

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE AGRONOMÍA Y ZOOTECNIA

ESCUELA PROFESIONAL DE ZOOTECNIA



“DIGESTIBILIDAD COMPARATIVA EN ALPACAS ADULTAS SOMETIDAS

A SUBALIMENTACIÓN Y SOBREALIMENTACIÓN”

Tesis presentada por la Bachiller en Ciencias Agrarias: PAOLA KATHERINE CHIPA GUILLEN,
para optar al Título Profesional de INGENIERO ZOOTECNISTA

ASESOR:

PhD. WALTER ORESTES ANTEZANA JULIÁN

FINANCIADO POR LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

PROYECTO: **“DESARROLLO Y VALIDACIÓN DE METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD METABÓLICA (UTILIZACIÓN ENERGÉTICA Y PROTEICA) Y LA EMISIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN ALPACAS”**

CUSCO – PERU

2022

INFORME DE ORIGINALIDAD

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

El que suscribe, asesor del trabajo de investigación/tesis titulado: Digestibilidad comparativa en alpacas sometidas a subalimentación y sobrealimentación
presentado por: Bach. Paola Katherine Chirpa Guillen
con Nro. de DNI: 23943240, para optar el título profesional/grado académico de Ingeniero Zootecnista

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 2 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 1%

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.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
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.	

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

Cusco, 25 de Enero de 2023

Firma

Post firma Walter Ernesto Antezaca Julcau

Nro. de DNI 23943240

ORCID del Asesor 0000-0001-9446-7338

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid:27259:200360257

NOMBRE DEL TRABAJO

Tesis Katherine (1).docx

AUTOR

Paola Katherine Chipa Guillen

RECUENTO DE PALABRAS

18781 Words

RECUENTO DE CARACTERES

101306 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

82 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

6.4MB

FECHA DE ENTREGA

Jan 25, 2023 12:13 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jan 25, 2023 12:15 PM GMT-5**● 1% de similitud general**

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

- 1% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 1% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 15 palabras)

DEDICATORIA

*A mi madre Yrma, por su amor infinito e inagotable
paciencia, por su apoyo incondicional y por siempre estar a mi lado, especialmente cuando
los días son fríos y grises, por ser mi mejor amiga y maestra de vida.*

*A mi padre Santos, por enseñarme que con dedicación, perseverancia y esfuerzo todo
es posible, aun cuando el camino es sinuoso y complicado.*

*A mis hermanos, Diego Armando y José Manuel, por ser mi lugar seguro en el
mundo, por inspirarme, motivarme, apoyarme y por confiar siempre en mí.*

*A mí, por levantarme a pesar de las caídas, por ser más fuerte y apasionada cada
día, por creer en mí misma y por siempre soñar.*

AGRADECIMIENTOS

Al proyecto de investigación **“Desarrollo y validación de metodologías de evaluación de la actividad metabólica (utilización energética y proteica) y la emisión de gases de efecto invernadero en alpacas”**, por el **financiamiento de esta investigación**.

Al PhD. Walter Orestes Antezana Julián, por su constante apoyo y por permitirme acceder a sus conocimientos y experiencia durante el desarrollo de este estudio.

Al PhD. Juan Moscoso Muñoz, responsable del Laboratorio de Nutrición Animal - UNSAAC y a la M. Sc. Liz Chino Velásquez, por su orientación y apoyo en los análisis realizados en este estudio.

A José María, por su comprensión, apoyo incondicional y principalmente por llenar mi vida de hermosos colores.

A Kasuyoshi Jesús, Wilfredo Manuel, Nilton Noe y Nery, por su amistad y compañía en esta etapa de mi vida.

A la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, mi casa de estudios, por permitirme conocer a grandes profesionales y enriquecer mis conocimientos en sus aulas.

