

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA Y ZOOTECNIA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA**



**TESIS**

**EFFECTO DE LA SUPLEMENTACION CON ENSILADO DE AVENA EN LA  
CONCENTRACION DE ACIDOS GRASOS VOLATILES TOTALES Y B-  
HIDROXIBUTIRATO EN LOS ULTIMOS MESES DE GESTACION DE ALPACAS SURI**

**PRESENTADO POR:**

- Br. Dina Mamani Huarca

**PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE  
MÉDICO VETERINARIO**

**ASESORES:**

MVZ PhD. Pedro Walter Bravo Matheus

MVZ PhD. José Luis Bautista Pampa

**CUSCO – PERÚ**

2023

# INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro. CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, Asesor del trabajo de investigación/tesis titulada: Efecto de la suplementación con ensilado de avena en la concentración de ácidos grasos relativos y B-Hidroxibutirato en los últimos meses de gestación de alpacas Suri presentado por: Dina Mamani Huarca con DNI Nro.: 74474752 presentado por: ..... con DNI Nro.: ..... para optar el título profesional/grado académico de Médico Veterinario

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 1 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 2%.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	<input checked="" type="checkbox"/>
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	<input type="checkbox"/>
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	<input type="checkbox"/>

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto la primera página del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 15 de 01 Enero de 2024



Firma: Pedro Walter Bravo Matheus

Nro. de DNI: 23954705

ORCID del Asesor: 0000-0003-4141-3066, 0000-0002-4257-9394  
ORCID del 2º Asesor: 0000-0003-3890-5705

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid:27259:302274346

NOMBRE DEL TRABAJO

**4 ENERO TESIS.pdf**

AUTOR

**Dina Mamani**

RECUENTO DE PALABRAS

**23866 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**126597 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**93 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**1.4MB**

FECHA DE ENTREGA

**Jan 8, 2024 10:26 AM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Jan 8, 2024 10:28 AM GMT-5****● 2% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 0% Base de datos de publicaciones
- 2% Base de datos de trabajos entregados

**● Excluir del Reporte de Similitud**

- Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- Base de datos de contenido publicado de Crossref
- Material bibliográfico
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 20 palabras)
- Material citado

ÍNDICE	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y OBJETIVO DE LA INVESTIGACION .....	4
CAPÍTULO I.....	6
OBJETIVO Y JUSTIFICACIÓN .....	6
1.1.Objetivo general.....	6
1.2.    Objetivos específicos .....	6
1.3.    Justificación .....	7
CAPÍTULO II .....	9
MARCO TEÓRICO.....	9
2.1. La alpaca Suri .....	9
2.2. Los pastizales naturales .....	10
2.2.1. Pastizales en Chuquibambilla .....	11
2.2.2. Suplemento alimenticio .....	12
2.3. Anatomía del tracto digestivo de la alpaca.....	15
A. La boca y glándulas salivales .....	15
B. Los compartimientos, intestino y glándulas.....	16
2.3.3. Fisiología digestiva del Camélido .....	17
2.3.4. Digestión de los glúcidos.....	19
2.3.5. Absorción y utilización de ácidos grasos volátiles .....	21
2.3.6. Utilización de los ácidos grasos volátiles totales.....	23
2.3.7. Concentración de AGV en alpacas suplementadas .....	25
2.3.8. Concentración de AGV en vacas.....	26
2.3.9. Concentración de BHB en ovinos y caprinos.....	27
2.4. La alimentación en alpaca gestante.....	28
2.5. Periodos críticos en el último tercio de gestación en la alpaca .....	29
2.6. El peso vivo de la alpaca.....	29
2.6.1. El peso vivo aumenta con suplementación .....	29
2.7. Peso vivo al nacimiento de la cría.....	30
2.7.2. Peso al nacimiento en neonatos con suplementación en alpacas.....	31
2.7.3. Peso al nacimiento en relación con sobrevivencia de la cría alpaca .....	31
2.8. Condición corporal de la alpaca .....	31
2.8.1. Cambio de la condición corporal en alpaca con suplementación.....	32

	Pág.
2.8.2. Relación directa de leptina con la condición corporal en alpaca .....	32
2.8.3. Condición corporal en el pre parto de la alpaca .....	33
CAPÍTULO III .....	34
MATERIALES Y MÉTODOS .....	34
3.1. Lugar de Estudio.....	34
3.2. Animales.....	34
3.3. Materiales y metodología .....	34
3.3.3. Equipos del laboratorio.....	35
3.3.4. Reactivos .....	36
3.4. Metodología del estudio.....	37
3.4.1. Diagnóstico de gestación .....	42
3.4.2. Determinación de la concentración de $\beta$ -hidroxibutirato .....	44
3.4.3. Determinación el peso vivo de la cría al nacimiento y de la madre .....	45
3.4.4. Registro de peso vivo de alpacas .....	45
3.4.5. Variables de Investigación .....	45
3.4.6. Análisis estadístico .....	46
CAPÍTULO VI.....	47
RESULTADOS Y DISCUSION.....	47
CAPÍTULO VII.....	61
CONCLUSIONES.....	61
RECOMENDACIONES.....	62
CAPÍTULO VI.....	63
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	63
ANEXOS .....	76

## **DEDICATORIA**

A Dios por darme fuerzas y sabiduría, por estar conmigo en cada paso de mi vida, por su gran amor, fortaleza y salud que me da cada día de mi vida para seguir adelante.

A mis queridos padres: Florencio y Arcadia quienes con su amor, sacrificio y comprensión que dan por mí, para poder lograr mis objetivos y metas.

A mis queridos hermanos(as): Rosa, Saul, Casiano, Victoria y Maribel, a ellos con mucho cariño por todo el apoyo y consejos que me dieron para seguir adelante.

## **AGRADECIMIENTO**

Principalmente a Dios por darme salud y haberme ayudado durante todo mi camino y por darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de mi vida.

A la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco y a la Escuela Profesional de Medicina Veterinaria, filial Sicuani, por ser alma mater de mi formación profesional. A mis docentes que me brindaron sus conocimientos Dr.(a): Diana Sánchez Herencia, Carola Melo Rojas, Oscar Condori Cahuata, Duriel G. Mamani Mango, Julio Ramírez Huanca, Wilton S. Calderón Ruiz, Walther P. Bravo Matheus y Lic. Antonia Tito Ttica

Al asesor principal de mi tesis PhD. Pedro Walter Bravo Matheus, por brindarme la oportunidad de recurrir a su gran capacidad y experiencia profesional y su apoyo incondicional. Por contribuir todos sus conocimientos para realizar el presente trabajo de investigación.

A mi asesor PhD. José Luis Bautista Pampa de mi tesis por sus valiosos aportes y consejos que hicieron posible la culminación del presente trabajo de investigación.

A mis dictaminadores: MSc. Julio Enrique Ramírez Huanca y PhD. Rubén Pinares Huamani.

Al PhD. Javier Llacsá Mamani mi reconocimiento y gratitud por su entrañable amistad, por su apoyo incondicional y por sus buenos consejos.

A todo el personal técnico y administrativo del Centro de investigación Chuquibambilla de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, de la Universidad Nacional del Altiplano.

A mis amigos(as): Cendy Lutz, Yaquelin, Roxana, Marleny, Beatriz, Betsabé, Cristóbal, Cesar, Dennis, Noe y Fernando, quienes han sido un gran apoyo, gracias por su amistad, ánimo y colaboración.

## ÍNDICE DE TABLA

	Pág.
Tabla 1. Composición química de las principales especies de pastizales en época seca. .....	21
Tabla 2. Perfil de ácidos grasos volátiles en el compartimiento (C1) y ciego con suplemento de alfalfa y heno de pasto.....	26
Tabla 3. La concentración de AGV en el C1 de la alpaca alimentadas con heno de pasto y harina de soya.....	26
Tabla 4. Ganancia de peso vivo de alpacas al pastoreo y pastoreo + suplementación.....	30
Tabla 5. Efecto de la suplementación sobre la ganancia de peso vivo al inicio y al final del experimento.....	30
Tabla 6- Evaluación de la condición corporal.....	32
Tabla 7. Efecto de la suplementación sobre el cambio de la condición corporal.....	33
Tabla 8. Composición química de los pastizales y ensilado de avena.....	47
Tabla 9. Efecto de la suplementación con ensilado de avena sobre la concentración de ácidos grasos volátiles totales ( $\mu\text{mol/L}$ ).....	49
Tabla 10. Efecto de la suplementación sobre la concentración de $\beta$ -hidroxibutirato nano moles por litro (nmoL/L) .....	52
Tabla 11. Efecto de la suplementación sobre el peso vivo y la ganancia del peso vivo mensual (kg/animal/mes) .....	55
Tabla 12. Efecto de la suplementación sobre el peso vivo de la cría al nacimiento.....	57
Tabla 13. Efecto de la suplementación sobre el cambio de la condición corporal de las alpacas madres.....	59

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Metabolismo ruminal.....	21
Figura 2. Comparación del valor nutricional de pastizales y ensilado de avena. ....	48
Figura 3. Suplementación sobre la concentración de ácidos grasos volátiles totales...50	
Figura 4. Concentración de $\beta$ -hidroxibutirato en alpacas con y sin suplementación .....	54
Figura 5. Suplementación en incremento de peso vivo mensual de alpaca Suri.....	56
Figura 6. Peso vivo de la cría al nacimiento.....	58
Figura 7. Efecto de la suplementación sobre la condición corporal en alpacas.....	59

## ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Concentración de AGV con y sin suplementación por meses en alpacas Suri. .....	82
Anexo 2. Concentración BHB con y sin suplementación por meses en alpacas Suri...82	
Anexo 3. Peso vivo con y sin suplementación por meses en alpacas Suri.....83	
Anexo 4. Peso vivo de crías al nacimiento con y sin suplementación en alpacas Suri.83	
Anexo 5. Cambio de la condición corporal de las alpacas con y sin suplementación...83	
Anexo 6. (A) Imagen del muestreo de los pastizales ; (B) Imagen de la muestra del ensilado de avena.....	84
Anexo 7. (C) Imagen de las muestras de pastizales y el ensilado de avena en la estufa por 42 horas; (D) Imagen del pesado de la muestra despues de sacar de la estufa...84	
Anexo 8. (E) Imagen del diagnostico de preñez; (F) Imagen del muestreo de sangre de la vena yugular de las alpacas preñadas.....	85
Anexo 9. (G) Imagen de registro de peso vivo y evaluación de la condición corporal de las alpacas cada mes hasta la parición; (H) Imagen de la suplementación.....	85
Anexo 10. (I) Imagen de Inicio de la parición; (J) Imagen de peso de crías al nacimiento.....	85
Anexo 11. (K) Imagen de los reactivos de AGV, (L) B-BH y (N) Imagen de muestras de suero sanguíneo.....	86
Anexo 12. (N) Imagen de la Homogenización de la muestra en el vortex; (Ñ) Imagen de la determinación de AGV mezcla de reactivos y muestra de suero sanguíneo.....	86
Anexo 13. (M) Imagen de la preparación de estándares; (O) Imagen del pipeteo de la muestra y BHB a la placa.....	86
Anexo 14. (P) Imagen del cambio de color de la reacción de AGV y (Q) Imagen de cambio de color de la reacción de BHB.....	86
Anexo 15. (R) Imagen de la lectura de AGV y BHB en la maquina lectora; (S) Imagen de los resultados de AGV y BHB.....	86

## ABREVIATURAS

CSA: Camélidos sudamericanos

GS: Grupo suplementado

AGV: Ácidos grasos volátiles

FDN: Fibra detergente neutra

AGVT: Ácidos grasos volátiles totales

EE: Estrato etéreo

AA: Ácido acético

Cz: Ceniza total

AP: Ácido propiónico

PT: Proteína total

AB: Ácido butírico

ET: Energía total

BHB:  $\beta$ -hidroxibutirato

EB: Energía bruta

MS: Materia seca

GNF: Glúcidos no fibrosos

ATP: Adenosín trifosfato

CT: Carbohidratos totales

CC: Condición corporal

CNE: Carbohidratos no estructurales

MS: Materia seca

## RESUMEN

El objetivo de la investigación fue determinar el efecto de la suplementación con ensilado de avena en la concentración de ácidos grasos volátiles totales (AGVT),  $\beta$ -hidroxibutirato (BHB) y los parámetros productivos en los últimos meses de gestación de alpacas Suri. El trabajo se realizó en el Centro Experimental Chuquibambilla de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional del Altiplano, Puno. Se consideraron 64 alpacas, de las cuales a 32 se suplementaron con ensilado de avena y 32 sin suplementación. Se determinó el peso vivo de madres y peso al nacimiento de crías usando una balanza de ganado, adicionalmente se evaluó la condición corporal de las madres según la escala de 1 a 5. Las concentraciones de AGVT y BHB se evaluaron en suero sanguíneo (3 mL) usando kits comerciales. Los resultados de análisis proximal para ensilado de avena y pastizales naturales fueron: proteína de 7.1 y 6.9%, fibra detergente neutra de 55.0 y 76.0%, estrato etéreo de 3.0 y 1.0% y glúcidos no fibrosos de 30.0 y 10.7%, respectivamente. La suplementación con ensilado de avena en el mes de diciembre influye sobre la concentración de AGVT, siendo de 0.0826 y 0.0824  $\mu\text{mol/L}$  en alpacas con y sin suplementación, respectivamente ( $p < 0.05$ ). La concentración de  $\beta$ -hidroxibutirato en el mes de enero fue de 0.1482 y 0.0966  $\text{nmol/L}$  en alpacas con y sin suplementación, respectivamente, siendo mayor en alpacas suplementadas ( $p < 0.05$ ). La suplementación con ensilado de avena no influye sobre la ganancia de peso vivo de las madres ( $p > 0.05$ ), mientras que en las crías de madres suplementadas hubo mayor peso vivo al nacimiento ( $p < 0.05$ ). Finalmente, la suplementación con ensilado de avena tiene efecto en el cambio de la condición corporal de las madres ( $p < 0.05$ ). En conclusión, la suplementación con ensilado de avena tiene efecto en la concentración de AGVT en el mes de diciembre y BHB en enero. La condición corporal incrementó en madres suplementadas en los últimos meses de gestación, asimismo las crías de este grupo de alpacas nacieron con mayor peso vivo.

**Palabras claves:** AGV, BHB, alpaca Suri, ensilado de avena, condición corporal.

## ABSTRACT

The effect of oat silage supplementation on the concentration of volatile fatty acids and beta hydroxybutyrate and productive traits were determined during the last months of pregnancy on Suri alpacas. Sixty-four pregnant alpacas of poor body condition from the Chuquibambilla research center were used in this study. Thirty-two were supplemented with oat silage from 7 to 9 am and then turned into natural pastures, and thirty-two were maintained on natural pastures. Body weight of dams and body weight from their offspring (crias) were determined. Concentrations of VFA and BHB were determined on monthly sera, 3 mL, samples with ELISA kits. Proximal analysis from silage and pastures were 7.1 and 6.9% on crude protein, neutral fiber detergent was 55.0 and 76.0%, ethereal extract was 3.0 and 1.0%, non-fibrous carbohydrates was 30.0 and 10.7%, respectively. During December VFA were the lowest, 0.0826 and 0.0824  $\mu\text{mol/L}$  and different from other months ( $P \leq 0.05$ ) for supplemented and non-supplemented females. Concentrations of BHB were different from other months during January, being 0.1482 and 0.0966 for supplemented and non-supplemented females. Oat silage supplementation did not affect body weight of pregnant females; however, body weight of crias, at birth, were significantly affected with greater body weight on crias from supplemented females. Body condition improved more on supplemented females than non-supplemented females.

Keywords: VFA, BHB, body condition, oat silage, pregnant, Suri alpacas.

## INTRODUCCIÓN

La producción de camélidos sudamericanos (CSA) es la principal actividad que contribuye a la economía nacional, como el ingreso económico, seguridad alimentaria y fuente de alimento de pequeños criadores de las zonas alto andinas, por su alto valor proteico y bajos niveles de colesterol a diferencia de otras especies animales, así también proveen productos como la fibra, pieles, cuero, etc. para la subsistencia del poblador andino (Ruiz, 2008). La producción de alpacas en el Perú representa el 80% de la producción total a nivel mundial. Además, el Perú es el mayor productor de camélidos sudamericanos, donde la población de alpacas es de alrededor de 3,7 millones, Puno es la región con mayor población de alpacas aproximadamente 1 millón 460 mil, seguido por Cusco con 546 mil y Arequipa con más de 468 mil. El 80% de alpacas son de la raza Huacaya y 12% de la raza Suri (MINAGRI, 2018).

La crianza de alpacas y llamas se desarrolla en las elevadas zonas alto andinas de Perú, Argentina, Bolivia, Chile y Ecuador, ubicadas a más de 3500 msnm., representando el 80% de ingreso económico de 82 459 familias alpaqueras, situadas en Puno, Arequipa, Cusco, Huancavelica, Ayacucho, Pasco, Apurímac, Junín, Tacna, Moquegua y Lima (MINAGRI, 2008). La mayoría de los camélidos sudamericanos habitan en condiciones extremas, marginales medio ambiental y zonas inhóspitas del país. Donde los pastizales naturales representan la única fuente principal de alimentación para los animales (INEI, 2013).

El altiplano de Perú, Bolivia y Chile son de temperaturas muy bajas, en la época seca (mayo-noviembre) existe poco pastizal, con bajo valor nutricional, y en la época de lluvias (diciembre-abril) hay más pastizales naturales, con alto valor nutricional, dominadas principalmente por el género *Stipa*, *Festuca* y *Calamagrosti* (Mamani-Linares & Cayo, 2021). Sin embargo, la crianza de alpacas tiene problemas serios en su nutrición principalmente la deficiencia de energía, proteínas, grasas, minerales y

vitaminas en su alimentación, afectando a los índices reproductivos y el proceso de desarrollo del feto en la gestación, debido a la escasa alimentación y bajo valor nutritivo de los pastizales naturales (Mamani-Linares & Cayo-Rojas, 2021).

En los últimos años hay más énfasis sobre la interacción que existe entre la nutrición y la reproducción para minimizar problemas productivos, donde una buena alimentación ayuda a elevar los índices reproductivos, que se traduce en un incremento económico para el ganadero. Pero la baja disponibilidad y calidad de forrajes en la crianza de estas especies, afecta directamente a los índices productivos en la campaña de parición como: el peso vivo al nacimiento, la producción de leche y mantenimiento de la condición corporal de la madre (Rojas et al., 2021). En ese sentido, es necesario implementar tecnologías sencillas que permitan utilizar con eficiencia los forrajes con la finalidad de tecnificar los procesos productivos en los sistemas de crianza (Ordoñez & Bojorquez, 2011).

Por lo tanto, se debe proponer técnicas de suplementación alimenticia que se adapten a las condiciones propias del sistema de producción con fines de incrementar la producción de fibra, tasa de natalidad y la condición corporal. Por lo que se propone el uso de ensilado, por su disponibilidad en el altiplano. El ensilado es un método de conservación de forrajes, mediante la fermentación láctica del forraje, donde se genera el ácido láctico y en bajo pH menos de 5. El ensilado permite conservar los nutrientes, la humedad y los mantiene fresco a los forrajes (Zhou et al., 2019).

Los aditivos usados en el ensilaje mejoran la calidad fermentativa y nutricional en su alimentación (Zhou et al., 2019). Así como también en el rendimiento reproductivo y el incremento de la tasa natalidad (Rojas et al., 2021). Debido a que los CSA tiene un estomago de tres compartimentos, donde se realiza la fermentación microbiana en los dos primeros compartimentos, el proceso de la digestión enzimática se realiza en el último compartimento. Los CSA presentan un proceso digestivo más eficaz haciendo

una menor emisión de gas metano (CH<sub>4</sub>) por unidad de peso corporal (Dittman et al., 2014).

Una adecuada alimentación en los animales desarrolla una buena producción de ácidos grasos volátiles más esenciales como el ácido acético, propiónico y el butírico, como fuente principal de energía en los rumiantes. Así mismo una alta producción de AGV en el rumen tiene efecto positivo sobre el desarrollo de papilas largas y robustas que permitirán la absorción de AGV por difusión y diferencia de gradientes de concentración, además sufren diferentes grados de transformación, para ser utilizados en diferentes destinos metabólicos. Sin embargo, el acetato y propionato son absorbidos sin alteraciones, mientras que el butirato se transforma en ácido β-hidroxibutírico. Entonces el acético se oxida en los diferentes tejidos para generar ATP, como la principal fuente de acetil-CoA para la síntesis de lípidos. A la vez el propionato es el sustrato gluconeogénico, en los hepatocitos del hígado transformándose en glucosa por la ruta de gluconeogénesis (Huertas et al., 2020).

