de consumo	1	0.005212	0.005212	0.92	0.344	NS
Alimentación	1	0.001690	0.001690	0.30	0.588	NS
Parto	1	0.014391	0.014391	2.54	0.120	NS
Alimentación*Parto <sup>1</sup>	1	0.004531	0.004431	0.80	0.377	NS

*Nota:* <sup>1</sup>= interacción entre la alimentación y parto, NS = no significativa

**b. Comparaciones por la prueba de Tukey (nivel de confianza de 95%) según la alimentación**

Alimentación	N	Media	Agrupación
Suplementación	20	0.233790	A
Pastura natural	20	0.219834	A

*Nota:* Las medias que comparten la misma letra (A) son significativamente iguales.

**c. Comparaciones por la prueba de Tukey (nivel de confianza de 95%) según el número de partos**

Parto	N	Media	Agrupación
Múltipara	20	0.246751	A
Primípara	20	0.206873	A

*Nota:* Las medias que comparten la misma letra (A) son significativamente iguales.

**d. Comparaciones por la prueba de Tukey (nivel de confianza de 95%) según la interacción de los niveles**

Alimentación*Parto <sup>1</sup>	N	Media	Agrupación
Pastura* Múltipara	10	0.250922	A
Suplemento*Múltipara	10	0.242579	A
Suplemento*Primípara	10	0.225001	A
Pastura* Primípara	10	0.188746	A

*Nota:* <sup>1</sup>= Interacción entre los niveles de los factores. Las medias que comparten la misma letra (A) son significativamente iguales.

## Anexo 9

### Análisis estadístico para la concentración de inmunoglobulinas G en calostro de alpacas post-parturientas

#### a. Análisis de varianza (nivel de confianza de 95%)

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados ajustados	Media cuadrática ajustada	F	p-valor	Significancia
Días de consumo	1	1414196	1414196	1.44	0.238	NS
Alimentación	1	5161224	5161224	5.27	0.028	*
Parto	1	1614366	1614366	1.65	0.208	NS
Alimentación*Parto <sup>1</sup>	1	3773415	3773415	3.85	0.058	*

Nota: <sup>1</sup>= interacción entre la alimentación y parto, NS = no significativa, \* = p<0.05

#### b. Comparaciones por la prueba de Tukey (nivel de confianza de 95%) según la alimentación

Alimentación	N	Media	Agrupación
Suplementación	20	4673.10	A
Pastura natural	20	3901.80	B

Nota: Las medias que no comparten la misma letra (A, B) son significativamente diferentes.

#### c. Comparaciones por la prueba de Tukey (nivel de confianza de 95%) según el número de partos

Parto	N	Media	Agrupación
Primípara	20	4498.63	A
Múltipara	20	4076.27	A

Nota: Las medias que comparten la misma letra (A) son significativamente iguales.

#### d. Comparaciones por la prueba de Tukey (nivel de confianza de 95%) según la interacción de los niveles

Alimentación*Parto <sup>1</sup>	N	Media	Agrupación
Suplemento * Múltipara	10	4783.66	A
Suplemento * Primípara	10	4562.55	A
Pastura *Primípara	10	4434.72	AB
Pastura* Múltipara	10	3368.88	B

Nota: <sup>1</sup>= Interacción entre los niveles de los factores. Las medias que no comparten la misma letra (A, B) son significativamente diferentes.

## Anexo 10

### Análisis estadístico para la concentración de inmunoglobulinas G en sangre de crías de alpacas

#### a. Análisis de varianza (nivel de confianza de 95%)

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados ajustados	Media cuadrática ajustada	F	p-valor	Significancia
Días de consumo	1	176262	176262	0.18	0.672	NS
Alimentación	1	989	989	0.00	0.975	NS
Parto	1	1091923	1091923	1.13	0.296	NS
Alimentación*Parto <sup>1</sup>	1	6212597	6212597	6.41	0.016	*

Nota: <sup>1</sup>= interacción entre la alimentación y parto, NS = no significativa, \* = p<0.05

#### b. Comparaciones por la prueba de Tukey (nivel de confianza de 95%) según la alimentación

Alimentación	N	Media	Agrupación
Suplementación	20	2851.56	A
Pastura natural	20	2840.88	A

Nota: Las medias que comparten la misma letra (A) son significativamente iguales.