Al IVITA – Maranganí de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos y al PhD. Víctor Vélez Marroquín, por sus recomendaciones para el desarrollo esta investigación.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
ÍNDICE.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS.....	vi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	vii
GLOSARIO.....	viii
RESUMEN.....	1
CAPÍTULO I.....	2
INTRODUCCIÓN.....	2
OBJETIVOS.....	4
JUSTIFICACIÓN.....	5
CAPÍTULO II.....	6
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	6
1. Antecedentes.....	6
2. Marco teórico.....	9
2.1. Alimentación de los camélidos sudamericanos.....	9
2.2. La alpaca.....	11
2.3. Anatomía y fisiología de los camélidos sudamericanos.....	11
2.4. Requerimientos nutricionales de las alpacas.....	19
2.5. Digestibilidad.....	21
2.6. Valoración nutricional de los alimentos.....	24

2.7. Avena (Avena sativa).....	26
2.8. Alfalfa (Medicago sativa)	27
CAPÍTULO III	28
MATERIALES Y MÉTODOS	28
1. Lugar de estudio	28
2. Duración del estudio.....	28
3. Animales experimentales	28
4. Alimentación.....	29
5. Materiales y equipos	31
5.1. Materiales de campo	31
5.2. Equipos de Campo	31
5.3. Materiales de Laboratorio.....	31
5.4. Equipos de Laboratorio	32
6. Métodos	32
6.1. Etapa preexperimental.....	32
6.2. Etapa experimental.....	34
6.3. Determinación del coeficiente de digestibilidad	37
7. Diseño Experimental	38
7.1. Diseño Estadístico.....	38
7.2. Variables del estudio	38
CAPÍTULO IV	39
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	39

CAPÍTULO V.....	46
CONCLUSIONES.....	46
RECOMENDACIONES.....	47
CAPÍTULO VI	48
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48
ANEXOS	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resultados del Estudio Digestibilidad Aparente de Forrajes Secos por la Alpaca (<i>Lama pacos</i>). I. Henos de Alfalfa (<i>Medicago sativa</i>) de Tres Calidades y Heno de Quinhuilla (<i>Chenopodium album</i>)	6
Tabla 2. Resultados del Estudio "Efecto del Nivel de Consumo Sobre la Digestibilidad y Valor Energético de Concentrado Fibroso en Llamas y Alpacas"	7
Tabla 3. Resultados del Estudio "Evaluación de la Digestibilidad Aparente de Raciones de Pastos Nativos y Alfalfa (<i>Medicago sativa</i>) en Llamas (<i>Lama glama</i>) en la localidad de Choquenaira-La Paz"	8
Tabla 4. Edad y peso vivo de los animales experimentales.....	29
Tabla 5. Composición química de los insumos de la dieta experimental.....	29
Tabla 6. Composición química de la dieta experimental	30
Tabla 7. Consumo, excreción y digestibilidad aparente de la MS, PC, EB y FDN en alpacas Huacaya adultas alimentadas con tres niveles de oferta de alimento (33, 43 y 53 gMS/kgPV ^{0.75})	40
Tabla 8. Consumo de Materia Seca con Relación al Peso Vivo y Peso Metabólico	44