Mientras que el ácido butírico es absorbido en forma de ácido β-hidroxibutírico, que se oxida en varios tejidos del organismo para la producción de energía. Por lo tanto, la glucosa es la fuente de energía altamente disponible para cubrir las necesidades fisiológicas de mantenimiento y reproducción (Nava & Díaz, 2001). En base a los antecedentes descritos, el objetivo general del presente trabajo fue evaluar el efecto de la suplementación con ensilado de avena en la concentración de ácidos grasos volátiles totales, β-hidroxibutirato y los parámetros productivos en los últimos meses de gestación de alpacas Suri.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y OBJETIVO DE LA INVESTIGACION**

### **Formulación del problema**

Las alpacas son consideradas como la especie de baja tasa de fertilidad y natalidad en comparación a otros mamíferos domésticos, debido a que solo el 50% de los servicios entre machos y hembras fértiles terminan en gestación, con un bajo rendimiento reproductivo. Las causas de esta baja fertilidad son diversas tales como la alta tasa de mortalidad embrionaria y fetal, ocasionada por la subnutrición de las hembras, causando problemas en la ovulación y la fertilización, incluso altas incidencia de mortalidad embrionaria y pérdidas fetales durante la gestación (Raggi et al., 1996). Por lo tanto, el plantea el estudio en alpacas Suri, debido a la menor población que existe a diferencia de las alpacas el Suri representa el 12.2% y Huacaya representa el 80.4% en nuestro país (INEI, 2013). También la alta tasa de mortalidad en crías de alpacas Suri de 23.3% y en crías de alpacas Huacaya de 15.4%, mientras en alpacas Suri adultas es 9.6% y en alpacas Huacaya es de 6.5% (Gallegos, 2013).

Uno de los principales problemas de la producción de alpacas es cubrir los requerimientos nutricionales con un aporte oportuno de nutrientes esenciales como: proteínas, aminoácidos, glúcidos, ácidos grasos esenciales, vitaminas y minerales. Sin embargo, las alpacas se encuentran en zonas alto andinas, con variaciones climáticas definidas como la época de lluvias donde existe mayor oferta y alto contenido de nutrientes de los pastizales, pero en la época seca se presenta una menor disponibilidad y baja calidad de nutrientes de los pastizales nativos, debido a que el invierno es la más prolongada.

Las actividades ganaderas en alpacas se ven afectadas con la baja oferta de pastizales principalmente en la última etapa de gestación, porque la campaña de empadre se da desde enero a abril (época lluvias), y el periodo de gestación es de febrero a diciembre. Las altas demandas nutricionales de proteína y energía en el último tercio de gestación,

por el crecimiento fetal, concuerda con el período crítico (época seca), de baja disponibilidad de forraje y pastizales naturales (Olazábal et al., 2009).

En la época seca las condiciones ambientales son adversas con poca disponibilidad de alimentos, que causa bajo crecimiento y pérdidas de fetos durante la gestación, resultando crías de bajo peso al nacimiento que posteriormente afecta también al peso destete de las alpacas. Por las consideraciones antes mencionadas es necesario prevenir las consecuencias con la suplementación con ensilado de avena en época de escases de pastizales, porque está disponible en la zona y durante todo el año, tales consecuencias que se pueden presentar en los procesos reproductivos y productivos, por la poca disponibilidad y calidad de pastizales en la época seca como el bajo peso al nacimiento de las crías, bajo condición corporal y disminución del peso vivo de alpacas madres en los últimos meses de gestación.

## CAPÍTULO I

### OBJETIVO Y JUSTIFICACIÓN

#### 1.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de la suplementación con ensilado de avena en la concentración de ácidos grasos volátiles totales,  $\beta$ -hidroxibutirato y los parámetros productivos en los últimos meses de gestación de alpacas Suri.

#### 1.2. Objetivos específicos

- Evaluar la composición química de los pastizales y ensilado de avena.
- Evaluar el efecto de la suplementación con ensilado de avena en la concentración de ácidos grasos volátiles totales en los últimos meses de gestación de alpaca Suri.
- Evaluar el efecto de la suplementación con ensilado de avena en la concentración de  $\beta$ -hidroxibutirato en los últimos meses de gestación de alpaca Suri.
- Determinar el efecto de la suplementación con ensilado de avena sobre los parámetros productivos (peso vivo y ganancia de peso) de la alpaca Suri y el peso al nacimiento de la cría.
- Determinación el efecto de la suplementación con ensilado de avena sobre la condición corporal en los últimos meses de gestación de alpaca Suri.

### **1.3. Justificación**

Los Camélidos Sudamericanos domésticos (alpaca y llama) son animales que viven en los Andes peruanos. Las alpacas son animales originarios del Perú su importancia, es porque tiene un valor histórico y un valor económico real actual. Sin embargo, solo se ha estudiado la comercialización de los Camélidos Sudamericanos y sus derivados como: carne, fibra, otros; y muy escasamente se ha estudiado sobre la suplementación con forrajes conservados como el ensilado de avena forrajera en momentos críticos de la reproducción, como en los últimos meses de la gestación.

En tal sentido el hábitat de los camélidos sudamericanos se encuentra en zonas inhóspitas y condiciones medio ambientales adversas. Además, los camélidos han desarrollado la capacidad de adaptación y una habilidad de reducir sus requerimientos para cubrir sus necesidades de energía de mantenimiento con dietas bajas en proteína que le permita sobrevivir bajo condiciones pobres de pastizales y de baja calidad nutritiva. Por lo tanto, la nutrición es un factor importante en la producción de alpacas que puede influir directamente en la reproducción. Sin embargo, existe dificultades y problemas en los parámetros nutricionales de energía, proteína, grasa, minerales y vitaminas que más influyen en los índices reproductivos. La escasa alimentación en los últimos meses de gestación conlleva un gasto energético, sumada al déficit de nutrientes a un pobre crecimiento del feto durante la gestación, lo que se traduce en crías débiles y con bajos pesos al nacimiento o en el peor de los casos con pérdidas de fetos durante la última fase de gestación.

El bajo peso al nacimiento influye directamente a la tasa de sobrevivencia de crías nacidas, por lo tanto, existe una relación positiva entre peso al nacimiento y peso al destete, por lo que se requiere cubrir las necesidades nutricionales, principalmente en las crías hembras para que puedan llegar al peso óptimo del primer servicio, al año de edad. Entonces el rol de la nutrición en la reproducción sugiere la posibilidad de lograr

mejores índices reproductivos, si se aplica alguna estrategia de alimentación y nutrición para cubrir los requerimientos proteicos y energéticos en los sistemas de crianza de alpacas, debido a las altas demandas nutricionales en la fase productiva.

Entonces existe el desconocimiento de los metabolitos como los ácidos grasos volátiles que nos permitirá saber las deficiencias y la necesidad de cubrir los requerimientos nutricionales de los animales y poder implementar estrategias alimentarias como la suplementación alimenticia. Para ello es necesario evaluar los metabolitos de importancia fisiológica, con fines productivos y no solo para mantener la homeostasis de manera óptima. Cuando la oferta alimenticia es pobre en energía y proteína, los animales cambian de condición corporal que puede afectar a algunos parámetros reproductivos y productivos.

Por lo tanto, el estudio se justifica, porque es un trabajo fácil de aplicar al campo, en aquellas comunidades campesinas que tienen problemas de escasez de alimentación y nutrición de las alpacas. Esta investigación puede mejorar la producción, al suministrar la cantidad y calidad de forrajes en base a sus requerimientos nutricionales. Finalmente, nuestro estudio tiene una justificación práctica porque está relacionada directamente a mantener la población y reducir la tasa de mortalidad de la alpaca Suri, que es un animal débil susceptible a las enfermedades y a los cambios bruscos de temperatura del Altiplano, especie sostenibles sobre la comercialización, la seguridad alimentaria e incremento de la económica de las familias productoras de alpacas más deprimidas.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. La alpaca Suri**

La alpaca vive en zonas alto andinas por encima de 3000 msnm, en Perú, Bolivia, Argentina y Chile, tienen mesetas de altiplano y laderas cordilleras heladas, con poca disponibilidad de agua. Sin embargo, existe dos razas de alpacas Huacaya y Suri, que se encuentran en las regiones alto andinas criadas por el productor (Cordero et al., 2011). Además, fueron trasladadas a otros países, son criadas en condiciones más favorables que a su país de origen, para producir carne, fibras de gran valor económico o como mascotas, en Estados Unidos existe 120,000 ejemplares, Australia 100,000, Canadá, Nueva Zelanda y otros países europeos (Lupton et al., 2006).

El Perú es el país con más camélidos sudamericanos, contando con 3,7 millones de animales (MINAGRI, 2018). La alpaca Suri representa alrededor de 12.2%, considerada un animal susceptible a las enfermedades y a los cambios bruscos de temperatura del altiplano a diferencia de la raza Huacaya, se distingue por sus características generalmente es elegante, angulosa y de estampa fina, con vellón que se cuelga desde el lomo a ambos lados del cuerpo, dejando descubierto la columna vertebral que lo diferencia de la otra raza (Bustinza et al., 2021).

#### **Taxonomía de la alpaca**

Según Kadwell et al. (2001) y Gentry et al. (2004), la taxonomía de la alpaca.

Reino: Animalia

Phylum: Chordata

Subphylum: Vertebrata

Superclases: Tetrapoda

Clase: Mammalia

Subclase: Theria

Orden: Artiodactyla

Familia: Camelidae

Género: Vicugna

Especie: *Vicugna pacos*

## 2.2. Los pastizales naturales

Los pastizales naturales son muy importantes como fuente de alimentación para los animales. Está conformada por cubiertas de vegetales herbáceas compuesta por especies de las familias de Poáceas, Fabáceas, Rosáceas, Ciperáceas, Juncáceas y otros. Se denominan como zonas predominantes por vegetación natural que se desarrollan a partir de 3840 msnm de altitud en la región de Puno y se renuevan periódicamente de manera natural para el pastoreo de los ganados (Zhou et al., 2019).

Durante la estación seca considerado de mayo a noviembre las plantas están maduras y de baja calidad nutritiva. En la Tabla 1 se muestra los resultados de la composición química de los pastizales predominantes en la provincia de Pacajes, La Paz, Bolivia.

Tabla 1. Composición química de las principales especies de pastizales en época seca.

Especie	Composición química			
	MS (%)	CT (%)	PT (%)	FDN (%)
<i>Festuca dolichophylla</i>	-	7.18	3.68	70.71
<i>Stipa ichu</i>	-	3.63	3.43	78.19
<i>Festuca orthophylla</i>	62.48	2.12	2.67	78.89
<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	-	3.92	6.07	68.46
<i>Muhlenbergia peruviana</i>	86.20	3.13	4.64	67.75
<i>Bromus unioloides</i>	87.20	5.80	4.01	69.93
<i>Calamagrostis heterofila</i>	87.20	n/d	4.82	n/d
<i>Calamagrostis vicunarum</i>	-	6.26	3.85	66.57
<i>Nassella pubiflora</i>	63.40	n/d	6.80	72.49
<i>Hordeum muticum</i>	65.90	-	-	-
<i>Poa candamoana</i>	-	n/d	8.00	70.90
<i>Papalum pymaeum</i>	-	-	-	-
<i>Eleocharis sp</i>	-	-	-	58.90
<i>Distichia humilis</i>	-	10.20	-	63.19
<i>Alchemilla pinnata</i>	-	5.16	-	40.48
<i>Hypochooeris sp</i>	-	-	-	-

<i>Trifolium amabile</i>	73.70	-	-	-
<i>Erodium circularum</i>	66.70	-	-	-
<i>Urucarpidium shepardae</i>	80.60	-	-	28.03
<i>Adesmia spinosissima</i>	n/d	6.63	18.31	-
<i>Baccharis sp</i>	47.48	6.37	8.07	21.69
<i>Parastrephya lepydophylla</i>	52.09	4.10	7.30	25.42

MS=materia seca, CT=carbohidratos totales, PT= proteína total, FDN=fibra detergente neutra. no analizados (-), no disponible (n/d). Fuente: Mamani-Linares & Cayo-Rojas (2023).

En la composición química de los pastizales de la región de Junín en épocas de sequía tiene PT 6.94%, EE 1.12% y ceniza 8.24% y en época de lluvias tiene PT 6.41%, EE 1.37% y ceniza 6.21% para la alimentación de las alpacas y ovinos. En la época de lluvia y seca hay diferencia en la calidad nutritiva, en la época seca existe escasez de pastizales con déficit de calidad nutritiva, mientras que en la época de lluvia existe abundancia de pastizales con una buena calidad nutritiva (Yactayo, 2022). El contenido y calidad nutricional de los pastizales depende del lugar y las condiciones climáticas, en Australia indica mejores parámetros nutricionales de pasturas con PC 12.5%, FDN 74.1% y Cz 8.1%, comparado a las condiciones del Altiplano peruano (Smith et al., 2016).

### 2.2.1. Pastizales de Chuquibambilla

Los pastizales nativos predominantes de Chuquibambilla son la *Festuca dolichophylla* (chilliguar), *Calamagrostis antoniana* (phorke), *Festuca, dichoclada* (yirac ichu) y *Calamagrostis amoena* (kheña) (Astorga, 2021). Ojeda (2020) menciona que las especies de pastizales de Chuquibambilla-Puno los más dominantes en época seca son: *Calamagrostis vicunarum* (12.35%), *Aciachne pulvinata* (10.75%), *Festuca rigescens* (8.3%), *Lolium perenne* (7%), *Scirpus rigidus* (6%) y *Stipa ichu* (5.3%); en época de lluvia dominan las especies de *Festuca dolichophylla* (14.3%), *Distichia muscoide* (8.7%), *Festuca dolichophylla* (7.7%), *Alchemilla pinnata* (6.3%) y *Luzula peruviana* (5%).

La composición nutricional de pastizales del centro experimental Chuquibambilla-Puno son: PC (6.5%), FDN (73.5%) y FDA (44.0%), alimento nutricional del ovino Corridale (Fierro, 1990). En la región Puno (CIP La Raya-UNA Puno) en puna seca, el análisis proximal de pastizales naturales es: materia seca 92.39%, proteína cruda 5.05%, fibra detergente neutra 65.65% y estrato etéreo 5.96% (Quispe et al., 2016).

## **2.2.2. Suplemento alimenticio**

### **2.2.2.1. El ensilado**

El ensilaje es un método de conservación de forraje, para mantener la humedad y la mayor cantidad del contenido nutritivo de los forrajes, para el aprovechamiento en la alimentación animal. También conocido como una técnica antigua de conservación que consiste en colocar en el silo, los forrajes verdes picado para conservar por tiempos cortos o prolongados. Donde el proceso de almacenaje de forrajes bajo condiciones anaeróbicas, permite la generación de ácido láctico principalmente, originando la fermentación del material picado, donde el pH baja hasta 4.5 a 4.2, esta acidez evita que los organismos de putrefacción se proliferen. La inhibición de estos organismos no permite que el ácido láctico y los aminoácidos sean descompuestos (Poma, 2011).

Los cultivos forrajeros en el Perú son principalmente las gramíneas forrajeras como avena (*Avena sativa*), Cebada (*Hordeum vulgare*), Triticale (*X Triticosecale*) y Rye Grass (*Lolium perenne*), que son sembradas por los productores (Ordoñez & Bojorquez, 2011). Estos cultivos mencionados son conservados en forma de heno y ensilado para ser utilizados en la alimentación animal en la época seca, donde los pastizales naturales tienen baja calidad y por ende la baja producción pecuaria. El ensilado es un buen método de conservación para evitar pérdida de nutrientes y conservar el forraje fresco (Zhou et al., 2019).

En la localidad de Arvela, Nariño-Colombia la composición bromatológica de los ensilajes de avena forrajera (*Avena sativa*) tiene PT (11.43%), FDN (66.96%), EE

(3.44%), Cz 12.13%, MS 28.78% y ácido butírico 0,0023% (Apraez et al., 2012). Mientras que en la región Huancavelica la composición química del ensilado con (*Vicia sativa*, *Avena sativa* y *Festuca dolichophylla*) tiene como PT (17.30%), grasa (1.21%), FDN (56.37%) y FDA (45.32%), según las regiones varía el valor nutricional del ensilado (Paucar et al., 2016).

#### **2.2.2.2. Ensilado de avena con aditivo**

El uso de aditivos en el ensilado mejora la calidad de fermentación, la calidad nutricional y regula la microbiota intestinal del animal (Zhou et al., 2019). Al incluir aditivos como ciertas levaduras, aumenta la población y mejora la tasa de crecimiento de bacterias celulíticas y tiene un efecto positivo la producción de leche (McAllister et al., 2011). La composición química del ensilado con adición a mayor nivel de *Saccharomyces cerevisiae* en el ensilado de avena y cebada incrementa la proteína, ligeramente aumenta en el extractor etéreo y minerales (Fernandez et al., 2021).

Los ensilados de avena en la región de Puno con adición de urea de Nitroshure + urea en contenido de proteína cruda es  $14.69 \pm 0.15\%$ , fibra detergente neutro con  $62.03 \pm 0.94\%$ , ácido láctico con  $1.92 \pm 0.19\%$  y pH de  $5.20 \pm 0.25$  (Suaña, 2017). En la provincia Ingavi, La Paz-Bolivia, el valor nutricional del ensilado de cebada con aditivo de urea la PT 6.38%, EE 2.95% y Cz 6.42%, al adicionar aditivos como torta de soya en el ensilado de cebada el valor nutricional aumenta en PT 8.26%, EE 4.12% y Cz 6,74%, mejora los valores nutricionales en el ensilado de cebada (Poma, 2011).

#### **2.2.2.3. Términos de la composición química de pastizales y avena**

##### **A. Materia seca (MS)**

Es el resultado de la diferencia del 100% y el porcentaje de humedad que tiene la muestras y representa todos los nutrientes como proteína cruda, FDN, FDA, grasa, minerales totales. El contenido de materia seca de los pastizales para tener más

asegurado para que el animal reciba la porción adecuada de los nutrientes para satisfacer sus necesidades nutricionales (Basurto, 2018).

### **B. Proteína cruda (PC)**

La proteína cruda consiste de proteína verdadera (amino ácidos contenidos en cadenas polipeptídicas) y nitrógeno no proteico (amidas, nitratos, ciertas vitaminas, urea, amino ácidos individuales, etc.). Este análisis tiene como principio la determinación del contenido de nitrógeno de un alimento (Contreras, 2022).

El contenido de proteína cruda de los forrajes evalúa la calidad forrajera, en los rumiantes en la microbiota es capaz de utilizar cualquier fuente de nitrógeno y convertiría en aminoácidos que son bien aprovechados por el animal. Las proteínas son componentes importantes de los tejidos musculares tiene un valor nutritivo importante proteína de leche y carne (Van Saun et al., 2014).

### **C. Fibra detergente neutra (FDN)**

La fibra detergente neutra es la medición de hemicelulosa, celulosa y lignina siendo toda la parte fibrosa del forraje. Los 3 componentes se interpretan como las paredes celulares de los forrajes y se denominan en general como carbohidratos estructurales. El porcentaje de FDN en los forrajes se correlaciona en forma negativa con el consumo, a mayor contenido de FDN es menor el consumo del alimento (Basurto, 2018).

### **D. Estrato etéreo (EE)**

El extracto etéreo agrupa a todas las sustancias solubles en éter, se incluye las grasas, colorantes (clorofila y carotina), ácidos orgánicos, aceites etéreos, ceras, resinas, lectinas y alcaloides. A mayor contenido de carbono e hidrogeno y menor contenido de oxígeno, mayor será el valor de combustión de un nutriente disponible (Apraez et al., 2012).

El contenido de lípidos de los alimentos se determina como extracto etéreo y es la denominación de grasa. La gran mayoría de los forrajes contienen cantidades de lípidos que se puede extraer cuando entra en reacción con éter, estos no son las grasas verdaderas, son los compuestos complejos como la clorofila y otros pigmentos vegetales (Apraez et al., 2012).

### **E. Cenizas (Cz)**

Las cenizas son el residuo inorgánico contenido de minerales después del quemado de la muestra en una mufla a 600 °C. en alimentos de origen vegetal tienen un uso nutricional directo y restringido, los componentes de las cenizas de los alimentos de origen vegetal son muy variables en cuanto a sus componentes y cantidades (Basurto, 2018). El residuo de esta combustión contiene los elementos minerales totales del alimento, el análisis de ceniza no proporciona información sobre minerales individuales (ejemplo Calcio y Fosforo) se analiza por separado el contenido de ceniza de un alimento normalmente es menor al 10% de la materia seca (Huanca, 2005).

### **F. Glúcidos no fibrosos (GNF)**

Los glúcidos no fibrosos (almidones y azúcares) fermentan en forma rápida y completa en el rumen. El contenido de glúcidos no fibrosos incrementa la densidad de energía en la dieta, así mejora el suministro de energía y determina la cantidad de proteína bacteriana producida en el rumen (Basurto, 2018).

## **2.3. Anatomía del tracto digestivo de la alpaca**

El tracto digestivo se inicia en la boca, continua con el esófago hasta el estómago e intestino y finaliza en el recto. Las alpacas y las llamas son pseudorumiante; que tiene el estómago dividido en tres compartimentos (Baroni & Suarez, 2017).