#### c. Comparaciones por la prueba de Tukey (nivel de confianza de 95%) según el número de partos

Parto	N	Media	Agrupación
Primípara	20	3019.90	A
Múltipara	20	2672.54	A

Nota: Las medias que comparten la misma letra (A) son significativamente iguales

#### d. Comparaciones por la prueba de Tukey (nivel de confianza de 95%) según la interacción de los niveles

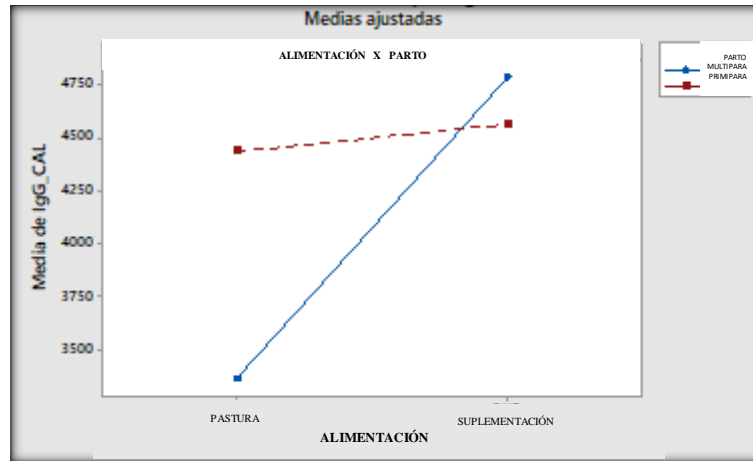
Alimentación*Parto	N	Media	Agrupación
Pastura *Primípara	10	3438.07	A
Suplemento * Múltipara	10	3080.03	A
Suplemento * Primípara	10	2601.73	A
Pastura* Múltipara	10	2265.04	A

Nota: <sup>1</sup>= Interacción entre los niveles de los factores. Las medias que comparten la misma letra (A) son significativamente iguales

## Anexo 11

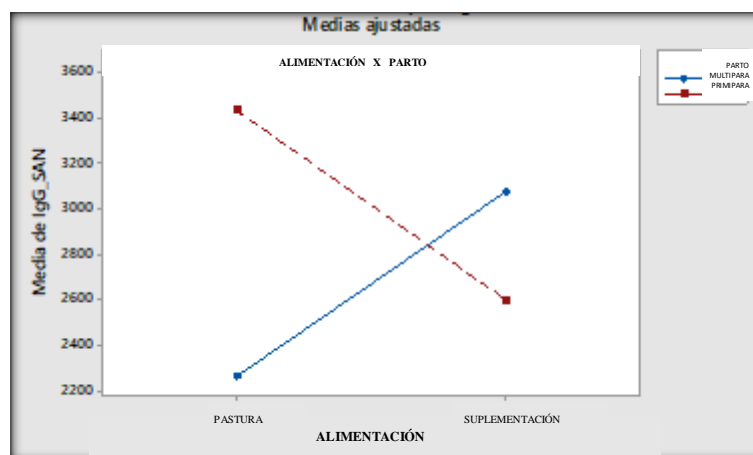
### Gráfica de interacción entre los factores de alimentación y número de partos

- a. Gráfica de interacción para inmunoglobulinas G en calostro de alpacas post-parturientas



Nota: IgG\_CAL= concentración de inmunoglobulinas G en calostro

- b. Gráfica de interacción para inmunoglobulinas G en sangre de crías de alpacas



Nota: IgG\_SAN= concentración de inmunoglobulinas G en calostro

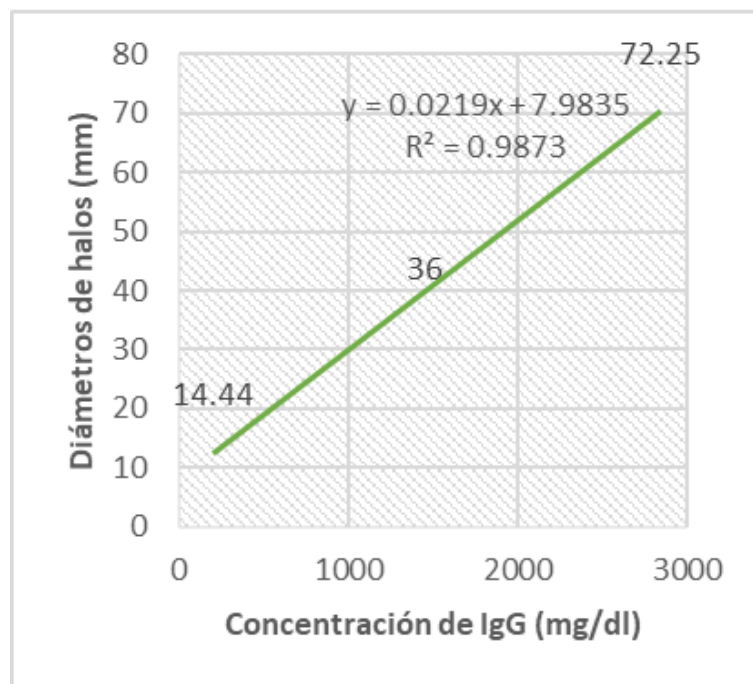
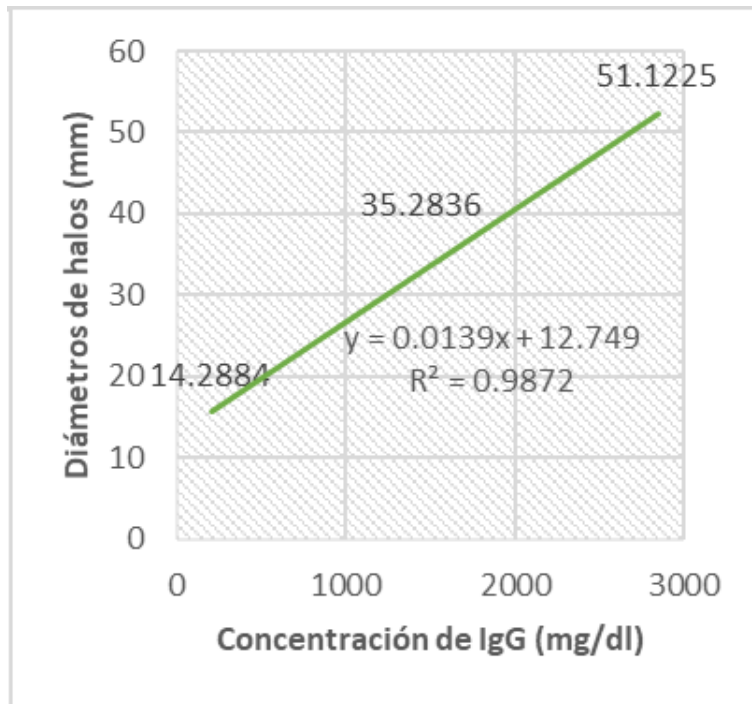
## Anexo 12