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Alimento ofrecido, consumo en base fresca y seca, consumo total de materia seca y agua durante el Nivel de Subalimentación 33 gMS/kgPV ^{0.75}	64
Anexo 2. Alimento ofrecido, consumo en base fresca y seca, consumo de materia seca y agua durante el Nivel de Mantenimiento - 43 gMS/kgPV ^{0.75}	65
Anexo 3. Alimento ofrecido, consumo en base fresca y seca, consumo de materia seca y agua durante el Nivel de Sobrealimentación - 53 gMS/kgPV ^{0.7}	66
Anexo 4. Evolución del peso vivo (kg) de los animales experimentales durante los tres niveles de alimentación	67
Anexo 5. Composición química de las muestras de heces recolectadas durante el Nivel de Subalimentación - 33 gMS/kgPV ^{0.75}	67
Anexo 6. Composición química de las muestras de heces recolectadas durante el Nivel de Mantenimiento - 43 gMS/kgPV ^{0.75}	68
Anexo 7. Composición química de las muestras de heces recolectadas durante el Nivel de Sobrealimentación - 53 gMS/kgPV ^{0.75}	68
Anexo 8. Análisis de varianza para el consumo de la Materia Seca	68
Anexo 9. Análisis de varianza para la digestibilidad de la Materia Seca	69
Anexo 10. Análisis de varianza para la digestibilidad de la Materia Orgánica	69
Anexo 11. Análisis estadístico para la digestibilidad de la Energía Bruta	69
Anexo 12. Análisis de varianza de la digestibilidad de la Proteína Cruda	70
Anexo 13. Análisis de varianza para la digestibilidad de la Fibra Detergente Neutra (FDN)	70

GLOSARIO

CSA	Camélidos Sudamericanos
IVITA	Instituto Veterinario de Investigaciones de Trópico y de Altura
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
INEI	Instituto Nacional de Estadística e Informática
MINAGRI	Ministerio de Agricultura y Riego
NRC	National Research Council
A.O.A.C.	Association of Official Analytical Chemists Internacional
MS	Materia Seca
MO	Materia Orgánica
PC	Proteína Cruda
EB	Energía Bruta
FDN	Fibra Detergente Neutra
FDA	Fibra Detergente Ácida
CMS	Consumo de Materia Seca
PV	Peso Vivo
PV ^{0.75}	Peso Metabólico
AGV	Ácidos Grasos Volátiles
kgPV ^{0.75}	Kilogramo de Peso Metabólico

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el IVITA – Maranganí de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, ubicado en la provincia de Canchis a 3704 m.s.n.m. El objetivo de este estudio fue determinar el efecto de la subalimentación y sobrealimentación sobre la digestibilidad aparente de la MS, MO, EB, PC y FDN en alpacas adultas. Se utilizaron 05 alpacas macho adultos de la raza Huacaya, con un peso promedio de 65.3 ± 7.39 kg. Se proporcionó tres niveles de oferta de alimento calculados en base a su aporte de MS por kilogramo de peso metabólico, en el nivel de subalimentación se brindó 33 gMS/kgPV^{0.75}, para el nivel de mantenimiento 43 gMS/kgPV^{0.75} y para el nivel de sobrealimentación se brindaron 53 gMS/kgPV^{0.75}; la dieta experimental estuvo compuesta por heno de avena y pellet de alfalfa en una proporción de 70:30.

El estudio fue desarrollado en dos fases; la fase preexperimental o de adaptación (a insumos alimenticios y jaulas metabólicas) tuvo una duración de 20 días y la fase experimental, en la que se brindaron los tres niveles de alimentación planteados, cada nivel tuvo una duración de 26 días (21 de adaptación al nivel de oferta de alimento y 5 días de recolección de muestras de heces), durante esta fase se realizó el registro de la cantidad de alimento ingerida, rechazada, el peso vivo de los animales y la cantidad de heces producidas. Las muestras recolectadas fueron analizadas en el laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Para el análisis de resultados se empleó un diseño estadístico de cambio y el análisis de varianza.

Los coeficientes de digestibilidad aparente obtenidos para materia seca en los tres niveles de alimentación fueron $66.57 \pm 4.96\%$, $67.91 \pm 5.61\%$ y $66.68 \pm 4.81\%$, respectivamente; para la materia orgánica se obtuvo $66.92 \pm 4.96\%$, $68.82 \pm 5.36\%$ y $67.57 \pm 4.98\%$; para la proteína cruda $74.84 \pm 3.63\%$, $76.04 \pm 4.27\%$ y $74.45 \pm 3.37\%$; para la energía bruta $66.22 \pm 5.0\%$, $68.35 \pm 5.58\%$ y $67.02 \pm 4.71\%$ y para la fibra detergente neutra $56.91 \pm 6.96\%$, $58.61 \pm 7.61\%$ y $56.62 \pm 6.08\%$.