### **A. La boca y glándulas salivales**

La alpaca tiene una boca grande, labios delgados y muy móviles. La función de la boca y sus componentes (dientes, lengua, mandíbula y glándulas salivales), son la

prehensión y recepción de alimentos, en una forma mecánica para ensalivarlos que facilita la deglución. Cada labio tiene movilidad propia, la movilidad de los labios facilita la mejor actividad selectiva de los alimentos en el pastoreo (Cebra et al., 2014).

Los dientes están implantados en los alveolos dentarios y son útiles para fijar la edad del animal. La alpaca es considerada difidiontes, porque tiene dos tipos de dentición: que son: los temporales y permanentes. En la dentición temporal o de leche aparecen en las primeras edades del animal la formula dentaria es:  $2(I\ 0/3; M\ 3/2) = 16$  a 18 dientes, algunas protuberancias óseas salen. Durante el crecimiento es remplazada por la dentición permanente la formula dentaria es:  $2(I\ 1/3; C\ 1/1; P\ 1-2/1; M\ 3/3) = 28$  a 30 dientes (Bustinza, 2001).

Los incisivos inferiores cortantes con el movimiento mandibular hacen el corte del forraje al presionar con el rodete dentario superior. En la masticación los movimientos de las mandíbulas facilitan el movimiento de los premolares y molares en el proceso de la trituración de los alimentos fibrosos en la alpaca (Quispe et al., 2016).

La cavidad bucal tiene glándulas salivales asociada a las parótidas, submaxilares y sublinguales, en las parótidas están las serosas, en las maxilares están las serosas y las mixtas y las sublinguales son las más pequeñas. Las glándulas bucales (dorsal y ventral), palatinas, labiales y linguales debajo del paladar y la lengua cumplen las funciones importantes de lubricar el alimento seco, facilitando al bicarbonato y fosfato para amortiguar la acidez en la fermentación (Butendieck & Vargas, 1998).

## **B. Los compartimientos, intestino y glándulas**

El estómago de la alpaca tiene tres compartimientos: C1, C2 y C3. Los recién nacidos tienen el C3 más desarrollado y el C1 es poco desarrollada. A las ocho semanas de edad en alpacas crías el C1 tiene la forma de un adulto, donde ya existe la microbiota, por ello se incrementa la producción de AGV y baja el pH en el C1 y C2. El C1 está ubicado al lado izquierdo del abdomen y ocupa casi un 83%, el C2 es el más pequeño

que ocupa el 6% y tiene la forma arriñonada; el C3 tiene la forma tubular similar a una J que ocupa el 11% y este revestido por el epitelio glandular (Baroni & Suarez, 2017).

Las contracciones son mayores en los compartimentos (C1, C2 y C3) y menor velocidad del tránsito del alimento por el tracto digestivo en la alpaca. El C1 presenta en su curvatura mayor las bolsitas glandulares recubierta por mucosa glandular y se conectan con el C2 que facilita el paso de los minerales y mantiene el pH de 6 a 7. El C3 presenta las glándulas gástricas con un pH de 2 a 3. En el C3 se absorbe rápido los solutos y el agua (Baroni & Suarez, 2017).

Los sacos glandulares del C1 y C3 tienen la función de absorción de nutrientes y mantener el ambiente adecuado para la microbiota mediante la secreción de mucos, glicoproteínas, urea y bicarbonato. La absorción de nutrientes en C1 y C2 es buena y en el C3 es alta la absorción (Baroni & Suarez, 2017). Las paredes del C1 genera las enzimas digestivas y tampones que ayuda a la fermentación microbiana. Los AGV generados por el microbiota son absorbidos por las paredes del C1, C2 y poco en el C3 que produce ácido clorhídrico y enzimas proteolíticas crítico en el proceso de la digestión (Engelhardt et al., 2007).

### **2.3.3. Fisiología digestiva en Camélidos Sudamericanos**

#### **2.3.3.1. Medio ambiente del compartimento**

En camélidos el compartimento 1 posee un ambiente adecuado, para el crecimiento bacteriano, el pH del fluido gástrico (estómago) es entre 6,4 y 6,8, su temperatura es de 39° a 40° C. El alimento llega al compartimento 1 se mezcla por las contracciones de las paredes del compartimento, los microorganismos entran en contacto con el alimento recién ingerido o regurgitado. La reensalivación del alimento en la rumia se combina con el agua que llega al compartimento y las secreciones le proveen humedad que es favorable para los microorganismos (Cebra et al., 2014).

### 2.3.3.2. Población microbiana

Algunos géneros de bacterias degradan glúcidos de los alimentos. Las bacterias del rumen según el sustrato que fermentan son:

**A. Bacterias celulolíticas.** Producen celulosa, es una enzima extracelular que hidroliza enlaces beta de la celulosa, que producen celobiosa. Algunas bacterias aprovechan la celobiosa en la producción de celobiosa que a su vez liberan glucosa. Estas bacterias se encuentran en altas concentraciones en el compartimento alimentados con forrajes que tiene más fibra, también degradan el almidón (Coila et al., 2023).

**B. Bacterias hemicelulolíticas.** Son bacterias que degradan a las hemicelulosas, liberando las pentosas, hexosas y ácidos uránicos transformándoles en glucosa o fructosa, también son capaces de degradar a la celulosa (Yauri, 2020).

**C. Bacterias amilolíticas.** Son bacterias digestoras de almidón que tiene amilasa que hidroliza los enlaces alfa 1-4 produciendo maltosa y por acción de maltasa se convierte en glucosa (Cerón, 2014).

**D. Bacterias proteolíticas.** Estas bacterias producen las enzimas hidrolíticas que rompen enlaces peptídicos, liberando péptidos y ácidos aminados. Las bacterias proteolíticas del compartimento incluyen *Bacteroides amylophilus*, *B. ruminicola*, algunas cepas de *Butyrivibrio fibrisolvens* y *Streptococcus sp* (Coila et al., 2023).

**E. Bacterias lipolíticas.** Poseen enzimas estererasas que hidrolizan a los triglicéridos, fosfolípidos y ésteres de ácidos grasos. Los lípidos son metabolizados por las bacterias del compartimento. *Anaerovibrio lipolytica* hidroliza triglicéridos y fosfolípidos para liberar glicerina y tres ácidos grasos. La lipasa de esta bacteria es extracelular y va unida a la membrana Galactolípidos, fosfolípidos y sulfolípidos, que se descubren en los forrajes, son hidrolizados por un *Butyrivibrio spp*. La hidrogenación de los ácidos grasos

insaturados de cadena larga por las bacterias del compartimento es responsable de la composición relativamente constante de la grasa corporal de los rumiantes y de las concentraciones elevadas de ácidos grasos infrecuentes en la grasa de su leche (Coila et al., 2023).

**F. Bacterias que utilizan azúcares solubles.** Depende de la actividad de las bacterias amilolíticas, son las que producen glucosa, xilosa y otros azúcares solubles a partir de las celulosas, almidones, hemicelulosas, transformándolas en AGV (Yauri, 2020).

**G. Bacterias que utilizan ácidos.** Actúan en los productos finales de la actividad de las bacterias mencionadas anteriormente, utilizando como sustrato de diferentes tipos de ácidos que ayuda a la eliminación del medio. Otros tipos de bacterias que son capaces de producir amoníaco a partir de los ácidos aminados por el mecanismo de desaminación, la metanogénesis que produce metano a partir de hidrogeno y bióxido de carbono y otras que sintetizan vitaminas (Haro & Suarez, 2022).

#### **2.3.4. Digestión de los glúcidos**

La masticación y la rumia consiste en triturar el forraje luego pasa a ser partículas más pequeñas para la digestión por acción de las bacterias (Cebra et al., 2014). Los glúcidos de la dieta en el rumen son hidrolizados por enzimas extracelulares de origen microbiano (enzimas microbianas). Los glúcidos fibrosos (celulosa y hemicelulosa) y los glúcidos no fibrosos (almidón y azúcares) en la unión con las bacterias microbianas sucede la acción de las enzimas bacterianas que liberan glucosa hacia los cuerpos celulares microbianos (Church, 1993).

La glucosa y otros azúcares son absorbidos por los microorganismos en el citosol que se incorporan a la vía del glucolisis. Este proceso enzimático da lugar a la formación de NADH+H (reducido), ATP y piruvato. La energía es representada en ATP que aún no está disponible para el rumiante como la principal fuente de energía para el mantenimiento y crecimiento de los microbios (Huertas et al., 2020).

La digestión fermentativa es un sistema altamente anaeróbico y reductor, todos los factores oxidados presentes pueden rápidamente reducirse y el metabolismo bacteriano se detendría. En el rumen no se encuentra oxígeno por lo tanto la digestión fermentativa donde la función del piruvato es el captador de electrones para la regeneración de NAD y el retiro total del NADH+H con la producción de ATP. El CO<sub>2</sub> se reduce para formar metano aceptando electrones para la regeneración del NAD y de FAD. Este proceso transformador del piruvato da lugar a los productos finales de la digestión fermentativa de los glúcidos, los llamados AGV (acético, propiónico y butírico) (Kamra, 2005).

Los AGV sintetizados son productos metabólicos de los microorganismos ruminales, y que son utilizados para la formación de aminoácidos y ácidos grasos que son incorporados al metabolismo bacteriano. La mayor parte es enviada al líquido ruminal donde se absorben a través del epitelio del rumen y retículo, lo demás en el omaso para luego incorporarse a la circulación general pasando por la vena porta (Relling & Mattioli, 2003).

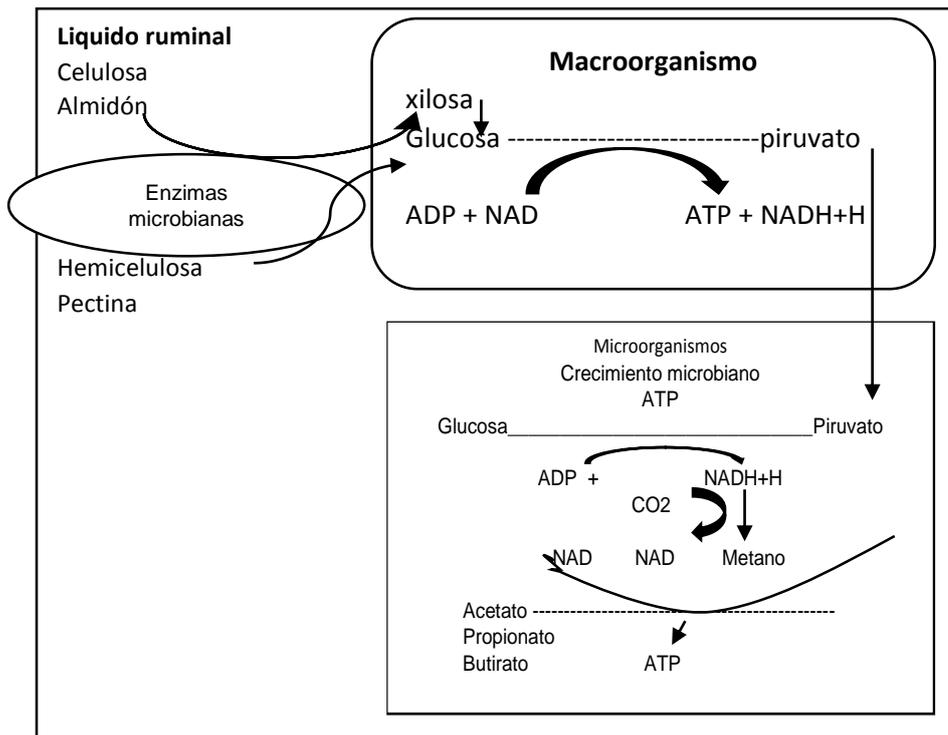


Figura 1. Digestión de glúcidos. Tomado de Relling & Mattioli (2003) y Huertas et al. (2020).

### 2.3.5. Absorción y utilización de ácidos grasos volátiles

Los AGV representan más del 70% del suministro de energía al rumiante, todo el ácido acético, propiónico y el butírico son absorbidos por el epitelio del rumen transportados por la vía porta al hígado. La absorción de AGV es importante para la distribución en las células del animal y en cantidades excesivas altera el pH ruminal (Church, 1993).

En el rumen el epitelio estratificado absorbe los AGV, ácido láctico, electrolitos y agua, el epitelio es desarrollado por la buena formación de las papilas bien vascularizadas. Los niveles de concentraciones de los AGV en el rumen, modifican el tamaño y longitud de las papilas (Stritzler & Rabotnikof, 2019).

El rumiante con una buena alimentación produce una mayor producción de AGV, por tanto, desarrollan papilas largas y robustas para una buena absorción. El rumiante con una alimentación pobre tiene papilas pequeñas y necesita periodos largos de

recuperación para la renovación del tamaño de las papilas y la capacidad de su absorción (Huertas et al., 2020).

La absorción de los AGV es por el mecanismo de difusión a favor del gradiente de concentración, su velocidad de absorción aumenta mientras que baja el pH del líquido ruminal. Una vez que atraviesa el epitelio los AGV sufre transformaciones. El acético y propionato son absorbidos casi sin alterarse, mientras que el ácido butírico se transforma en ácido  $\beta$ -hidroxibutirato que es un cuerpo cetónico. Los AGV absorbidos tienen distintos destinos metabólicos (Huertas et al., 2020).

El ácido acético se oxida en los diferentes tejidos para generar ATP, que funciona como la principal fuente de acetyl-CoA para la síntesis de lípidos (Heitmann et al., 1987). El propionato sirve como sustrato glucogénico debido a que en el intestino delgado casi no se absorbe glucosa que es importante en el rumiante, el ácido butírico que es absorbido en forma de ácido  $\beta$ -hidroxibutírico es oxidado en muchos tejidos para la producción de energía (Murray et al., 2012).

Los cambios en la dieta modifican el patrón de fermentación, cuando la dieta del animal es de forraje, la proporción molar en que se encuentran los AGV es: el acético en 65%, el propiónico en 25% y el butírico en 10%. Cuando la dieta es alta en granos o concentrado, la proporción molar se encuentra del acético en un 45%, el propiónico en 40% y el butírico en 15% (Huertas et al., 2020).

El propiónico en el hepatocito se transforma en glucosa por la vía de gluconeogénesis. Las moléculas de glucosa sintetizadas son distribuidas hacia los tejidos extrahepáticos y ellos lo utilizan como la primera fuente de energía disponible para mantener las necesidades fisiológicas del mantenimiento y reproducción. Los almidones y disacáridos que escapan a la fermentación ruminal llegan al intestino delgado donde son digeridos por las enzimas pancreáticas e intestinales (Huertas et al., 2020).

## **2.3.6. Utilización de los ácidos grasos volátiles totales**

### **2.3.6.1. Ácido acético**

El ácido acético atraviesa la pared del rumen sin transformación y llega al hígado por la sangre portal, en el hígado es pobremente metabolizado, circula en la sangre el 20% a 50%. El 80% es utilizado como fuente principal de energía en varios tejidos periféricos, este AGV cubre los requerimientos energéticos para el mantenimiento y la sobrealimentación es enviado a la lipogénesis, al tejido adiposo de la glándula mamaria en lactación (Stritzler & Rabotnikof, 2019).

### **2.3.6.2. Ácido propiónico**

El ácido propiónico es el principal metabolito glucogénico que tiene los rumiantes. Este AGV se transforma en ácido láctico en las paredes ruminales y es enviado por la vena porta al hígado donde se metaboliza por la gluconeogénesis para transformarse en un metabolito llamado glucosa. Se produce más glucosa si hay más ácido propiónico que se esté generando, es porque también su alimentación es de concentrado energético como el almidón y azúcares que contenga la dieta del animal. La glucosa se utiliza como una fuente de energía importante en la síntesis de lactosa en la glándula mamaria en la fase de lactación y también útil en los procesos de síntesis y en la síntesis de triglicéridos en el tejido adiposo (Stritzler & Rabotnikof, 2019).

### **2.3.6.3. Ácido butírico**

La fermentación de los glúcidos libera AGV, de los cuales el cuerpo cetónico ( $\beta$ -hidroxibutirato), se utiliza como fuente de energía en tejidos corporales como el cerebro, el corazón, el riñón y el músculo esquelético. El aumento de la BHB por encima de 1.2 mmol/L-1 en suero reduce la glucosa circulante en la sangre y aumenta el riesgo de cetosis. Dado que se considera que el aumento de los cuerpos cetónicos después del parto forma parte de una respuesta metabólica normal al aumento de la demanda de energía. Las vacas mayores consumen más alimento que las vacas más jóvenes en

lactación temprana, movilizan más glucosa y responden con mayores aumentos de BHB debido a las necesidades de la lactancia (López et al., 2019).

El ácido butírico atraviesa la pared ruminal rápidamente y es convertido en BHB y si hay energía disponible, éste puede ser almacenado como grasa en el tejido adiposo junto a los otros cuerpos cetónicos, como una reserva energética. Cuando el animal moviliza sus reservas corporales para abastecerse de energía en épocas de balance energético negativo, el proceso de hidrólisis de grasa produce nuevamente cuerpos cetónicos, elevando la concentración en la sangre (Bücher, 1998).

Sin embargo, las altas concentraciones de BHB están directamente relacionadas con tasas elevadas de movilización de las reservas grasas. Se ha demostrado, en vacas lecheras en lactancia temprana, los valores de BHB son mayores frente a vacas que se encuentran a mitad de su lactancia o que están secas. También se encontró valores significativamente incrementados en vacunos de carne, alimentadas con dietas deficientes en energía, durante el último tercio de su gestación, se observa valores bajos de glucosa y la síntesis de BHB estaba incrementada. El BHB es un indicador válido del estatus energético en ovejas con preñez avanzada y en lactancia temprana (Bücher, 1998).

El ácido butírico transita como  $\beta$ -hidroxibutirato, su transformación ocurre en el epitelio ruminal una vez que el ácido butírico es absorbido,  $\beta$ -hidroxibutirato entra al hígado por la vena porta. El  $\beta$ -hidroxibutirato transita en la sangre que son como la fuente de energía en los tejidos corporales que necesita el musculo y el corazón. El proceso de síntesis de grasa tiene lugar en los tejidos y se produce mayor en el tejido adiposo y en el hígado y como también lo generan en la glándula mamaria en etapa de lactación (Stritzler & Rabotnikof, 2019).

### 2.3.7. Concentración de AGV en alpacas suplementadas

En el desarrollo de un estudio sobre la concentración de AGV en el ensilado de cebada con levadura de pan (*Saccharomyces cerevisiae*) se identificaron el aumento en los valores del ácido propiónico es 0.0130 a 0.0143 g/kg MS; mientras, que en el ácido butírico de 0,0098 a 0,0093 g/kg MS, concluyéndose que la levadura añadida en diferentes tiempos mejora en la calidad de la fermentación de dicho ensilado (Inga, 2020).

La concentración de AGV en alpacas alimentadas con alfalfa y heno de pasto, los AGV en mayor cantidad se encuentra en el C1 a diferencia que en el ciego. Mientras con el tipo de suplemento varia la concentracion de AGV, con la alfalfa se produce mas la concentracion de los AGV en el C1 a diferencia del heno de pasto, se muestra en la Tabla 2. La concentración de los AGV de la alpaca es tan parecida a otras especies de ruminantes (Oldham et al., 2014). La absorción de los AGV en mayor cantidad es en el C1 y C2 en guanaco; la buena absorción de agua, sodio y AGV es en el C3 de las llamas (Oldham et al., 2014).

Tabla 2. Perfil de ácidos grasos volátiles en mmol en el compartimiento (C1) y ciego con suplemento de alfalfa y heno de pasto.

Suplemento	Alfalfa		Heno de pasto	
Concentración mmol	C1	Ciego	C1	Ciego
Ácido Butírico	10.9	34.6	60.1	0.7
AGV totales	110.6	40.7	79.1	27.6

Fuente: Oldham et al. (2014).

Concentración de AGV en alpacas con harina de soya y heno de pastos, la proteína mejora las funciones y el rendimiento microbianas en el C1. La actividad microbiana eficiente equivale a un aumento en la producción de AGV para el uso de energía por parte del animal. En alpaca la concentración de AGV, en el C1 con harina de soya es mayor a diferencia con el heno de pasto, se observa en la Tabla 3 (Robinson, 2016).

Tabla 3. La concentración de AGV en el C1 de la alpaca alimentadas con heno de pasto y harina de soya.

Concentración	Heno de pasto	Harina de soya
AGV (mmol/L)	63.1	67.7
Ácido Butírico (mmol/L)	5.44	6.11

Fuente: Robinson (2016).