### Análisis estadísticos descriptivos para peso al nacimiento, ganancia de peso diario, inmunoglobulinas en calostro e inmunoglobulinas en suero sanguíneo

Variable	Tratamiento	N	Media	Error Estándar De La Media	Desviación Estándar	Mínimo	Mediana	Máximo
Peso al nacimiento	1	10	6.808	0.292	0.923	5.530	6.738	8.630
	2	10	6.752	0.215	0.680	5.760	6.640	8.160
	3	10	6.676	0.228	0.720	5.270	6.585	7.630
	4	10	7.156	0.289	0.913	5.100	7.460	7.945
Ganancia de peso diario	1	10	0.18415	0.00732	0.02314	0.14400	0.18845	0.22200
	2	10	0.2222	0.0140	0.0444	0.1550	0.2180	0.2970
	3	10	0.2466	0.0440	0.1390	0.1630	0.2110	0.6310
	4	10	0.25430	0.00877	0.02773	0.19000	0.25900	0.29000
IgG en calostro	1	10	4510	239	756	3670	4497	6393
	2	10	4609	374	1183	3227	4420	7630
	3	10	3440	397	1255	1734	3687	5172
	4	10	4591	205	647	3293	4679	5685
IgG en sangre	1	10	3465	408	1291	1587	3436	6422
	2	10	2618	306	968	1283	2345	4123
	3	10	2290	239	756	1396	2381	3745
	4	10	3012	248	784	1822	3049	4574
Días de consumo	1	10	82.60	1.41	4.45	75	83	90
	2	10	83.90	2.70	8.54	74	83	97
	3	10	82.80	1.62	5.12	75	83.5	89
	4	10	94.40	4.29	13.56	78	94	115

### Anexo 13

#### Curva de calibración y ecuación de la recta





## **Anexo 14**

### **Manejo de alpacas parturientas y crías**

Se observó diariamente a todas las alpacas gestantes, cuatro semanas previas antes de la posible fecha de parto programado, se realizó el seguimiento de las alpacas con signos visibles de parto (inquietas, gemidos, vulva inflamada, pujos).

El parto en la mayoría de las alpacas fue de forma natural y sin complicaciones, se observaron tres alpacas con dificultades en el parto por lo que fue necesaria la intervención del especialista. Las manifestaciones fueron las siguientes:

- La forma de presentación de la posición del feto en una alpaca del T3 (gestantes multíparas alimentadas con pasturas naturales) fue de la desviación lateral de la cabeza con las patas delanteras dirigida hacia el útero.
- El neonato de una de las alpacas del T2 (gestantes primíparas alimentadas con pasturas naturales y suplemento), tenía el hocico cubierto con membranas impidiendo la toma de oxígeno
- El tiempo de parto de una alpaca del T1 (gestantes primíparas alimentadas con pasturas naturales) demoró más que todas las alpacas en estudio (tres horas aproximadamente).

El nacimiento de los neonatos se presentó entre las 6 am a 3 pm, naciendo tanto en el corral, potrero de experimentación y en las zonas de pastoreo. Después de la expulsión de los neonatos y sus intentos para ponerse de pie, se procedió a desinfectar los ombligos con yodo al 7 por ciento, posteriormente se registraron los pesos vivos al nacimiento, hora de parto, tiempo de duración del parto, peso de placentas y se les colocó un collar de numeración y color respectivo al collar de la madre.

## Anexo 15

### Fotos obtenidas durante la fase experimental



Foto 1. Selección de alpacas



Foto 2: Identificación de las crías según tratamiento



**Foto 3: Alimentación de los animales experimentales**



**Foto 4: Desinfección y pesado de crías**