Los resultados obtenidos demuestran que la digestibilidad de los nutrientes no es influenciada por el nivel de alimentación (subalimentación y sobrealimentación) en alpacas.

Palabras clave: *Alpaca, jaulas metabólicas, digestibilidad*

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Los Camélidos Sudamericanos (CSA) constituyen un recurso genético de gran importancia cultural, económica, social y científica para el Perú (FAO, 2005). Según el INEI, en el año 2018 se poseía una población de 4.6 millones de alpacas, correspondiente a la mayor cantidad de individuos de esta especie a nivel mundial (Pinto *et al.*, 2010). La crianza de CSA se desarrolla de manera extensiva y poco tecnificada en las zonas altas de los andes, a altitudes de entre 3500 a 5350 m.s.n.m. (Arias *et al.*, 2016; Ormachea *et al.*, 2015).

La alpaca es considerada la especie ideal para una ganadería sostenible pues su crianza genera un impacto ambiental menor al de otros animales, debido a ciertas características morfológicas, fisiológicas, nutricionales y etológicas, también son reconocidos como el único medio de aprovechamiento de las extensas áreas de pastos naturales altoandinos (MINAGRI, 2016) que son la base de su alimentación.

La disponibilidad y el aporte nutricional de los pastizales altoandinos varía entre estaciones, lo que genera limitaciones para cubrir los requerimientos nutricionales de los CSA, lo que repercute en su comportamiento productivo. Los CSA son sometidos a dos períodos alimentarios altamente diferenciados que influyen en su fisiología digestiva generando diferentes niveles de eficiencia del uso de nutrientes (Moscoso *et al.*, 2017), entre los meses de noviembre a abril se presenta la época de lluvias caracterizada por una alta disponibilidad de pastos con gran contenido de nutrientes y condiciones climáticas benignas; mientras que de mayo a octubre, en la época de sequía, se presentan condiciones climáticas adversas que generan escasez de alimento (San Martín, 1994). Los requerimientos nutricionales tiene una gran importancia práctica para brindar una dieta adecuada a los animales en concordancia a los objetivos productivos planteados en su crianza, así como en la prevención de la subalimentación, sobrealimentación y enfermedades nutricionales.

Tomando en consideración que el estado del conocimiento de las alpacas, aun es insuficiente, se plantea realizar este trabajo de investigación a fin de encontrar posibles variaciones en la digestibilidad de la Materia Seca (MS), Materia Orgánica (MO), Energía Bruta (EB), Proteína Cruda (PC) y Fibra Detergente Neutra (FDN) brindando diferentes niveles de oferta nutricional, subalimentación y sobrealimentación, correspondientes al 75 y 125% de una dieta de mantenimiento ($43 \text{ gMS/kgPV}^{0.75}$) basada en heno de avena y pellet de alfalfa,, con el objetivo de evaluar la respuesta animal frente a diferentes niveles de oferta nutricional, considerando que esta depende de su digestibilidad (Correa *et al.*, 1994).

OBJETIVOS

Objetivo general

- Determinar el efecto de la sub y sobre alimentación sobre la digestibilidad aparente de la MS, MO, EB, PC y FDN en alpacas adultas.

Objetivos específicos

- Determinar la digestibilidad aparente de la MS, MO, EB, PC y FDN en alpacas subalimentadas (75% de la dieta de mantenimiento).
- Determinar la digestibilidad aparente de la MS, MO, EB, PC y FDN en alpacas sobrealimentadas (125% de la dieta de mantenimiento).
- Establecer posibles cambios en la digestibilidad de las alpacas asociados a diversos niveles de oferta de alimento.