### 2.3.8. Concentración de AGV en vacas

Los parámetros de fermentación ruminal en vacas mestizas Montbéliarde-Holstein en preparto 3 semanas antes del parto la concentración de AGV es 58.05 mmol/L en líquido ruminal, con suplementación de concentrados de rastrojo de maíz, sufren una serie de cambios fisiológicos y metabólicos debido a las exigencias de la gestación, por tanto, el equilibrio energético y el mecanismo de regulación nutricional puede satisfacer las necesidades energéticas en el período preparto (Yang et al., 2022). En vacas Holstein Friesian en ocho semanas antes del parto la concentración de AGV en líquido ruminal, con y sin suplemento es 120 mM, 77 mM los AGV aumentaran desde el período seco hasta la lactancia temprana (Dieho et al., 2016)

Es imposible satisfacer las demandas de nutrientes debido al poco alimento disponible, lo que sucede es la movilización de las reservas de grasa y del tejido muscular que compensan las deficiencias en los nutrientes de la dieta, las dietas altas en energía deben administrarse antes del parto para el buen desarrollo del feto (Yang et al., 2022). La suplementación en el ganado causa una serie de cambios metabólicos que pudieran relacionarse con las funciones reproductivas que dan lugar a mayores tasas de preñez (Espinoza-Villavicencio et al., 2010).

En el rumen, los microorganismos fermentan carbohidratos y se produce los AGV como ácido acético, ácido propiónico, ácido butírico. La concentración de AGV está estrechamente relacionada con el consumo de alimento y la composición de la dieta del animal (Yang et al., 2022).

### **2.3.9. Concentración de $\beta$ -hidroxibutirato en vacuno, ovino y caprino**

El ácido butírico se convierte en cuerpo cetónico ( $\beta$ -hidroxibutirato), esta reacción se da en el epitelio ruminal, entonces este cuerpo cetónico entra al hígado por la vena porta y transitan en la sangre como fuente de energía en los tejidos corporales que necesita el musculo y el corazón, transformado en acetil CoA (Oldham et al., 2014).

En vacunos Romosinuano de aptitud cárnica en preparto la concentración sérica de BHB sin suplemento es 0.55 mmol/L y grupo con suplemento energético proteico es 0.70 mmol/L, muestra incremento. El desequilibrio de la concentración de BHB en el preparto al parto es un balance energético negativo, una condición que representa cambios importantes en la concentración de BHB (Mestra et al., 2021).

En ovinos Corriedale en los últimos meses de gestación con suplemento donde la concentración sérica de BHB con suplemento ( $0.47 \pm 0.21$  mg/dL) y con pasto natural ( $0.91 \pm 0.41$  mg/dL) (Cal-Pereyra et al., 2011) y en ovinos Santa Inés en el último tercio de gestación la concentración sérica ( $0.41 \pm 0.13$  mmol/L) (Santos et al., 2012).

La concentración del BHB en ovinos de pelo en Córdoba, Colombia, realizan baja movilización de reservas corporales y por lo cual una baja concentración de BHB, puede deberse a que son de aptitud cárnica. Un aumento de BHB está relacionado con un balance energético negativo que estimula la beta oxidación de la grasa, sobrellevando a elevar los niveles de BHB en sangre (Bustamante et al., 2016). El suplemento concentrado en la dieta, las concentraciones de BHB son un buen indicador de la nutrición en ovinos (BHB =  $0,69 \pm 0,25$  mmol/L), presentaron valores de nutrición normal (Cal-Pereyra et al., 2011).

Los caprinos de raza Saanen y mestiza Saanen en preparto con suplemento en forraje (alfalfa fresca, heno y silo de maíz), su concentración sérica de BHB es de  $0.53 \pm 0.2$  mmol/L. Los cambios en los metabolitos sanguíneos de valores altos de los cuerpos

cetónicos (BHB) se asocian con déficit en el aporte energético en la alimentación (Ríos et al., 2006).

El incremento de la concentración de BHB causa toxemia en gestación es el trastorno metabólico que se presenta en ovejas, cabras, ciervas y raramente en vacas durante el último tercio de la preñez, a la incapacidad del animal para mantener la homeostasis ante un balance energético negativo se presenta en ovejas preñadas en inviernos seco con altas carencias nutricionales (Cal-Pereyra et al, 2012a & 2015b).

El aumento de las demandas nutricionales en el periodo final de la gestación asociados con el desarrollo del feto y la placenta; la reducción de la capacidad del rumen y el crecimiento fetal, desde el punto de vista metabólico, el incremento de la concentración de BHB por subnutrición al final de la gestación (Silva et al., 1997). En animales al pastoreo es importante el suplemento de su dieta en los meses de época seca, la suplementación en preparto en oveja es capaz de incrementar los niveles de BHB. El ensilado como suplemento en ovejas al final de la gestación es una buena alternativa (Alonso, 2013). Restricción de alimento en ovinos en gestación provoca aumento de BHB sérico (Russi & Villamarín, 2017).

#### **2.4. La alimentación en alpaca gestante**

El periodo de gestación en la alpaca es de once meses y medio, en los dos primeros tercios no es exigente en su requerimiento nutricional. En el último tercio de gestación es exigente el requerimiento nutricional para el crecimiento del feto, el desarrollo del feto, placenta y fluidos dentro del útero que ocupan un mayor espacio abdominal que reducen la capacidad de consumo del alimento de la madre, debido a la reducida capacidad abdominal, de ahí viene la necesidad de aumentar la calidad del alimento en el estado de gestación avanzada (Cooper & Blake, 2013).

Una alimentación buena en el último tercio de gestación, las crías nacen sanas, con un buen crecimiento en su edad. El problema que presenta al nacer las crías más grandes en alpacas madres pequeñas hay problemas en el momento del parto y necesitaran asistencia y en ciertos casos el parto se adelanta cuando la cría está completamente lista antes del tiempo previsto (Quichua, 2020).

## **2.5. Periodos críticos en el último tercio de gestación en la alpaca**

En ambientes originario de los andes hay pastizales de baja calidad en épocas específicas del año, los periodos críticos son en el último tercio de gestación, es muy crítico en la época seca, donde hay disminución de los alimentos por los factores climáticos y del medio ambiente. Los pastizales no llegan a ofrecer la cantidad adecuada de proteína en la dieta y el animal debe hacer catabolismo de sus reservas para sustituir sus requerimientos que necesitan, esto afecta el crecimiento fetal, en este periodo donde el feto termina su desarrollo y el crecimiento lo va afectar al peso al nacer (Guevara y Quiñones, 2018).

## **2.6. Peso vivo de la alpaca**

### **2.6.1. El peso vivo aumenta con la suplementación**

El peso vivo de la alpaca cambia al adicionar ensilado de avena en su dieta, se observa el efecto positivo sobre la ganancia del peso vivo y posiblemente sobre la mortalidad en alpacas. La suplementación en meses de sequía es una buena opción para mantener el estado nutricional de la alpaca. En la Tabla 4, se observa la diferencia de la ganancia de peso vivo de las alpacas con solo pastoreo y pastoreo + el suplemento de ensilado de avena (Paucar et al., 2016).

Tabla 4. Ganancia de peso vivo (kg) de las alpacas con solo pastoreo y pastoreo + la suplementación.

Tratamiento	Media de la ganancia de peso	Desviación estándar de la ganancia de peso
Solo pastoreo	-0.02	0.02
Pastoreo y suplementación	2.05	0.13

Fuente: Paucar et al. (2016).

El efecto positivo de la suplementación sobre la ganancia del peso vivo se observa en la Tabla 5. La suplementación con heno de avena y alfalfa, afrecho de cebada, torta de soya, mezcla vitamínica-mineral, sal común y melaza con proteína de 12% en la dieta de las alpacas, aplicados en animales de crianza tradicional en puna seca de los andes peruanos (Rojas et al., 2021).

Tabla 5. Efecto de la suplementación sobre la ganancia de peso al inicio y al final del experimento.

Variable	Suplementado	Sin suplemento	p-valor
	Media ± DE	Media ± DE	
Peso inicial (pre parto) kg	37.8±1.0	37.9±1.1	0.9248
Peso final (pos parto) kg	44.6±0.8	39.2±1.0	0.0017

DE=Desviación estándar. Fuente: Rojas et al. (2021).

## 2.7. Peso vivo al nacimiento de la cría

Las crías de las alpacas llegan a nacer con un peso vivo de 4 a 10 kg, el peso al nacimiento es influenciado por los factores genéticos, edad, tamaño de la madre, nivel de madurez de la cría y el curso nutricional de la madre, las crías con mayor peso son de 9 kg que nacen de las madres de 8 a 9 años y las crías que pesan de 7 a 8 kg son de las madres de 3 a 7 años (Bravo, 2014). La deficiencia de proteína en la dieta de las alpacas gestantes tiene como consecuencia el retardo del crecimiento fetal y depresión de la producción láctea (Condori, 2017).

La mortalidad en la gran mayoría de las crías ocurre, en los primeros días después del nacimiento y están asociadas al bajo peso de nacimiento. Los nacidos recientes deben ser fornido para que así rápidamente busquen la ubre, ubiquen el pezón y tomar su calostro (Nowak & Poindron, 2006). El peso al nacer en promedio en crías hembras es de 6.7 kg; en crías machos el peso en promedio al nacer es de 6.9 kg (Quichua, 2020).

La tasa de sobrevivencia está relacionada con el peso de nacimiento de las crías. Las crías con peso de 9 a 11 kg, tienen una probabilidad de sobrevivencia de 90%; las crías con peso de 4 a 5 kg, poseen una tasa de sobrevivencia de 20 a 40% (Cordero et al.,

2011). Las crías que nacen con mayor peso son, por una excesiva alimentación en la madre y que nacen con dificultad y muestran menor vitalidad. Las crías con bajo pesos tienen una menor madurez inmunitaria y dificultan al lactar, consumiendo menor cantidad de calostro adecuado y requerida (Quichua, 2020). Los pesos en promedio al nacer en diciembre es 7.54 kg; enero 7.85 kg; febrero 7.80 kg; marzo 7.31 kg y abril 7.75 kg, en inicio y finales de época de lluvia es algo más bajo a diferencia con el punto medio de la época de lluvia (Marrón, 2003).

### **2.7.2. Peso al nacimiento en neonatos con suplementación en alpacas**

La suplementación energética en alpacas, tiene efecto sobre el peso al nacimiento en neonatos en comparación con el grupo sin suplemento. El peso al nacimiento de las crías es de  $5.15 \pm 0.5$  kg y  $3.26 \pm 0.1$  kg, para alpacas con suplemento y sin suplemento respectivamente, que fueron seleccionadas al azar (Rojas et al., 2021).

La suplementación en alpacas con heno de avena, en el peso al nacimiento de los neonatos de  $6.95 \pm 0.81$  kg a diferencia con el grupo que solo se alimentó de pastizales naturales (PN) con peso de  $6.74 \pm 0.81$  kg (Quichua, 2020).

### **2.7.3. Peso al nacimiento en relación con la sobrevivencia de la cría alpaca**

El peso al nacimiento de las crías está asociado con la probabilidad de sobrevivencia de las crías que nacen con pesos de 6.76 a 8.12 kg tienen alta probabilidad de sobrevivencia, mientras que las crías que nacieron con pesos de 4.0 a 5.37 kg tienen baja probabilidad de sobrevivencia (Rodríguez, 2019).

## **2.8. Condición corporal de la alpaca**

Para la calificación de la condición corporal se palpa la masa muscular y el hueso de lado, también se palpa la cantidad de grasa que cubre las costillas, lomo y parte de la cola a la palpación de esas zonas se logra la calificación justa (Vaughan, 2007).

Tabla 6. Evaluación de la condición corporal.

Calificación	Cualitativo	Características a la palpación
1 (muy flaca)	Muy malo	En estado caquéctico, la pérdida muscular, percepción de los huesos, la fibra desordenada, apófisis transversas visiblemente palpables, fosas isquiáticas pronunciadas.
2 (flaca)	Malo	La fibra desconcertada, el hueso fácilmente palpable, fosas isquiáticas regularmente profundas, no se palpa grasa.
3 (regular)	Regular	La apófisis lumbar espinosa redondeada, fosas isquiáticas muy planas.
4 (gorda)	Bueno	La apófisis lumbar palpable en presión, las superficies dorsales cubiertas por grasa, la cobertura de fibra es más igual.
5 (muy gorda)	muy bueno	En la palpación todas las formas corporales están redondeadas.

Fuente: Leyva (2007).

### 2.8.1. Cambio de la condición corporal en alpacas con suplementación

La suplementación energética tiene efecto en el incremento de la condición corporal en alpacas en sus últimos días de gestación (Llacsá, 2012). El suplemento con concentrado de heno de avena y alfalfa + afrecho de cebada + torta de soya + mezcla vitamínico-mineral + sal común + melaza, en la dieta de las alpacas muestra el cambio en la condición corporal los resultados se observan en la Tabla 7 (Rojas, 2021).

Tabla 7. Efecto de la suplementación sobre el cambio de la condición corporal.

Variable	Con suplementación	Sin suplementación
	Media $\pm$ DE	Media $\pm$ DE
Condición corporal inicial	2.40 $\pm$ 0.1	2.38 $\pm$ 0.1
Condición corporal final	3.97 $\pm$ 0.1	2.77 $\pm$ 0.3

DE=Desviación estándar. Fuente: Rojas et al. (2021).

### 2.8.2. Relación directa de leptina con la condición corporal en alpaca

La leptina es una proteína que circula en la sangre e indica las reservas de la grasa corporal. Si la alpaca está con una condición corporal de 2, 3 y 4, la leptina en suero sanguíneo se encuentre en 0.50 mg, 0.56 mg, y 0,6 mg, respectivamente. Pero si la leptina aumenta también la condición corporal cambia (aumenta), entonces la leptina en machos está en 10%, más bajo que las hembras (Enciso, 2006).

Noboa, (2016) realizó un estudio en Latacunga-Ecuador, donde los niveles séricos de leptina tienen la relación directa con la condición corporal. La condición corporal 3 y 4, presentan mayor musculatura y mejor acumulación de grasa en el lomo, que permite mantener a los animales en mejor estado nutricional.

### **2.8.3. Condición corporal en el pre parto de la alpaca**

Las alpacas preñadas el 9.1% ganan  $0.33 \pm 0.04$  de CC (condición corporal), el 51.8% mantienen su CC y el 39.1% de las alpacas pierden  $0.36 \pm 0.02$  de su CC entre el preparto y el parto. Durante las últimas 4 semanas del pre parto no tienen muchas posibilidades de acumular reservas de energía, la preñez implica el costo energético. Los requerimientos nutricionales son en mayor cantidad de nutrientes, además que son dirigidos para cubrir el desarrollo fetal, el crecimiento de las membranas fetales y glándulas mamarias en alpacas de Chuquibambilla, Puno (Deza, 2019).

## **CAPÍTULO III**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Lugar de estudio**

El trabajo se ejecutó en el Centro de investigación Chuquibambilla de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, de la Universidad Nacional del Altiplano, que está ubicado en el distrito de Umachiri, provincia de Melgar y región de Puno, a una altitud de 3941 msnm, a una latitud Sur de 14°, 46´, 06" y 70°, 54´, 03" de longitud Oeste del meridiano de Greenwich (SENAMHI, 2023). La composición química nutricional se realizó en el laboratorio de Nutrición de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, de la Universidad Nacional del Altiplano Puno. El análisis del suero sanguíneo se realizó en el laboratorio de Biotecnología de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco de la Escuela Profesional de Medicina Veterinaria (distrito de Marangani). Geográficamente ubicado a una altitud promedio de 3 700 msnm, a una latitud: Sur 14°, 21´ y 25", longitud Oeste 71°, 10´ y 8" (SENAMHI, 2023).

#### **3.2. Animales**

Para el estudio se seleccionaron un total de 64 alpacas preñadas de la raza Suri con condición corporal baja de calificación 1 (muy flacas) y 2 (flaca), con un peso vivo baja como promedio de 60.79 kg. Se consideró el tiempo de gestación que en los últimos meses de acuerdo al registro de empadre y también se confirmó la preñez por ecografía. De los cuales 32 alpacas fueron suplementadas con ensilado de avena y 32 alpacas sin suplemento, ambos grupos fueron pastoreados en pastizales naturales.

#### **3.3. Materiales y metodología**

##### **3.3.2. Materiales biológicos**

- A. Extracción de sangre
  - Jeringas de 5 mL
  - Agujas hipodérmicas N°21
  - Tubos vacutainer

- Caja de tecnopor para las muestras
- Algodón

#### B. Pesado del animal

- Balanza de ganado capacidad de 1.500 kg (Themis)
- Batería de carro (como fuente de energía eléctrica)

#### C. Determinación de AGV y BHB

- Micropipeta
- Punta de pipetas
- Probeta
- Vaso precipitado
- Gradilla de plástico
- Matraz Erlenmeyer
- Tubos de ensayo

#### D. Determinación de la composición química de pastizales y ensilado

- Crisol
- Pinza
- Vaso Berzelius (600 mL)
- Embudo
- Papel filtro
- Matraces x 100 mL
- Erlenmeyer de 250 mL
- Frasco lavador x 500 mL

### **3.3.3. Equipos del laboratorio**

#### A. Diagnóstico de preñez

- Ecógrafo (ALOKA)
- Gel

#### B. Concentración de AGVT y BHB

- Refrigeradora
- Vortex
- Centrifuga
- Lector de microplacas de AGV y B-BHB (EMPSUN)

#### C. Composición química de pastizales y ensilado

- Horno (mufla)
- Balanza analítica
- Campana de desecación
- Extractor tipo Soxhlet completo
- Estufa de secado (MMM Groum)
- Hornilla eléctrica
- Desecadora papel filtro
- Aparato digestor de fibra
- Bomba de vacío
- Equipo de kjeldahl de digestión y destilación
- Balón para kjeldahl x 100 mL

#### **3.3.4. Reactivos**

##### A. Concentración de AGV y B-BHB

- Kits de análisis de ácidos grasos volátiles totales
- Kits de análisis beta-hidroxibutirato

##### B. Composición química de pastizales y ensilado

- Éter de petróleo o Hexano Z
- Solución detergente neutra (SDN)
- Ácido sulfúrico concentrado
- Sulfato de Sodio
- Sulfato de Potasio
- Sulfato de Cobre

- Selenito de Sodio
- Hidróxido de Sodio
- Ácido Bórico
- Rojo de Metilo
- Azul de Metileno
- Alcohol Absoluto

### **3.4. Metodología del estudio**

#### **3.4.1. Evaluación de la composición química de los pastizales y ensilado de avena**

##### **3.4.1.1. Muestreo del ensilado de avena**

El ensilado de avena utilizado en la suplementación tuvo como mínimo un mes de fermentación en el silo, para asegurar la fermentación del forraje conservado. Para el muestreo ensilado de avena de los silos abiertos, primero se desechó 50 cm de ensilado, que se encontraban en contacto con el aire. Se tomó las muestras a tres alturas diferentes en el silo, para evitar algún error posterior en el análisis, por lo que se evitó retirar porciones cercanas a la zona de los bordes y el piso del silo.

Se tomó una muestra de ensilado en bolsa de plástica hermética ziploc, con la finalidad de evitar el ingreso de oxígeno y deterioro del ensilado, posteriormente se trasladó en una caja de tecnopor al laboratorio del centro experimental de Chuquibambilla. Seguidamente se homogenizó la muestra y se subdividió en 4 fracciones, de las cuales se tomó 2 muestras representativas de 500 g para ser envasada en bolsa de papel crap, que fueron identificadas. Posteriormente se secó en una estufa a 60 °C/48 horas, después del secado se volvió a pesar las muestras y en una caja de tecnopor se trasladó al laboratorio de Nutrición de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, de la Universidad Nacional del Altiplano Puno, para su análisis químico nutricional.

### **3.4.1.2. Muestreo de los pastizales**

Se tomó 20 muestras del área de pastizales naturales donde fueron pastoreados las alpacas, por el método de “aforo en cruz o en forma de X” con un cuadrante de 50 x 50 cm, se caminó en forma de X en toda el área de pastoreo. Cada 90 pasos se lanzó el cuadrante para cortar pastizales con tijera podadora en una bolsa plástica hermética rotulada y trasladada en una caja de tecnopor al Laboratorio del Centro Experimental Chuquibambilla UNA-Puno. Posteriormente la muestra fue homogenizada en una superficie limpia y divididos en 4 fracciones, de las cuales se eligieron 2 porciones de 500 g e identificadas que fueron introducidas en una bolsa de papel crap y fueron secados en una estufa a 60 °C por 48 horas. Después del secado se pesó y posteriormente fueron trasladado al Laboratorio de Nutrición de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, de la Universidad Nacional del Altiplano Puno, para el análisis químico nutricional.

### **3.4.1.3. Determinación de la composición química de pastizales y ensilado de avena**

#### **a. Determinación de cenizas**

Se seleccionó dos crisoles para pesarlos en la balanza analítica como peso inicial, luego se pesó dos gramos de muestras de ensilado avena y pastizales naturales en los crisoles identificados. Posteriormente se colocó las muestras en la mufla a temperatura de 600 °C por 4 horas. Luego se colocó en una campana de desecación hasta que se enfrié las muestras y finalmente se pesa la ceniza obtenida en los crisoles.

#### **b. Determinación de grasa bruta con soxhlet**

Se tomó dos papeles filtros de tamaño de 4x4 cm, para luego pesar en la balanza analítica y secar el papel filtro en la estufa a 60 °C por 12 horas. Después del secado del papel filtro se pesó 2 gramos de muestra seca de ensilado de avena y pastizales, inmediatamente se colocó el paquete formado con la muestra, en la cámara de extracción grasa Soxhlet, en la parte inferior se ajustó un matraz con hornilla eléctrica

para ebullición. Se añadió éter por el extremo superior del refrigerante para tener 3 descargas del extractor (alrededor de 80 mL). Se hizo circular el agua por el refrigerante para calentar hasta que se obtenga una frecuencia de unas 4 gotas por segundo. La extracción duró de 4 a 6 horas, luego se suspende el calentamiento, para quitar el extractor del matraz y se dejó caer una gota de éter del extractor a un papel. Se retiró la unidad del extractor de la fuente de calor con cuidado y el condensador. También se retiró las muestras de la cámara de extractor y se colocó en un secador rotatorio para evaporar el solvente residual, posteriormente se colocó en la estufa a 60 °C para dejarlo secar hasta peso constante (12 horas). Finalmente se sacó las muestras de la estufa para dejarlo enfriar en un desecador a temperatura de laboratorio, para luego pesarlo el residuo.

### **c. Determinación de fibra detergente neutro (FDN)**

Se pesó dos gramos de muestra molida de pastizales y ensilado de avena en papel filtro y se colocó en dos vasos de Berzelius de 600 mL, se agregaron a los vasos 100 mL. de solución de detergente neutro por cada vaso. Se hizo hervir las muestras durante 60 minutos, terminando el período de ebullición se filtró el residuo con la ayuda de una bomba de vacío. Se lavó 3 veces cada residuo usando porciones de agua caliente de 200 mL, culminado el lavado con agua destilada. Luego se lavó 2 veces con 5 mL de acetona cada una de las muestras y se recuperó el residuo insoluble en el crisol, usando una pinza para luego colocarlo en los crisoles y llevarlo a la estufa durante 72 horas. Posteriormente, se retiró con una pinza a la campana desecador donde se enfrió por 40 minutos. Finalmente se pesó el crisol y el residuo insoluble seco en una balanza analítica y se incineró en el horno mufla el residuo a 600 °C por 3 horas y al final se pesó el crisol y la ceniza.

#### **d. Determinación de proteínas por el método Kjeldahl**

##### **Digestión**

Se pesó 0.2 gramos de muestra seca y molida de pastizales y ensilado de avena en papel filtro, se colocó la muestra junto con el papel dentro del balón Kjeldahl, y se agregó 3.5 mL de la solución de sulfato de amonio (Solución Digestora). Se hizo hervir la muestra durante 3 horas como máximo y se giró el balón Kjeldahl en ocasiones. La solución recuperada en el balón pasa de un color oscuro hasta quedar clara o ligeramente verdosa y se dejó emitir vapores. De manera paralela también se corrió una muestra en blanco con la finalidad de corregir los resultados por si se hubiera una posible contaminación de nitrógeno en los materiales. El nitrógeno del blanco se descontó al nitrógeno de la muestra analizada.

##### **Destilación**

La solución recuperada aún tibio, en el balón Kjeldahl con contenido de solución de sulfato de amonio, se agregó lentamente pequeñas cantidades de agua destilada tratando de lavar las paredes del balón, y se dejó enfriar a temperatura ambiente para que no se formen cristales en el balón. Estas reducen la recuperación de nitrógeno, así como provocar bolsones de ácido que reaccionan violentamente al agregarse el NaOH.

En el extremo opuesto del sistema de condensación se colocó un erlenmeyer con 15 mL de la solución de ácido bórico al 2% y 5 gotas del indicador Tashiro de manera que el extremo del tubo recolector quede inmerso en la solución y luego se transfirió con cuidado la solución de sulfato de amonio al destilador Kjeldahl. Se enjuagó la solución con agua destilada por lo menos tres veces para garantizar la total transferencia de la solución de sulfato de amonio. Posteriormente se añadió en el destilador 7 mL de NaOH al 40% y se controla que la solución se caliente bruscamente, al hacer circular agua fría por el refrigerante del destilador. Luego se destiló el amoníaco hasta obtener 50 mL de destilado. Finalmente se observó el cambio de color del receptor ácido bórico que indica el inicio de la destilación.

## Titulación

Se cargó en una bureta de 50 mL de la solución tituladora (ácido sulfúrico al 0.025 N) y se anotó la marca inicial de la solución, la titulación del destilado se realizó con cuidado hasta lograr el viraje de color (de verde a un azul gris casi transparente) y se registró el volumen utilizado de ácido sulfúrico. Finalmente se procedió también a titular la muestra en blanco para hacer el ajuste correspondiente.

### 3.4.1.4. Cálculos para la composición química de pastizales y ensilado

#### a. Ceniza (Cz)

$$\% Cz = \frac{\text{g Cz}}{\text{g Muestra}} \times 100$$

$$\% MS (MO) = 100 - MI \%$$

#### b. Estrato etéreo (EE) con soxhlet Van Soest

$$\% \text{ g EE} = \frac{\text{grasa perdida}}{\text{muestra analizada}} \times 100$$

#### c. Fibra Detergente Neutro (FDN)

$$\text{FDN } \% = \frac{\text{Fibra perdida g}}{\text{Muestra analizada}} \times 100$$

$$\text{Humedad: } \frac{\text{Fibra perdida g}}{\text{Muestra analizada}} \times 100$$

$$\text{FDN}\%, \text{ contenido celular}\% = 100\% - \% \text{ paredes celulares}$$

#### d. Determinación de proteínas (PT) por el método Kjeldahl

$$\% \text{ Nitrogeno} = \frac{V * N * 0.014 * 100}{m(\text{g})}$$

V = volumen de ácido empleado en la titulación en ml,

N = Normalidad de ácido sulfúrico, m = masa de la muestra en gramos

#### e. Determinación de glúcidos no fibrosos

$$GNF = 100 - (\%PT + \%Cz + \%FDN + \%EE)$$

#### **3.4.1.5. Suplementación con ensilado de avena**

El periodo de acostumbramiento para el consumo del suplemento fue de 30 días, de octubre a noviembre, por tanto, en el mes de noviembre no se tomó muestra de sangre para evitar el estrés del animal. La alimentación de alpacas fue con ensilado de avena en una cantidad de 0.760 g por alpaca, desde 7 de octubre hasta 2 de febrero fecha en que todas las alpacas tuvieron sus crías, donde el consumo total de 24.33 kg/día. La suplementación se ofreció en forma diaria de 7 a 9 am de la mañana. La cantidad suministrada fue 40% del requerimiento de materia seca/alpaca/día.

El consumo de materia seca de la suplementación se determinó mediante los cálculos de suministro (peso vivo promedio \* materia seca 40% / 100) de la suplementación de las 7 a 9 horas, después de la suplementación se pesó el forraje residual sobrante al término de 2 horas. En el último mes del experimento el consumo de ensilado de avena disminuyó debido a los rebrotes de nuevos pastizales. Posteriormente de la suplementación las alpacas fueron pastoreados en pastizales naturales ambos grupos experimentales, por un periodo de tiempo de 7 horas/día, desde las 9 a 16 horas.

#### **3.4.2. Evaluación la concentración de ácidos grasos volátiles totales**

##### **3.4.2.1. Diagnóstico de gestación**

Para evaluar la concentración de AGV, primero se confirmó el diagnóstico de preñez mediante la ultrasonografía, se realizó la ecografía transrectal para ello se usó el transductor lineal por vía rectal, se programó en el ecógrafo de acuerdo a la especie 5.0 MHZ. Para realizar el diagnóstico de preñez se tuvo que sujetar a la alpaca de pie, se procedió a la introducción de los dedos protegidos por un guante de látex, se introdujo suavemente por la zona rectal para la evacuación de las heces. Luego se aplicó gel lubricante en el recto con una jeringa de 10 ml e inmediatamente se procedió con introducir el transductor suavemente hacia el recto del animal, para confirmar la gestación se observó el líquido amniótico y la presencia del feto que nos indicó su selección para el experimento.

#### **3.4.2.2. Extracción de sangre**

El muestreo de sangre se realizó en ayunas, horas antes del inicio de la suplementación con ensilado de avena, se tomó 5mL de muestras de sangre de las alpacas preñadas, para ello se tuvo que sujetar a la alpaca de pie y se precedió con la antisepsia local (limpieza) con alcohol y algodón; en la zona ventral e inferior del cuello en la vena yugular, posteriormente se realizó una punción venosa con una aguja 21G y junto a los tubos vacutainer sin anticoagulante (tapa roja), para la obtención de la muestra de sangre. Las muestras de sangre fueron llevadas en cajas de tecnopor al laboratorio del centro experimental de Chuquibambilla., para su respectiva congelación. Finalmente, las muestras de suero sanguíneo fueron trasladadas en caja de tecnopor con gel hielo hasta el Laboratorio de Biotecnología en Maranganí de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, de la Escuela Profesional de Medicina Veterinaria filial Sicuani, donde se analizó: los ácidos grasos volátiles totales y  $\beta$ -hidroxibutirato.

La extracción de muestra de sangre se realizó cada 7 en los meses: octubre, noviembre, diciembre y enero (hasta la fecha de parición), sin embargo, las muestras correspondientes al mes de noviembre se extraviaron, por tanto, no figuran en la Tabla 9 y 10 para AGV y BHB, respectivamente. Se consideró 7 animales para cada grupo con y sin suplementación, donde algunas muestras se alteraron en el traslado hasta el laboratorio como se observa en la Tabla 9 y 10 para la evaluación de AGV y BHB, respectivamente.

#### **3.4.2.3. Determinación de los ácidos grasos volátiles (AGV)**

Se preparó los reactivos, las soluciones estándares y las muestras de suero en el laboratorio realizó un ensayo previo a temperatura ambiente (18 °C). Se inició con el agregado de la solución estándar de 50  $\mu$ L a los pocillos, luego se agregó las muestras de suero de 40  $\mu$ L a cada pocillo y luego se agregó 10  $\mu$ L de anticuerpo anti-NEFA a cada pocillo. En seguida se agregó 50  $\mu$ L de estreptavidina-HRP a los pocillos de muestra de suero con solución estándar, no se agregó a los pocillos de muestras de

control en blanco, posteriormente se mezcló y se cubrió la placa con el sellador finalmente se incubo a una temperatura de 37 °C por 60 minutos.

Pasado el tiempo de incubación se retiró el sellador y después se agregó 0.35 mL a los pocillos para el lavado por 5 repeticiones, cada uno con su respectivo secado sobre un papel toalla absorbente. Posteriormente se agregó 50 µL de solución de sustrato A, a los pocillos y en seguida se agregó 50 µL de solución de sustrato B, a cada pocillo, luego se cubrió con el sellador y la placa, para luego ser incubado a 37 °C por 10 minutos en una caja oscura. Pasado los 10 minutos de la incubación se agregó 50 µL de solución de parada a los pocillos, para observar inmediatamente el cambio de color de azul a amarillo. Finalmente se determinó la densidad óptica (valor OD) de cada pocillo mediante la lectura del lector de microplacas ajustado a 450 nm, después de los 10 minutos de haber agregado la solución de parada.

### **3.4.3. Determinación de la concentración de β-hidroxibutirato**

Se preparó todos los materiales y reactivos a una temperatura ambiente del laboratorio. Para evaluar la concentración sérica β-hidroxibutirato, se utilizó 90 pocillos con dilución estándar de 50 µL, donde se le agrego 50 µL de muestra suero sanguíneo y para contrastar se tuvo 6 pocillos de control contenidos de 50 µL de dilución estándar y se le agrego la solución tampón de ensayo, posteriormente se mezcló la reacción con movimientos lentos. Seguidamente se preparó 50 µL de tampón de ensayo BHB, la mezcla de enzimas BHB y la mezcla de sustrato BHB inmediatamente se mezcló la reacción mix para la consistencia.

Luego se agregó 50 µL de la mezcla de reacción mix a cada pocillo de la muestra de suero y también a los pocillos de control, para luego centrifugar todos los pocillos y en seguida se incubo a temperatura ambiente durante 30 minutos protegidos de luz solar en una caja de tecnopor. Finalmente, se hizo la lectura en el lector de microplacas en ensayo de colorimétrico de medición OD 450 nm, para obtener los resultados finales de la evaluación del suero sanguíneo.

### **3.4.4. Determinación el peso vivo de la cría al nacimiento y de la madre**

#### **3.4.4.1. Registro de peso vivo de alpacas**

Se registró el peso vivo de las alpacas preñadas en ayunas, por las mañanas antes de la suplementación y el pastoreo. Se pesó en una balanza de plataforma electrónica de ganado con capacidad de 1500 kg y se registró el peso vivo de ambos grupos experimentales desde el inicio del experimento y luego cada 30 días, hasta finalizar el trabajo de investigación, se registró la ganancia de peso vivo final menos el peso vivo inicial (PVF-PVI).

#### **3.4.4.2. Registro de peso de la cría al nacimiento**

Se pesaron las crías al nacimiento con una balanza industrial con plataforma de capacidad de 100 kg. Este peso se registró después del nacimiento y procedió otras actividades propias de la campaña de parición.

#### **3.4.5. Evaluación del cambio de la condición corporal**

La evaluación de la condición corporal se inició en el mes de octubre hasta febrero, en alpacas preñadas en el parto, se utilizó el método práctico de calificación de escala de 1 a 5 que clasifica los estados corporales según la Tabla 6, las alpacas seleccionadas tenían una puntuación de condición corporal entre 1 (muy flaca) y 2 (flaca). Se hizo la palpación con las manos, desde las vértebras torácicas hasta las vértebras lumbares, específicamente en las vértebras lumbares 2, 3 y 4, técnica que consiste en palpar las apófisis espinosas de las vértebras lumbares y el grado de cobertura de grasa de la apófisis transversa. También se realizó la palpación de la profundidad de los músculos y la cobertura de la grasa del lomo.

#### **3.4.6. Variables de Investigación**

##### **A. Variables independientes**

- Grupo con suplementación (ensilado de avena) y sin suplementación (pastoreo)

## **B. Variables dependientes**

Parámetros productivos

- Peso vivo y ganancia del peso vivo de la madre
- Peso vivo de cría al nacimiento
- Condición corporal (1 a 5)

Metabolitos:

- Ácidos grasos volátiles totales
- B-hidroxibutirato

### **3.4.6. Análisis estadístico**

Para comparar el efecto de la concentración de AGVT, concentración de BHB, ganancia de peso vivo de la alpaca Suri y el peso vivo de la cría al nacimiento con la suplementación de ensilado de avena vs sin suplementación, se utilizó la prueba t de Student ( $\alpha = 0.05$ ). Los datos y las figuras fueron sistematizados, analizados y graficados en Microsoft Excel.

Para evaluar el cambio de la condición corporal de la alpaca Suri con la suplementación de ensilado de avena vs sin suplementación se utilizó la prueba de Chi cuadrado para determinar diferencia estadísticamente significativa ( $\alpha = 0.05$ ). Los datos y las figuras fueron sistematizados, analizados y graficados en Microsoft Excel.

## CAPÍTULO VI

### RESULTADOS Y DISCUSION

#### 4.1. Composición química nutricional de los pastizales y ensilado

En la Tabla 8, se muestra los valores nutricionales para pastizales naturales y ensilado de avena, donde el contenido de proteínas del ensilado de avena es mejor a los pastizales naturales en 0.2%, la fibra detergente neutra (FDN) del ensilado de avena fue menor a los pastizales en 21%, el contenido de estrato etéreo (EE) del ensilado de avena fue superior a los pastizales en 2%, la composición de cenizas (Cz) en el ensilado de avena fue menor a los pastizales en 0.5% y respecto a los glúcidos no fibrosos (GNF) del ensilado de avena fue mayor a los pastizales en 19.3%.

También se observó que el ensilado de avena tuvo mejor composición nutricional que los pastizales naturales, estas diferencias porcentuales se debe a la mayor calidad nutritiva de la avena y al método de conservación de forrajes en silos que permite el mantenimiento de la humedad y la calidad de los nutrientes de los forrajes, haciendo al ensilado un alimento de muy buena calidad nutritiva frente a los pastizales naturales en áreas de pastoreo.

Tabla 8. Composición química de los pastizales y ensilado de avena.

Indicadores	Pastizales (%)	Ensilado (%)
Proteína	6.9	7.1
FDN	76.0	55.0
EE	1.0	3.0
Ceniza	5.4	4.9
Glúcidos no fibrosos	10.7	30.0
Total	100.0	100.0

FDN: Fibra detergente neutra; EE: Estrato etéreo

El contenido nutricional de pastizales en Chuquibambilla es similar a los de Fierro (1990) con proteína 6.5% y FDN 73.5%. También son comparables a los valores nutricionales reportados por Yactayo (2022), realizados en épocas de sequía donde la proteína es 6.94%, EE de 1.12% y ceniza de 8.24%, además este autor indica que la condición de los pastizales en Junín es regular en épocas de seca para el pastoreo de las alpacas y

ovinos. Sin embargo, los valores obtenidos por Mamani-Linares y Cayo-Rojas (2023), para la composición química de los pastizales del CIP Chuquibambilla-Puno, *Festuca dolichophylla*, *Stipa ichu* y *Calamagrosti vicunarum* tiene valores nutricionales de proteína entre 5.70 y 11.60% y FDN entre 64.50 y 75.50%.

El contenido y calidad nutricional de los pastizales depende del lugar y las condiciones climáticas, en Australia Smith et al. (2016), indica mejores parámetros nutricionales en pasturas con PC 12.5%, FDN 74.1% y Cz 8.1% comparado a las condiciones del Altiplano peruano.

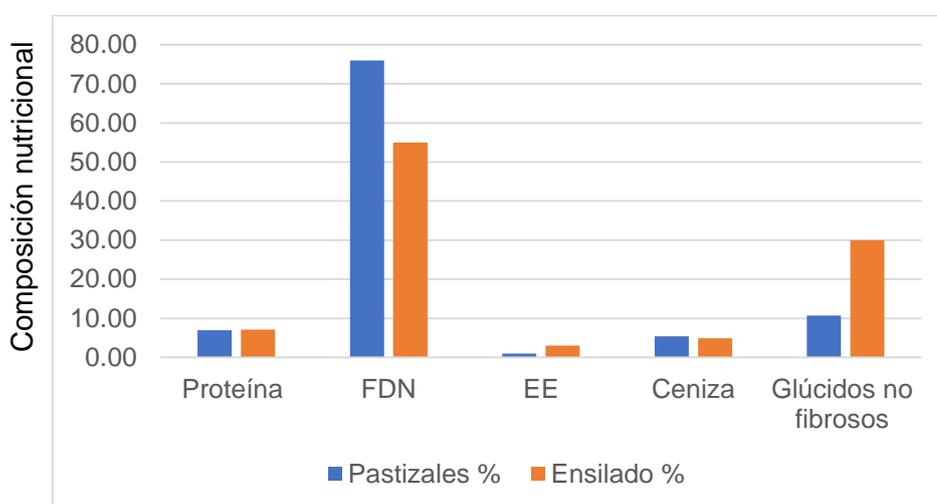


Figura 2. Comparación del valor nutricional de pastizales y ensilado de avena.

En la Figura 2 se observa los valores nutricionales en forma de barras mostrando al ensilado de avena como un alimento con mayor contenido de nutrientes frente a los pastizales del centro experimental Chuquibambilla. Un buen ensilado se caracteriza por el mantenimiento de su buena contextura, color verde amarillento, con un olor a fruta o ligeramente agrio y rico en nutrientes con poca materia seca, además es más palatable para el ganado en épocas de déficit alimenticio.

Los resultados de valores nutricionales del ensilado se encuentran dentro del rango mencionado por Poma (2011), que muestra valores nutricionales de proteína entre 6.38

y 8.26%, EE entre 2.95 y 4.12 y ceniza entre 6.42 y 6.74%, también indica que el ensilado mejora la calidad fermentativa a nivel de los compartimentos de la alpaca.

Un buen ensilado es aceptado y consumido por los rumiantes, siendo una alternativa importante para la suplementación animal (Zhou et al., 2019). Por lo tanto, la suplementación durante la transición tiene el efecto positivo sobre el desempeño reproductivo de las alpacas en crianza tradicional al pastoreo (Rojas et al., 2021).

#### 4.2. Concentración de ácidos grasos volátiles totales

La concentración de ácidos grasos volátiles totales se muestran en la Tabla 9. Se observó el efecto de la suplementación con ensilado de avena sobre la concentración de ácidos grasos volátiles totales en el mes de diciembre ( $p < 0.05$ ), podría deberse al cambio de área de pastoreo, mientras que en el mes de enero y octubre no hay efecto de la suplementación sobre la concentración sérica de los AGVT ( $p > 0.05$ ).

Tabla 9. Efecto de la suplementación con ensilado de avena sobre la concentración de ácidos grasos volátiles totales ( $\mu\text{mol/L}$ ).

Meses	Con suplementación		Sin suplementación		p-valor
	n	Media $\pm$ DE	n	Media $\pm$ DE	
Octubre	2	0.0826 $\pm$ 0.0001	7	0.0826 $\pm$ 0.0002	0.3525
Diciembre	7	0.0826 $\pm$ 0.0001	5	0.0824 $\pm$ 0.0001	0.0345
Enero	7	0.0825 $\pm$ 0.0002	5	0.0825 $\pm$ 0.0002	0.4971
Media final	16	0.0826 $\pm$ 0.0001	17	0.0825 $\pm$ 0.0002	0.3285

n=Número de muestra, DE=Desviación estándar.

En la Figura 3 se muestra en histograma la producción de AGVT en animales suplementados versus sin suplementación, los productos de la fermentación microbiana son absorbidos en el tracto digestivo para obtener la energía.

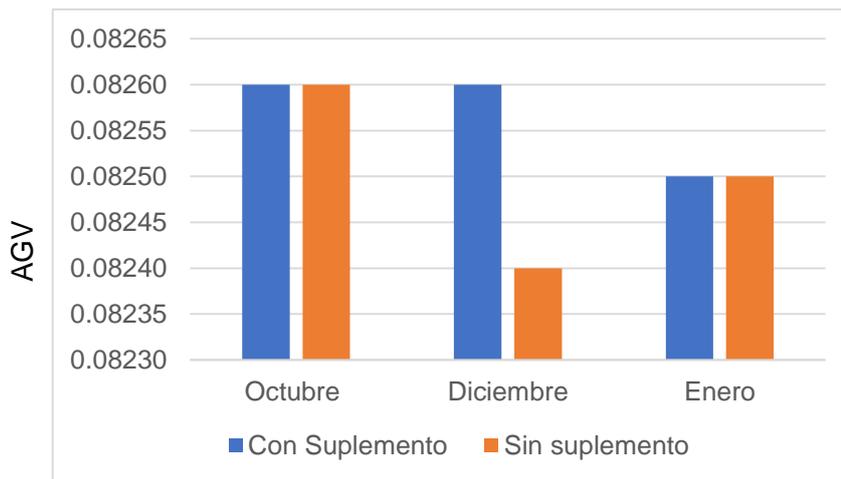


Figura 3. Suplementación sobre la concentración de ácidos grasos volátiles totales.

Huertas (2020) señala que más del 50 a 70% de los AGVT son absorbidos a través del epitelio escamoso estratificado sin glándulas y el 25 a 50% del restante de AGV totales son absorbidos en el omaso e intestino. Stritzler y Rabotnikof (2019) indican que el ácido acético circula por la sangre entre 50% y 70%, que es utilizado como fuente de energía en varios tejidos periféricos, además cubre los requerimientos energéticos de mantenimiento y el resto es enviado al tejido adiposo de las glándulas mamarias para la lactación.

Si existe mayor cantidad de propionato en el rumen es porque hay más alimento energético como el almidón y azúcares que contiene la dieta, que es utilizado como fuente de energía en la síntesis de lactosa en la glándula mamaria en lactación y la síntesis de triacilglicéridos en tejido adiposo (Stritzler & Rabotnikof, 2019). Robinson (2016) demuestra que la suplementación en alpacas con concentrado de harina de soya, en el compartimento uno C1 se produce AGV (acético 72.4% y propiónico 21.5%) y con heno de pasto (acético 69.5% y propiónico 19.4%), donde la harina de soya produce más ácido acético y propiónico a diferencia del heno de pasto. Oldham et al., (2014) menciona que la concentración de AGVT se produce más con la suplementación de alfalfa a diferencia con heno de pasto, donde la mayor producción de AGV totales se da en el C1 a diferencia que en el ciego.

En alpaca la concentración de AGV en el C1 con heno de pasto fue 63100  $\mu\text{mol/L}$ , mientras que con harina de soya es 67700  $\mu\text{mol/L}$ . Con la alimentación de harina de soya es mayor que con el heno de pasto, según el tipo de alimento que se le adiciona a la dieta del animal las concentraciones de los AGVT varían en el líquido del C1 (Robinson, 2016).

La proteína del alimento mejora las funciones y el rendimiento microbianas en el C1. La actividad microbiana eficiente equivale a un aumento en la producción de AGVT para el uso de energía por parte del animal (Robinson, 2016). No hay estudios de la concentración de AGVT en suero sanguíneo en camelidos en el último tercio de gestación, pero sí en el líquido del compartimento C1 en alpacas y vacunos donde las concentraciones de los AGVT son altas, las concentraciones de AGVT son muy altas en vacunos a diferencia que en alpacas. La concentración de AGVT del líquido ruminal es diferente que en el suero sanguíneo a lo que se obtuvo en este estudio en alpacas Suri en los últimos meses de gestación.

En el rumen, los microorganismos fermentan glúcidos y se produce los AGVT como ácido acético, ácido propiónico, ácido butírico. La concentración de AGVT está estrechamente relacionada con el consumo de alimento y la composición de la dieta del animal (Yang et al., 2022). La fermentación ruminal en vacunos Montbéliarde-Holstein en preparto la concentración de AGVT es 58050  $\mu\text{mol/L}$ , con suplementación de concentrados de rastrojo de maíz, sufren una serie de cambios fisiológicos y metabólicos debido a las exigencias de la gestación, por tanto, el equilibrio energético y el mecanismo de regulación nutricional puede satisfacer las necesidades energéticas en el período preparto (Yang et al., 2022).

En vacas Holstein Friesian antes del parto la concentración de AGV en líquido ruminal, con suplementación es 120000  $\mu\text{mol/L}$ , los AGV aumentarán desde el período seco hasta el parto (Dieho et al., 2016). En líquido ruminal es alto la concentración de

AGV a diferencia que en líquido plasmático debido a que en el rumen se produce los AGVT y no todo es absorbido a la sangre.

Los AGVT están relacionados con la alimentación del animal, es difícil satisfacer las exigencias de nutrientes debido al poco alimento disponible en época seca, lo que sucede es la movilización de las reservas de grasa y del tejido muscular que compensan las deficiencias en los nutrientes de la dieta, las dietas altas en energía deben administrarse antes del parto en madres gestantes para el buen desarrollo del feto (Yang et al., 2022). La suplementación en el ganado causa una serie de cambios metabólicos que pudieran relacionarse con las funciones reproductivas que dan lugar a mayores tasas de preñez (Espinoza-Villavicencio et al., 2010).

#### 4.3. Concentración de $\beta$ -hidroxibutirato

La suplementación del ensilado de avena sobre la concentración de  $\beta$ -hidroxibutirato (BHB) se muestra en la Tabla 10. La respuesta esperada de la suplementación con ensilado de avena frente a los pastizales naturales tiene una diferencia en la concentración de  $\beta$ -hidroxibutirato en el mes de enero ( $p < 0.05$ ). También se observa en el histograma la concentración de BHB con suplementación versus sin suplementación de octubre a enero se muestra en la Tabla 10 y Figura 4.

Tabla 10. Efecto de la suplementación sobre la concentración de BHB (nmol/L).

Meses	Con suplementación		Sin suplementación		p-valor
	n	Media $\pm$ DE	n	Media $\pm$ DE	
Octubre	2	0.1457 $\pm$ 0.0001	7	0.1286 $\pm$ 0.0131	0.3608
Diciembre	5	0.1458 $\pm$ 0.0001	5	0.1434 $\pm$ 0.0060	0.4462
Enero	6	0.1482 $\pm$ 0.0002	7	0.0966 $\pm$ 0.0229	0.0059
Media final	13	0.1469 $\pm$ 0.0001	19	0.1207 $\pm$ 0.0251	0.0140

n=Número de muestra, DE=Desviación estándar.

En el mes de diciembre hubo cambio de area de pastoreo por el cual podria deberse el incremento de BHB. No hay estudios de concentracion de BHB en suero sanguineo en camelidos en el ultimo tercio de gestacion, pero si en vacunos, ovinos y caprinos donde las concentraciones de BHB son muy altos a diferencia con este estudio en alpacas Suri, puede deberse porque son diferentes especies.

Los resultados son inferiores a los valores plasmáticos reportados por Bustamante et al. (2016), en ovinos de pelo en gestación 10000 nmol/L en sangre. Santos et al. (2012) y Bustamante et al. (2016) reportaron la concentración sérica es mayor en preparto a diferencia que en la etapa de lactación en ovejas Santa Inés en el último tercio de gestación. Los cambios en los metabolitos sanguíneos de valores muy altos de los cuerpos cetónicos (BHB) se asocian con déficit en el aporte energético en la alimentación.

Las diferencias de la concentración del BHB en ovinos de pelo en gestación en Córdoba, Colombia, es mayor la concentración a diferencia que en la etapa de lactación que son animales de aptitud cárnica con baja producción de leche por lo que realizan baja movilización de reservas corporales. El aumento de BHB está relacionado con un balance energético negativo que estimula la beta oxidación de la grasa, con tendencia a elevar los niveles de BHB en sangre (Bustamante et al., 2016).

Cal-Pereyra et al. (2011) indican que las concentraciones de BHB es un buen indicador de la nutrición en ovinos. Los resultados están por debajo de Ríos et al. (2006) en caprinos de raza Saanen y mestiza Saanen en preparto con suplementación de forraje (alfalfa fresca, heno y silo de maíz) su concentración sérica de BHB es de 200000 nmol/L. También están por debajo de Maestra et al. (2021), en vacunos en preparto la concentración sérica de BHB sin suplementación es 550000 mmol/L y del grupo con suplementación energético es 700000 nmol/, se ve el incremento de la concentración de BHB con la suplementación porque son razas de aptitud cárnica. La

alpaca es considerada de aptitud cárnica y fibra se podría decir por eso la mayor producción de BHB con la suplementación.

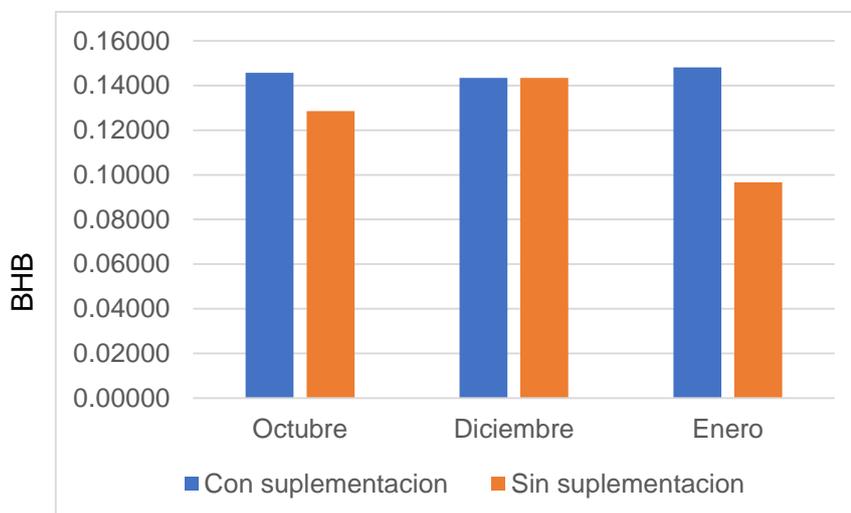


Figura 4. Concentración de  $\beta$ -hidroxibutirato en alpacas con suplementación versus sin suplementación.

El ácido butírico se convierte en cuerpo cetónico ( $\beta$ -hidroxibutirato), esta reacción se da en el epitelio ruminal, el cuerpo cetónico entra al hígado por la vena porta y transitan en la sangre como fuente de energía en los tejidos corporales que necesita el musculo y el corazón, transformado en acetil CoA (Oldham et al., 2014). El incremento de la concentración de BHB causa toxemia en gestación en ovinos, caprinos, venado y raramente en vacunos durante el último tercio de gestación, en la incapacidad del animal para mantener la homeostasis ante un balance energético negativo se presenta en ovinos preñadas en época seca con altas carencias nutricionales (Cal-Pereyra et al., 2012A y 2015B).

El aumento de las demandas nutricionales en el periodo final de la gestación está asociado con el desarrollo del feto y la placenta por la reducción de la capacidad del rumen y el crecimiento fetal, desde el punto de vista metabólico el incremento de la concentración de BHB es por la subnutrición en el último tercio de la gestación (Silva et

al., 1997). En animales al pastoreo es importante el suplemento de su dieta en los meses de época seca, la suplementación en preparto en ovinos es capaz de aumentar los niveles de BHB con ensilado como suplemento en ovinos al final de la gestación es una buena alternativa (Alonso, 2013).

#### 4.4. Peso vivo de la madre y cría al nacimiento

##### 4.4.1. Peso vivo de la madre

En la Tabla 11 y Figura 5 se observa el promedio de los pesos vivos y las ganancias de peso de las alpacas con y sin suplementación de ensilado de avena, se observa incremento en la ganancia del peso vivo en los meses evaluados de octubre, noviembre, diciembre, enero y febrero. Aparentemente se observa ganancia de peso vivo en las alpacas tanto con suplementación y sin suplementación, lo que puede atribuirse a la fisiología de la gestación y no específicamente a la suplementación no significativo.

Tabla 11. Resultado de la suplementación sobre el peso vivo y la ganancia del peso vivo mensual (G) (Kg).

Meses	Con suplementación		G	Sin suplementación		G	p-valor
	n	Media ± DE		n	Media ± DE		
Octubre	32	60.06 ± 5.43	*	32	61.53 ± 7.07	*	0.18
Noviembre	32	63.50 ± 5.31	3.41	32	63.31 ± 6.89	1.75	0.45
Diciembre	32	64.49 ± 5.48	1.59	32	64.30 ± 6.90	0.99	0.45
Enero	32	66.77 ± 5.68	1.68	31	66.34 ± 7.16	2.05	0.40
Febrero	17	69.02 ± 6.52	1.91	13	67.42 ± 5.87	1.07	0.24
Media final	145	64.33 ± 6.63	2.15	140	64.18 ± 7.07	1.47	0.42

n=Número de muestra, DE=Desviación estándar, \*=periodo de acostumbramiento.

Además, existe un incremento de ganancia de peso vivo en las madres gestantes durante los meses evaluados en ambos grupos tal como se muestra en la Figura 5, el incremento de peso vivo mensual con y sin suplementación de ensilado de avena respectivamente. Debido al aporte nutricional de proteína de 7.1% en la suplementación con ensilado de avena en la alimentación de la alpaca.

No se observa la ganancia de peso vivo de las alpacas gestantes durante el mes de octubre (acostumbramiento) posterior al mes de noviembre se mantiene la ganancia de peso vivo en los siguientes meses de evaluación. Sin embargo, en los animales sin suplementación se observó incremento de peso vivo mínimo durante los primeros meses, pero en el mes de enero sin suplementación, existe un mayor incremento de ganancia de peso vivo, debido al inicio de la época de lluvias donde los pastizales naturales recuperan su calidad nutricional y mejora la alimentación de las alpacas sin suplemento en los últimos meses de preñez.

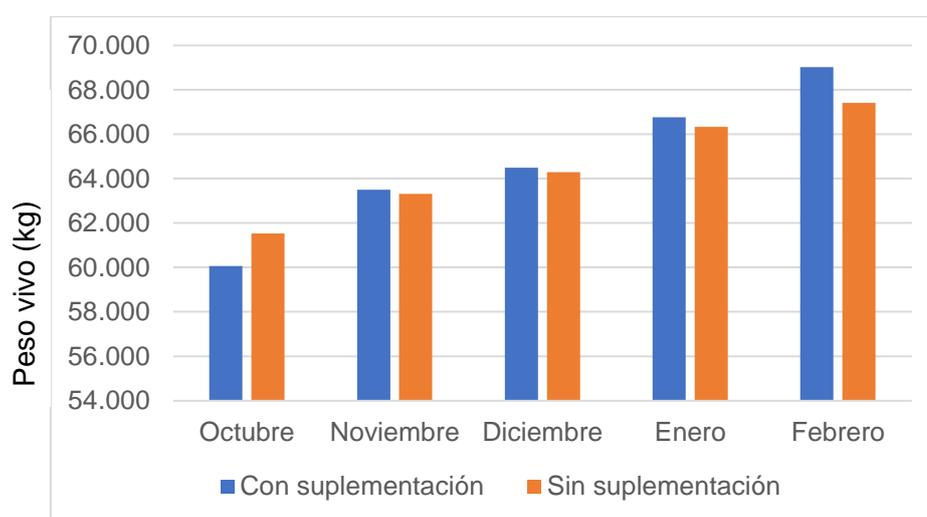


Figura 5. Suplementación en incremento de peso vivo mensual de alpaca Suri.

La ganancia de peso vivo en madres gestantes es menor a los encontrados por Rojas et al. (2021), quienes mencionan hay efecto de la suplementación sobre la ganancia de peso, al inicio de la investigación el peso vivo fue de 37.80 kg y el peso vivo final de 44.60 kg, donde la ganancia de peso vivo en promedio fue de 6.8 kg, lo cual es superior a los animales con suplementación de nuestra investigación. Se debe a que la suplementación fue con heno de avena y alfalfa, afrecho de cebada, torta de soya, mezcla vitamínico-mineral, sal común y melaza. Varía el incremento de la ganancia de peso al tipo de suplementación que se le da en la alimentación de las alpacas en el último tercio de gestación.

La suplementación es importante en los meses de sequía siendo una buena opción para mantener el estado nutricional y así evitar la mortalidad en alpacas (Paucar et al., 2016). Ambos trabajos de investigación sobre suplementación alimenticia en alpacas en el último tercio de gestación demuestran la exigencia del requerimiento nutricional para el buen crecimiento del feto (Cooper y Blake, 2013). Porque en la época seca es crítico la oferta de pastizales además la calidad de proteína es baja (Guevara y Quiñones, 2018). Por lo tanto, la suplementación es una alternativa de una buena alimentación en el último tercio de gestación para aumentar o mantener el peso vivo de los animales (Quichua, 2020), en vista que la buena nutrición posteriormente influirá en la reproducción y producción de la alpaca.

#### 4.4.2. Peso de la cría al nacimiento

En la Tabla 12 y Figura 6, muestra el peso vivo al nacimiento del neonato, donde se observa mayor peso de nacimiento en los animales que recibieron la suplementación alimenticia frente aquellos sin suplementación y la diferencia es de 0.39 kg de peso al nacimiento en promedio.

Tabla 12. Efecto de la suplementación sobre peso vivo de la cría al nacimiento.

Grupo	Peso (kg)	n	p-valor
Con suplementación	7.26	22	0.04
Sin suplementación	6.87	20	

n=Número de muestra.

La diferencia de peso al nacimiento en los neonatos es debido a la buena calidad y cantidad de nutrientes en el ensilado de avena en comparación a los pastizales naturales (pastoreo), observándose crías nacidas con pesos óptimos de madres suplementadas tal como se muestra en la Figura 6.

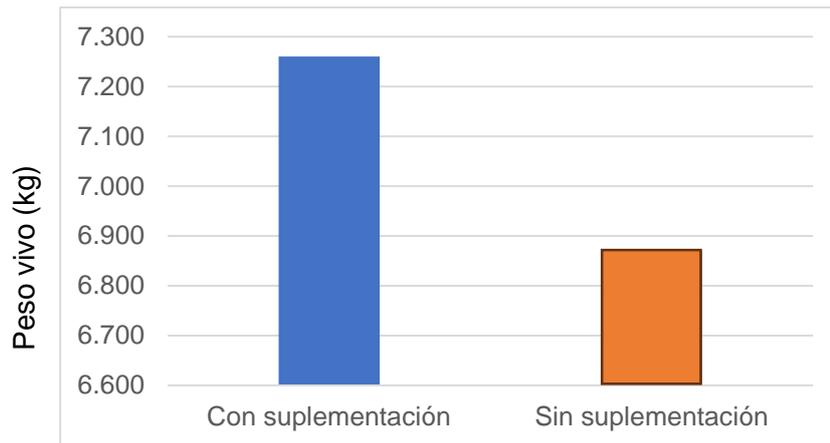


Figura 6. Peso vivo de la cría al nacimiento.

Respecto al peso vivo al nacimiento, los resultados para ambos grupos están dentro del rango encontrado por Rodríguez (2019), pesos al nacimiento de 6.76 - 8.12 kg, además tienen alta probabilidad de sobrevivencia. Quichua, (2020) señala que las crías con bajos pesos tienen una menor madurez inmunitaria y dificultan al momento de lactar su calostro. También la gran mayoría de muertes de crías en los primeros días de nacimiento está asociado con el peso al nacer (Nowak & Poindron, 2006). A su vez el peso al nacimiento es una variable afectada por ciertos factores principales como es la alimentación de la madre en el último tercio de gestación (Nowak & Poindron, 2006).

Por lo tanto, una deficiencia de proteína en la dieta de la alpaca preñada, causó consecuencias de un retardo en el crecimiento fetal y por tanto un bajo peso al nacer (Condori, 2017). Si las crías nacen con buen peso son fuertes, rápido buscan la ubre, cogen el pezón y toman su calostro y su sobrevivencia es alta (Bravo, 2014). Entonces la suplementación en alpacas gestantes del último tercio de gestación debe llevar una buena alimentación, para un mejor desarrollo del feto, y obtener crías sanas (Marrón, 2003).

#### 4.5. Cambio de la condición corporal de las madres preñadas

En la Tabla 13 y Figura 7, se presenta los cambios en condición corporal (CC) en porcentaje calificadas en alpacas preñadas en los últimos meses de gestación que

fueron evaluadas durante los meses de octubre a febrero. La suplementación con ensilado de avena tiene efecto en el cambio de la condición corporal de la alpaca.

Tabla 13. Efecto de la suplementación sobre el cambio de la condición corporal de las madres.

Grupo	n	Con suplementación	n	Sin suplementación	Total	p-valor
Aumenta	18	42.19%	27	28.13%	70.31%	0.0042
Mantiene	14	7.81%	5	21.88%	29.69%	
Total	32		32		100%	

n=Número de muestra

Al inicio de la investigación la condición corporal calificada entre 1 y 2 en las alpacas con y sin suplemento de ensilado. Durante el experimento que fue de octubre (inicio) a febrero (final) se observó cambios en la CC, donde el mayor porcentaje aumento la CC en las alpacas suplementadas superando en 14.06%, a las alpacas gestantes sin suplementación. En la Figura 7 también se observa que los animales sin suplemento tienden a mantener la CC en su mayor porcentaje de 14.07%. No hubo alpacas que hayan disminuido su condición corporal porque nuestro estudio es en el preparto. Estas diferencias mostradas se deben al efecto de la alimentación del ensilado de avena en el cambio de la condición corporal de las alpacas en los últimos meses de gestación.

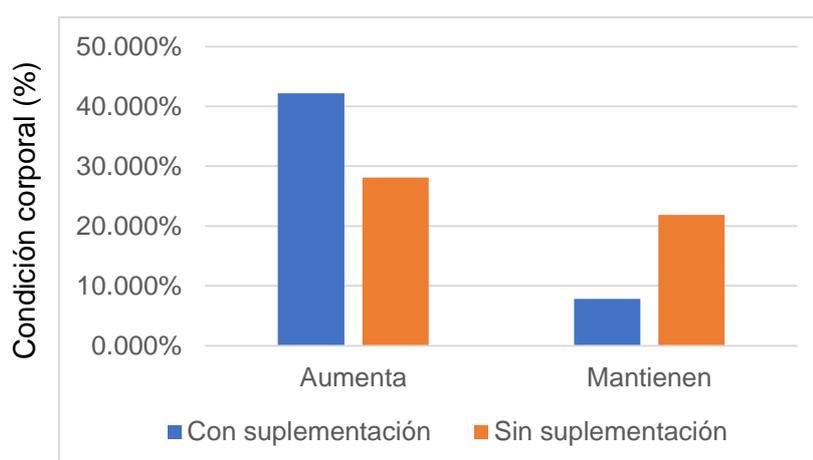


Figura 7. Efecto de la suplementación sobre la condición corporal (2 al 3) de la alpaca.

El cambio de la condición corporal de los animales con y sin suplementación coincide con los datos de Rojas et al, (2021) que demuestra el cambio de la condición corporal con la suplementación energética con concentrado fibroso, la CC inicial fue 2.40 y CC final fue 3.97 y las alpacas sin suplemento su CC inicial fue 2.30 y la CC final fue 2.77, demostrando que la suplementación influye en el cambio la condición corporal de las alpacas. Por otro lado, Llacsá, (2012) señala que existe el efecto de la suplementación energética, sobre la condición corporal.

Por lo tanto, los requerimientos nutricionales al final de la gestación son mayores en comparación a hembras no preñadas, debido a la mayor cantidad de nutrientes que son dirigidos para cubrir el crecimiento de las membranas fetales, el desarrollo fetal, y desarrollo de la glándula mamaria (Deza, 2019). Además, que los niveles séricos de leptina tienen una relación directa sobre la condición corporal, es decir a mayor condición corporal, mayor musculatura y mejor acumulación de grasa en el lomo (Noboa, 2016).

## **CAPÍTULO VII**

### **CONCLUSIONES**

1. La composición química nutricional del ensilado de avena es mejor frente a los pastizales en proteína, estrato etéreo y glúcidos no fibrosos, mientras que en fibra detergente neutra y ceniza sus valores son mayores en pastizales frente al ensilado de avena.
2. Las concentraciones plasmáticas de ácidos grasos volátiles totales tuvo un incremento en el mes de diciembre en madres preñadas con suplementación frente a los animales sin suplementación.
3. La concentración sérica de  $\beta$ -hidroxibutirato se observó el incremento en el mes de enero en madres preñadas con suplementación frente a los animales sin suplementación.
4. La suplementación con ensilado de avena no tiene efecto sobre los parámetros productivos (peso vivo y ganancia de peso vivo) de la madre preñada y aunque se observa mayor peso vivo de la cría al nacimiento de las alpacas con suplementación respecto sin suplementación.
5. En mayor porcentaje las alpacas Suri preñadas con suplementación se observó el aumento de la condición corporal, mientras que sin suplementación solo el menor porcentaje aumento.

## **CAPITULO VIII**

### **RECOMENDACIONES**

1. Evaluar el efecto de la suplementación de ensilado de avena en el último tercio de preñez en alpacas Suri, según número de partos (primíparas y múltipara).
2. Evaluar la concentración plasmática del ácido acético, propiónico y butírico con la suplementación de heno de alfalfa en el último tercio de preñez de las alpacas Huacaya.

## CAPÍTULO VI

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alonso, M, J. (2013). Alternativas a la terapia convencional en la toxemia de la gestación ovina mediante el manejo del surco reticular y la administración oral de soluciones glucosadas. Tesis doctoral. Universidad de León Facultad de Veterinaria Departamento Medicina, Cirugía y Anatomía Veterinaria, España. p.156.

Apráez, G, J., Insuasty, S, E., Portilla, M, J., & Hernández-Vallejo, W. A. (2012). Composición nutritiva y aceptabilidad del ensilaje de avena forrajera (*Avena sativa*), enriquecido con arbustivas: acacia (*Acacia decurrens*), chilca (*Braccharis latifolia*) y sauco (*Sambucus nigra*) en ovinos. Revista Veterinaria Y Zootecnia (On Line), 6(1), 25–35. <https://revistasojs.ucaldas.edu.co/index.php/vetzootec/article/view/4418>.

Astorga-Neira, J. (2021). Relaciones suelo-comunidad vegetal en pastizales del altiplano sur peruano. Revista De Ciencias Agrarias, 7(1), 73-83. <http://revistas.unap.edu.pe/journal/index.php/RCAGRA/article/view/465>.

Baroni, C, M. F. & Suarez, D, H. (2017). Anatomia del estómago de la alpaca (*Vicugna pacos*, Linnaeus). Tesis de grado para obtener el título de Doctor en Ciencias Veterinarias. Universidad de la Republica Facultad de Veterinaria. 33p.

Basurto, E, P. (2018). Evaluacion Nutricional de ensilado cebada-vicia en diferentes proporciones con y sin urea al 1% en minisilos en Paturpampa-Huancavelica, Facultad de zoootenia. Tesis para optar el título profesional. Universidad Nacional del Centro del Peru (UNCP). 95p.

Bravo, M, P. (2014). El neonato alpaca, su cuidado y consideraciones inmunológicas. XXXVII Reunión Científica Anual de la Asociación Peruana de Producción animal Abancay – Perú.

Bücher, D. (1998). Caracterización del balance metabólico energético y proteico en el período de ordeño de ovejas Latxa Cara Rubia a pastoreo. Tesis de Grado para optar al Grado de Licenciado en Medicina Veterinaria. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Veterinarias Instituto de Zootecnia. 59p.

Bustinza, C, V. (2001). La alpaca, conocimiento de gran potencial andino. Libro 1 ed. Oficina de Recursos de Aprendizaje, Universidad Nacional del Altiplano-Puno. 496p.

Bustinza, C, A., Machaca, M, V., Cano, F, V, & Quispe, C, J. (2021). Evolución y desarrollo de las razas de Alpaca: Suri y Huacaya. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 32(5), e19876. <https://dx.doi.org/10.15381/rivep.v32i5.19876>.

Bustamante, M de J., Maza, L, A., Rugeles, Clara, C., Simanca, J, C., Patiño, M, & Vergara, D. (2016). Determinación del Perfil Metabólico Durante el Periodo Gestación-Lactancia en Hembras Ovinas de Pelo en Córdoba, Colombia. Revista de la Facultad de Ciencias Veterinarias, 57(2), 114-124. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-65762016000200005&lng=es&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-65762016000200005&lng=es&tlng=es).

Butendieck, E., & Vargas, L. (1998). Presencia y distribución de las papilas linguales en la alpaca (*Lama pacos Linnaeus, 1758*). *Archivos de medicina veterinaria*, 30(2), 29-36. <https://dx.doi.org/10.4067/S0301-732X1998000200003>

Cal-Pereyra, L., Benech, A., Da Silva, S., Martín, A, & González-Montaña, JR. (2011). Metabolismo energético en ovejas gestantes esquiladas y no esquiladas sometidas a dos planos nutricionales: Efecto sobre las reservas energéticas de sus corderos. *Archivos de medicina veterinaria*, 43(3), 277-285. <https://dx.doi.org/10.4067/S0301-732X2011000300010>.

Cal-Pereyra, L., Acosta-Dibarrat, J., Benech, A., Da Silva, S., Martín, A. & González-Montaña., J R. (2012A). Toxemia de la gestación en ovejas: Revisión. *Revista mexicana*

de ciencias pecuarias, 3(2), 247-264.  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-11242012000200007&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242012000200007&lng=es&tlng=es).

Cal-Pereyra, L., González-Montaña, JR., Benech, A. (2015B). Evaluación de tres alternativas terapéuticas para el tratamiento precoz de la toxemia ovina de la gestación. *Revista mexicana de ciencias pecuarias, Ir Vet J* 68, 25.  
<https://doi.org/10.1186/s13620-015-0053-2>

Cebra, C., Anderson, D., Tibary, A., Van Saun, R., & Johnson La Rue, W. (2014). Disorders of the digestive system. *Revista ELSEVIER Llama and Alpaca Care*, 477-536.  
DOI: 10.1016/B978-1-4377-2352-6.00040-7.

Cerón, C, M. (2014). Estudio de la diversidad microbiana del compartimento C1 del sistema digestivo de la llama (*Lama glama*). Tesis para optar al grado de Doctor. Universidad de Buenos Aires Argentina. 181p.

Church, C, D. (1993). El Rumiante. Fisiología digestiva y nutrición. . España: Editorial ACRIBIA, S. A. Zaragoza. Cap.14. p-305.

Coila, A, P, U., Aparicio, A, R, L., Oros, B, O, D., Sanchez, H, D., Zapata, C, C. (2023). Aislamiento y caracterización convencional de bacterias anaerobias del compartimento 1 de la alpaca (*vicugna pacos*). *Ciencia latina*.

Condori, A, E. (2017). Efecto del nivel de concentrado fibroso sobre la retención de nitrógeno en llamas y alpacas. Tesis para optar el título profesional de: médico veterinario y zootecnista. Universidad Nacional del Altiplano-Perú. 126p.

Contreras, Pasco, J, L. (2022). Valor nutritivo del ensilaje de residuo agrícola de quinoa con niveles de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) y melaza (*Saccharum officinarum*) en la Región Huancavelica-Perú. Línea de investigación: Nutrición y alimentación

animal. Tesis para optar el grado académico de Doctor en Ciencias Agropecuarias. 166p.

Cooper, N., & Blake, L. (2013). Nutrition and pregnancy. *Southern Alpacas Stud.*

Cordero, F., Contreras, P., & Castrejon, V. (2011). Correlaciones fenotípicas entre características productivas en alpacas Huacaya. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 15-21. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2313-295720170002](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2313-295720170002).

Deza, Calsin, H, W. (2019). Condicion corporal en el periparto y su relacion con capacidad inmune y desempeño reproductivo en alpacas. Tesis para optar el grado de Doctor Doctoris Philosophiae en ciencia Animal. Universidad Nacional Agraria la Molina Lima-Peru. 133p.

Dieho,K; Dijkstra,J; Schonewille, J.T & Bannink, A. (2016). Cambios en la producción ruminal de ácidos grasos volátiles y la tasa de absorción durante el período seco y la lactancia temprana afectados por la tasa de aumento de la cantidad permitida de concentrado. *Revista de Dairy Science*. Volumen 99, páginas 5370-5384. DOI: 10.3168/jds.2015-10819

Dittman, M., Hummec, J., Runge, U., Galeffi, C., Kreuzer, M., & Clauss, M. (2014). Characterising an artiodactyl family inhabiting arid habitats by its metabolism. Low metabolism and maintenance requirements in camelids. *Journal of Arid Environments* ELSEVIER.P; 5370-5384. DOI:10.1016/j.jaridenv.2014.04.005.

Enciso, H., Marco, Pérez-Clariget, Raquel, Huamán U., Héctor, Cárdenas M., Óscar, & Huanca L., Wilfredo. (2007). Determinación de leptina y sus valores séricos en alpacas hembras adultas con diferente condición corporal. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 18(2), 115-121.

[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1609-91172007000200005&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172007000200005&lng=es&tlng=es).

Engelhardt, W., Dycker, C., & Lechner, D. (2007). Absorption of short-chain fatty acids, sodium and water from the forestomach of camels. . *Journal of Comparative Physiology Biotechnology*, 631-640. PMID: 17429653. DOI: 10.1007/s00360-007-0161-8.

Espinoza-Villavicencio, JL, Ortega-Pérez, R., Palacios-Espinosa, A, & Guillén-Trujillo, A. (2010). Efecto de la suplementación de grasas sobre características productivas, tasas de preñez y algunos metabolitos de los lípidos en vacas para carne en pastoreo. *Archivos de medicina veterinaria*, 42(1), 25-32. <https://dx.doi.org/10.4067/S0301-732X2010000100004>.

Fernández, Taype, R., Contreras, Paco, J, L., Curasma, Ccente, J, Cordero, Fernández, A., Rojas De La Cruz, Y, C., Ruiz, Vilchez, D & Huaman Jurado, R. (2021). Efecto de *Saccharomyces cerevisiae* y tiempos de fermentación sobre la composición química del ensilado de avena y cebada. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 32(6), e21681. [Doi.org/10.15381/rivep.v32i6.21681](https://doi.org/10.15381/rivep.v32i6.21681)

Fierro, L, C & Bryant, F, C. (1990). Nutrition of Herded Sheep in the Andes of Southern Peru. *Small Ruminant Research*, 117-134.

Gallegos, A, R. (2013). Índices productivos de alpacas del centro de investigación y producción "la raya". *Revista investigaciones altoandinas*, 15(2). Doi: <https://doi.org/10.18271/ria.2013.8>.

Gentry, A., Clutton-Brock, J., Groves, C, P. (2004). The naming of wild animal species and their domestic derivatives. *Journal of Archaeological Science*, 31(5), 645-651. DOI:10.1016/j.jas.2003.10.006.

Guevara, H. & Quiñones, A. (2018). Caracterización de niveles de proteína total y fósforo en alpacas hembras prepuberes y adultas en épocas secas y épocas húmedas. Cerro de Pasco. Tesis para optar el título profesional de Médico Veterinario y Zootecnista. Universidad Peruana Los Andes, Facultad de ciencias de la salud. Escuela Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 58p.

Haro, H. & Suarez, A. (2022). Microbiota ruminal, apoyada en la evidencia. Revista Alimentos Ciencia e Ingeniería. Vol. 29 -2, 23-28.

Heitmann, R, N; Dawes, D, J; Sensenig, S, C. (1987). Hepatic ketogenesis and peripheral ketone body utilization in the ruminant. The Journal of Nutrition (Inglaterra). 117(6):1174-1180. <https://doi.org/10.1093/jn/117.6.1174>.

Huanca, H, J. (2005). Efecto de la asociación de cebada (*Hordeum vulgare*) y arveja (*Pisum sativum*) a diferentes densidades de siembra sobre la composición bromatológica del ensilaje La Paz-Bolivia. Tesis de Grado para optar el Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Mayor De San Andrés. 117p.

Huertas-Molina, O, F., Londoño-Vásquez, D. & Olivera-Angel, M. (2020). Hipercetonemia: bioquímica de la producción de ácidos grasos volátiles y su metabolismo hepático. Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, 23(1). <https://doi.org/10.31910/rudca.v23.n1.2020.1304>.

INEI. (2013). Resultados Definitivos IV Censo Nacional Agropecuario 2012. Lima: Ministerio de Agricultura y Riego. Fuente: <http://censos.inei.gob.pe/cenagro/tabulados>

Inga, M, R. (2020). Efecto de diferentes niveles de levadura de pan (*Saccharomyces cerevisiae*) y tiempos de fermentación sobre la concentración de ácidos grasos volátiles en ensilado de cebada (*Hordeum vulgare* L). Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Zootecnista. Línea de Investigación Nutrición y Alimentación Animal, Universidad Nacional de Huancavelica-Peru. 84p.

Kadwell, M., Fernandez, M., Stanley, H., Bladi, R., Wheeler, J., Rosadio, R., & Bruford, M. (2001). Genetic analysis reveals the wild ancestors of the llama and the alpaca. Facultad de Medicina, Universidad Nacional Mayor de San Marcos-Lima. The Royal Society, Proc. R. Soc. Lond. B 268: 2575-2584. Doi.org/10.1098/rspb.2001.1774.

Kamra, D. (2005). Rumen microbial ecosystem. Microbiology Section. Center of Advanced Studies in Animal Nutrition, Indian Veterinary Research Institute, Izatnagar. Vol, 89. 124-135.

Leyva, V, V. & Falcón, P, N. (2007). Evaluación de medidas corporales para la selección de llamas madres y crías. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 18(1), 18-29. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1609-91172007000100003&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172007000100003&lng=es&tlng=es).

Llacsá, M, J. (2012). Efecto de la suplementación energética sobre la eficiencia reproductiva en alpacas Huacaya (*Vicugna pacos*) con empadre controlado. Tesis titulado para optar el grado de Magister scientiae. Universidad Nacional del Altiplano, Escuela de Post Grado Maestría en Ganadería Andina Especialidad en Reproducción Animal. 97p.

López-Ordaz, R., Pérez-Hernández, G., Ramírez-Ramírez, H, A., López-Ordaz, R., Mendoza-Martínez, G, D. & Ruíz-Flores, A. (2021). Relaciones entre el  $\beta$ -hidroxibutirato, el calcio y los ácidos grasos no esterificados en la sangre con pérdidas de producción de leche en la lactancia temprana. Revista mexicana de ciencias pecuarias, 12(1), 18-35. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v12i1.5105>.

Lupton, C., Mcoll, A. & Stobart, R. (2006). Fiber characteristics of the Huacaya Alpaca. Small Ruminant Research inv, 211-224. Doi: 10.1016/j.smallrumres.2005.04.023.

Mamani-Linares, L, W. & Cayo-Rojas, F. (2021). Evaluación de la producción, composición botánica y contenido nutricional de pastizales nativos en dos épocas del

año en altiplano. *Journal of the Selva Andina Animal Science*, 10(1), 30-38..  
<https://doi.org/10.36610/j.jsaas.2021.080200059>.

Mamani-Linares, L, W. & Cayo-Rojas, F. (2023). Efecto de suplementación con concentrado sobre el comportamiento de pastoreo y social de llamas (*Lama glama*) jóvenes en Altiplano boliviano. *Journal of the Selva Andina Animal Science*, 10(1), 30-38. [Doi.org/10.36610/j.jsaas.2023.100100030](https://doi.org/10.36610/j.jsaas.2023.100100030).

Marrón, H, J. (2003). Estudio retrospectivo de algunos factores abientales y del hospedador sobre la mortalidad en crías de alpacas del CIP La Raya. Tesis para optar el grado de título profesional Médico Veterinario y Zootecnista Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia UNA Puno-Perú. 81p.

McAllister, T., Beauchemin, K., Alazzeh, A., Beah, J., Teather, R., & Stanford, K. (2011). The use of direct fed microbials to mitigate pathogens and enhance production in cattle. *Can J Anim Sci* 91: 193-211. [doi:10.4141/CJAS10047](https://doi.org/10.4141/CJAS10047).

Mendoza, R, E. (2022). Calidad nutricional y parámetros fermentativos in vitro de la dieta de la alpacas en pastoreo durante la época de seca. Tesis para optar el título profesional de Médico Veterinaria. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 70p.

Mestra, V., L., Campos, G, R., Herrera, P, N., Fernández, N, J C. & García, A, K. (2021). Efecto de la suplementación energético-proteica sobre el desempeño productivo en vacas Rimosinuano durante el pre y posparto. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 32(6), e20125. <https://doi.org/10.15381/rivep.v32i6.20125>.

MINAGRI. (2008). Situación de las actividades de crianza y producción. Camélidos sudamericanos. Obtenido de <http://www.minagri.gob.pe/portal/40-sector-agrario/situacion-de-las-actividades-de-crianza-yproducci/298-camelidos-sudamericanos>.

MINAGRI. (2018). Ministerio de Agricultura y Riego. Dirección General de Políticas Agrarias. INEI, Censos Agropecuarios. Situación de las actividades de crianza y producción. Camélidos sudamericanos. Boletín Sumaq Alpaca Situación de la alpaca en el Perú.

Murray, R., Bender, D., Botham, K., Kennelly, P., Rodwell, V., & Weil, P. (2009). Harper. Bioquímica ilustrada. México. McGRAW-HILL INTERAMERICANA, 29 edición, 814.

Nava, C, C., & Díaz, C, A. (2001). Introducción a la digestión Ruminal. *Departamento de nutrición animal. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia UNAM*. Sitio Argentino de Producción Animal. [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar).13p.

Noboa, A, N. (2016). Evaluación de la correlación de los niveles de leptina y  $\beta$ -hidroxibutirato en alpacas Huacaya con la condición corporal en la unocanc (unión de organizaciones campesinas de Cotopaxi). Tesis previa a la obtención del título de Médico Veterinario Zootecnista. Universidad Técnica de Cotopaxi. 50p.

Nowak, R, P. & Poindron, P, P. (2006). From birth to colostrum: early steps leading to lamb survival. *Reproduction Nutrition Development*, 431-446. DOI: 10.1051/rnd:2006023.

Ojeda, D, R. (2020). Estatus de cobre en alpacas (*Vicugna pacos*) en pastizales de la zona alto-andina del Perú. Tesis de grado de Maestro Magister Scientiae en nutrición. Universidad Agraria la Molina-Escuela de Posgrado Maestría en Nutrición. 78p.

Olazábal, L, J., San Martín, H., F., Ara, G, M., Francisco, Franco, F. (2009). Crecimiento compensatorio de alpacas: efecto de diferentes niveles de restricción energética. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 20(2), 171-177. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1609-91172009000200004&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172009000200004&lng=es&tlng=es).

Oldham, C., Robinson, T., Hunter, Z., Taylor, L., White, J., & Johnston, N. (2014). Volatile fatty acid profile for grass hay or alfalfa hay fed to alpacas (*Vicugna pacos*). Journal of Animal physiology and animal nutrition. Original Article, 908-913. DOI: 10.1111/jpn.12157.

Ordoñez, F, J. & Bojorquez, C. (2011). Manejo del establecimiento de pasturas para las zonas altoandinas del Peru . CONCYTEC. 391p.

Paucar, C., Aquino, Q., Contreras, P., Eliana Caso Huamani, L., & Ruiz, L. (2016). Effect of supplementation silage (*Festuca dolichophylla*, *Avena sativa* and *Vicia sativa*) on weight gain and mortality in adult alpacas (*Vicugna pacos*). Revista Complutense de Ciencias Veterinarias, 83-88. [http://dx.doi.org/10.5209/rev\\_RCCV.2016.v10.n1.52502](http://dx.doi.org/10.5209/rev_RCCV.2016.v10.n1.52502).

Poma, M, C, A. (2011). Evaluación del efecto de diferentes aditivos en la composición química del ensilaje de cebada (*Hordeum vulgare*) para la alimentación del ganado en el municipio de viacha. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andres Facultad de Agronomía-Carrera de Ingeniería Agronómica-Bolivia. 95p.

Quichua, B, R. (2020). Efecto de la suplementación proteica en alpacas gestantes sobre los niveles de inmunoglobulina G y peso al nacimiento de crías. Tesis para Optar el Título de Profesional de Ingeniero Zootecnista. Universidad Nacional Agraria la Molina. Facultad de zootecnia.107p.

Quispe, C, J, E., Apaza, Z, E., Quispe, R, D,M, & Morroco, T, N. (2016). De vuelta a la alpaca. Puno-Peru: Primera edición. Vol 444, 144-154.

Raggi, S., L., Ullrich, R., T., Castellaro, G., Zolezzi, V, M., Rojas, C, R., Ferrando, R, G., & Parraguez, G, V, H. (1996). Utilización de diferentes métodos de diagnóstico de gestación, en un rebaño experimental de alpacas (*Lama pacos*) y llamas (*Lama glama*) en el altiplano de la I región de Chile. Avances En Ciencias Veterinarias, 11(1). <https://doi.org/10.5354/acv.v11i1.4760>.

Relling, A. & Mattioli, G. (2003). Volatile fatty acid profile for grass hay or alfalfa hay fed to alpacas (*vicugna pacos*). Argentina: Editorial EDULP ediciones.

Ríos, C, Marín, M P, Catafau, M, & Wittwer, F. (2006). Concentraciones sanguíneas de  $\beta$ -hidroxibutirato, NEFA, colesterol y urea en cabras lecheras de tres rebaños con sistemas intensivos de producción y su relación con el balance nutricional. Archivos de medicina veterinaria, 38(1), 19-23. <https://dx.doi.org/10.4067/S0301-732X2006000100003>.

Robinson, T., Wayment, T., Jensen, R. & Hine, A. (2016). Digestion of Soybean Meal in Alpacas. Journal of Animal Science Advances. J. Anim Sci Adv,1794-1801. DOI: 10.5455/jasa.1969123104000011.

Rodriguez, C, L. (2019). Curvas de crecimiento de peso vivo y supervivencia de crias de alpacas (*Vicugna pacos*) en Iscahuca, Apurimac. Tesis para optar el título profesional de Medico Veterinario y Zootecnista. Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurimac. 97p.

Rojas, A, D., Pérez, H, U., Llacsá, J. & Roque, B. (2021). Efecto de la suplementación de concentrado fibroso sobre el rendimiento reproductivo de alpacas en Altiplano peruano. Vol. 32. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, , 32(4), e20926. <https://dx.doi.org/10.15381/rivep.v32i4.20926>.

Ruiz, J., Quispe, E, C., Mueller, J. & Alfonso, L. (2008). Actualidades sobre la adaptación, producción, reproducción y mejora genética en camélidos. Avances en biotecnología reproductiva aplicada en la hembra de los camélidos sudamericanos-Huancayo, imprenta edición grafica industrial. 82p.

Russi, B, C & Villamarín, M, C. (2017). Cambios metabólicos producidos en ovejas con toxemia de la gestación subclínica, influencia sobre variables determinantes de la

sobrevida de sus corderos, Uruguay. Tesis de grado de la Universidad de la república facultad de veterinaria. 57p.

Santos, RA., Campos, AGS., Afonso, JAB., Soarese. PC. & Mendonça, CL. (2012). Efeito da administração de propileno glicol e cobalto associado à vitamina B12 sobre o perfil metabólico e a atividade enzimática de ovelhas da raça Santa Inês no periparto. *Pesq. Vet. Bras.* 60-66. <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2012001300012>.

SENAMHI (2023). Tiempo. Aviso Meteorológico. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.

Silva, J., Ruiz Moreno, M. & Rodríguez, E. (1997). Determinación de cuerpos cetónicos en orina como método de diagnóstico precoz para la prevención de la toxemia de la gestación en ovejas. *Avances En Ciencias Veterinarias*, 12(2). <https://doi.org/10.5354/acv.v12i2.4797>.

Smith, M, A., Bush, R, D., Van de Ven, R, J. & Hopkins, D, L. (2016). The effect of grain supplementation on alpaca (*Vicugna pacos*) production and meat quality. *Journals & Books, Small Ruminant Research*, 147, 25-31. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2016.11.024>.

Suaña, V, G. (2017). Ensilado de avena (*Avena sativa*) con adición de urea y nitroshure en tres niveles en bolsas de polietileno en Puno. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional del Altiplano – Puno, Facultad de Ciencias Agrarias Escuela Profesional de Ingeniería Agronomica. 90p.

Stritzler, Néstor, P. & Rabotnikof, Celia, M. (2019). Nutrición y alimentación de ruminantes en la región semiárida central argentina. Argentina. Primera edición compendiada, 159. <https://repo.unlpam.edu.ar/handle/unlpam/7225>.

Van Saun, R., Cebra, C., Anderson, D., Tibary, A., & Johnson, L. (2014). Llama y alpaca care: Medicine, surgery, Reproduction, Nutrition and Herd Health. EE.UU: 1° edición- Elsevier. 808p.

Vaughan, J. (2007). Nutrition and Mating, Conference Notes, WA Central Region Seminar. University of Sydney Australian. Australian Alpaca Association Ltd. (03) 9873 7700,1-2.

Yactayo, C, P. (2022). Composicion botanica y nutricion de pastizales nativos y cultivados durante dos epocas en el distrito de Canchayllo, provincia Jauja. Tesis para Optar el Grado de Maestro Magister Scientiae en Nutricion. Universidad Nacional Agraria la Molina Escuela de Posgrado Maestria en nutricion. 112p.

Yang, Z., Dong, S., Zheng, Y., Kong, F, Lv J., Sun, X., Wang, Y., Cao, Z. & Wang, W, Li S. (2022). Effects of Concentrate Levels in Prepartum Diet on Milk Performance, Energy Balance and Rumen Fermentation of Transition Montbéliarde-Holstein Crossbred Cows. *Animals (Basel)*, 2022 Apr 19;12(9):1051. Apr. PMID: 35565478; PMCID: PMC9101529. DOI: 10.3390/ani12091051.

Yauri, B, E. (2020). Diversidad de protozoarios del compartimento 1 de alpacas y rumen de ovinos en condiciones naturales. .Tesis para optar el titulo profesional de Medico Veterinario. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Universidad del Peru. Decana de America, Facultad de Medicina Veterinaria, Escuela Profesional de Medicina Veterinaria. 86p.

Zhou, X, Ouyang, Z., Zhang, X., Wei, Y, Tang, S., Ma, Z., Tan, Z., Zhu, N., Teklebrhan, T. & Han, X. (2019). Sweet corn stalk treated with *Saccharomyces cerevisiae* alone or in combination with *Lactobacillus plantarum*: nutritional composition, fermentation traits and aerobic stability. *Journal Animals*, 9. Doi:10.3390/ani9090598.

## ANEXOS

### Prueba de t

#### **Anexo 1.** Concentración de ácidos grasos volátiles totales con y sin suplementación por meses en alpacas Suri

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales

	<i>Octubre-sin suplementación</i>	<i>Octubre-con suplementación</i>	<i>Diciembre-sin suplementación</i>	<i>Diciembre-con suplementación</i>	<i>Enero-sin suplementación</i>	<i>Enero-con suplementación</i>
Media	0.08259093	0.0825524	0.08242679	0.0825771	0.08252671	0.08252554
Varianza	4.4608E-08	6.072E-09	4.5327E-09	2.9522E-08	2.7869E-08	9.887E-08
Observaciones	7	2	5	7	7	5
Diferencia hipotética de las medias	0		0		0	
Grados de libertad	6		8		6	
Estadístico t	0.39721078		-2.09977586		0.00761894	
P(T<=t) una cola	0.35247832		0.03448078		0.49708402	
Valor crítico de t (una cola)	1.94318028		1.85954804		1.94318028	
P(T<=t) dos colas	0.70495664		0.06896156		0.99416803	
Valor crítico de t (dos colas)	2.44691185		2.30600414		2.44691185	

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales

	<i>Total, sin suplementación</i>	<i>Total, con suplementación</i>
Media	0.08252408	0.08255516
Varianza	2.9536E-08	4.5112E-08
Observaciones	19	14
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	24	
Estadístico t	-0.44967505	
P(T<=t) una cola	0.32848992	
Valor crítico de t (una cola)	1.71088208	
P(T<=t) dos colas	0.65697984	
Valor crítico de t (dos colas)	2.06389856	

#### **Anexo 2.** Concentración $\beta$ -hidroxibutirato sin y con suplementación por meses en alpacas Suri

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales

	<i>Octubre-sin suplementación</i>	<i>Octubre-con suplementación</i>	<i>Diciembre-sin suplementación</i>	<i>Diciembre-con suplementación</i>	<i>Enero-sin suplementación</i>	<i>Enero-con suplementación</i>
Media	0.12859174	0.14568063	0.14337628	0.1458296	0.09663059	0.14823592
Varianza	0.00017086	0.00262543	3.5654E-05	0.00141278	0.00052403	0.00115162
Observaciones	7	2	5	5	7	6
Diferencia hipotética de las medias	0		0		0	
Grados de libertad	1		4		9	
Estadístico t	-0.46733495		-0.14414179		-3.15938177	

P(T<=t) una cola	0.36084262	0.44617953	0.00578085
Valor crítico de t (una cola)	6.31375151	2.13184679	1.83311293
P(T<=t) dos colas	0.72168525	0.89235906	0.01156171
Valor crítico de t (dos colas)	12.7062047	2.77644511	2.26215716

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales

	<i>Sin suplementación total</i>	<i>Con suplementación total</i>
Media	0.12070725	0.14691729
Varianza	0.00063191	0.00117117
Observaciones	19	13
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	21	
Estadístico t	-2.35993798	
P(T<=t) una cola	0.01401651	
Valor crítico de t (una cola)	1.7207429	
P(T<=t) dos colas	0.02803303	
Valor crítico de t (dos colas)	2.07961384	

### Anexo 3. Peso vivo con y sin suplementación por meses en alpacas Suri

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales

	<i>Octubre-sin suplementación</i>	<i>Octubre-con suplementación</i>	<i>Noviembre-sin suplementación</i>	<i>Noviembre-con suplementación</i>	<i>Diciembre-sin suplementación</i>	<i>Diciembre-con suplementación</i>
Media	61.53125	60.0625	63.3125	63.50625	64.303125	64.49375
Varianza	49.015121	29.0766129	47.5443548	28.2780242	47.8016028	28.1464113
Observaciones	32	32	32	32	32	32
Diferencia hipotética de las medias	0		0		0	
Grados de libertad	58		58		58	
Estadístico t	0.94020019		-0.12586877		-0.12373616	
P(T<=t) una cola	0.17550712		0.45013555		0.450976	
Valor crítico de t (una cola)	1.67155276		1.67155276		1.67155276	
P(T<=t) dos colas	0.35101424		0.9002711		0.901952	
Valor crítico de t (dos colas)	2.00171748		2.00171748		2.00171748	

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales

	<i>Enero-sin suplementación</i>	<i>Enero-con suplementación</i>	<i>Febrero-sin suplementación</i>	<i>Febrero-con suplementación</i>	<i>Sin suplementación total</i>	<i>Con suplementación total</i>
Media	66.3387097	66.765625	67.4230769	69.0294118	64.1835714	64.3310345
Varianza	52.0231183	32.2255544	34.4935897	38.7334559	50.2163469	37.7768774
Observaciones	31	32	13	17	140	145

Diferencia hipotética de las medias	0	0	0
Grados de libertad	57	27	274
Estadístico t	-0.26052675	-0.72332541	-0.18739643
P(T<=t) una cola	0.39769819	0.23785009	0.42574426
Valor crítico de t (una cola)	1.67202889	1.70328845	1.65043379
P(T<=t) dos colas	0.79539638	0.47570018	0.85148852
Valor crítico de t (dos colas)	2.00246546	2.05183052	1.96865963

#### Anexo 4. Peso vivo de crías al nacimiento con y sin suplementación en alpacas Suri

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales

	<i>Crías sin suplementación</i>	<i>Crías con suplementación</i>
Media	6.61428571	7.45714286
Varianza	1.09142857	0.22619048
Observaciones	7	7
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	8	
Estadístico t	-1.94271037	
P(T<=t) una cola	0.04398865	
Valor crítico de t (una cola)	1.85954804	
P(T<=t) dos colas	0.08797729	
Valor crítico de t (dos colas)	2.30600414	

#### Chi cuadrado

#### Anexo 5. Cambio de la condición corporal con y sin suplementación de las alpacas

Cambio CC	Grupo			P valor
	Sin suplementación	Suplementación	Total	
Aumenta	28.13%	42.19%	70.31%	0.0042
Igual	21.88%	7.81%	29.69%	
Total	50.00%	50.00%	100.00%	



**Anexo 6.** (A) Imagen del muestreo de los pastizales; (B) Imagen de la muestra del ensilado de avena



**Anexo 7.** (C) Imagen de las muestras de pastizales y el ensilado de avena en la estufa por 42 horas; (D) Imagen del pesado de la muestra despues de sacar de la estufa.



**Anexo 8.** (E) Imagen del diagnostico de preñez; (F) Imagen del muestreo de sangre de la vena yugular de las alpacas preñadas.



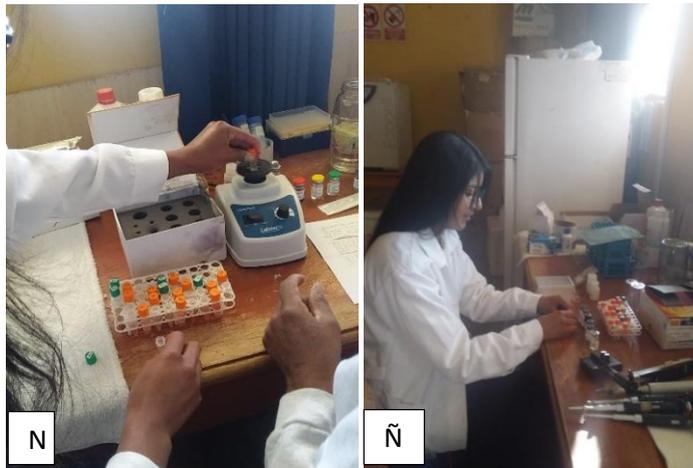
**Anexo 9.** (G) Imagen cuando se registraba el peso vivo y evaluación de la condición corporal de las alpacas cada mes hasta la parición. (H) Imagen de la hora de la suplementación a las alpacas.



**Anexo 10.** (I) Imagen cuando inicio la parición; (J) Imagen del peso de las crías al nacimiento.



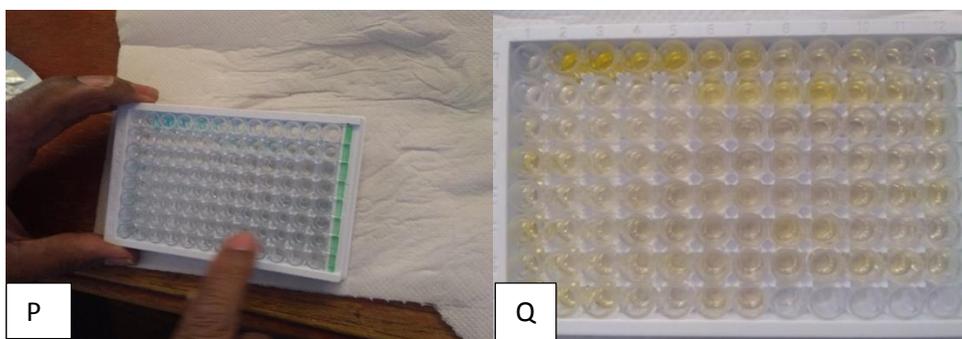
**Anexo 11.** (K) Imagen de los reactivos de AGV, (L) B-BH y (N) Imagen de muestras de suero sanguíneo.



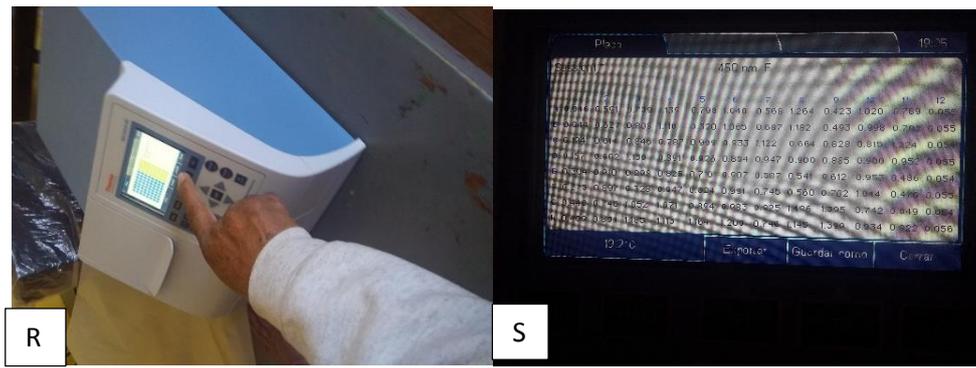
**Anexo 12.** (N) Imagen de la Homogenización de la muestra en el vortex; (Ñ) Imagen de la determinación de AGV mezcla de reactivos y muestra de suero sanguíneo.



**Anexo 13.** (M) Imagen de la preparación de estándares; (O) Imagen del pipeteo de la muestra y BHB a la placa.



**Anexo 14.** (P) Imagen del cambio de color de la reacción de AGV y (Q) imagen de cambio de color de la reacción de BHB.



**Anexo 15.** (R) Imagen de la lectura de AGV y BHB en la maquina lectora; (S) Imagen de los resultados de AGV y BHB.