JUSTIFICACIÓN

La crianza de la alpaca cumple un rol muy importante en la economía de la población altoandina (Wheeler J. C., 1995) pues proveen productos de alta calidad, como lo son la fibra y la carne, y a menudo son el único medio de subsistencia de un vasto sector de la población de estas regiones (FAO, 2005).

El crecimiento poblacional de la humanidad representa un gran desafío para su desarrollo, transformando la alimentación humana en un punto crucial, principalmente referido a la obtención de proteína. Como consecuencia del crecimiento de las ciudades por efecto de las migraciones rurales, el recurso agropecuario se ha visto altamente disminuido en espacio y mano de obra. Es por esto por lo que se deben incrementar los horizontes de la producción animal, orientando su explotación a especies no competitivas con la especie humana en la obtención de recursos nutricionales, tal es así el caso de los CSA que utilizan un recurso primario vegetal para convertirlo en alimentos ricos en proteína (Van Saun R. J., 2009).

La información que se posee en relación a la respuesta del animal al ser sometido a distintos niveles de oferta de alimento es insuficiente, es por ello que el principal objetivo de esta investigación es establecer posibles variaciones en la digestibilidad de las alpacas al brindarles distintos niveles de oferta de alimento, a partir de esta información se podrá comprender mejor la fisiología digestiva de estos animales y verificar si su capacidad de asimilar los nutrientes ofrecidos se ve influenciada por la oferta alimenticia, lo que permitirá proponer y desarrollar sistemas de alimentación que permitan aprovechar eficientemente el potencial del animal y el contenido nutricional de la especie forrajera.

CAPÍTULO II
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1. Antecedentes

López *et al.*, (1996), realizaron un estudio en alpacas para determinar los coeficientes de digestibilidad aparente de la MS, MO, EB, PC y FDN empleando como insumos alimenticios heno de quinuilla y heno de alfalfa variedad WL320, correspondiente a tres distintos cortes (C-1, C-3, C-4), para este estudio se utilizaron ocho animales ubicados en corrales individuales y las muestras de heces se colectaron por medio de bolsas colectoras con arneses. Los resultados obtenidos en este estudio se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Resultados del Estudio Digestibilidad Aparente de Forrajes Secos por la Alpaca (*Lama pacos*). I. Henos de Alfalfa (*Medicago sativa*) de Tres Calidades y Heno de Quinuilla (*Chenopodium album*)

Variables	Quinuilla		Alfalfa C-1		Alfalfa C-3		Alfalfa C-4	
	Promedio	SD	Promedio	SD	Promedio	SD	Promedio	SD
Consumo Voluntario								
%PV	1.34 ^b	0.31	1.95 ^a	0.14	1.75 ^{ab}	0.38	1.91 ^a	0.24
g/PV ^{0.75}	37.6 ^b	10.0	54.6 ^a	5.00	48.6 ^{ab}	10.6	53.3 ^a	6.70
Coefficientes de Digestibilidad Aparente								
Materia Seca	67.40 ^a	1.90	65.10 ^a	2.90	63.50 ^a	4.50	64.30 ^a	3.10
Materia Orgánica	68.70 ^a	2.30	67.30 ^a	3.00	65.80 ^a	4.50	66.10 ^a	2.80
Proteína Cruda	73.80 ^a	2.50	71.30 ^a	5.50	73.90 ^a	8.60	76.10 ^a	3.00
FDN	60.30 ^a	6.60	54.60 ^{ab}	4.90	51.00 ^{bc}	6.40	44.30 ^c	4.00

Donde: ^{a, b, c}: En líneas, superíndices distintos indican diferencias estadísticas (P<0.05)

Fuente: López, Cabrera & Rojas (1996)

Los coeficientes de digestibilidad aparente obtenidos para la MS y MO para la quinuilla y el alfalfa (C-1, C-3 y C-4), no reflejaron una diferencia significativa entre los distintos forrajes pero se evidenció una tendencia a favor de la quinuilla; así mismo, se concluyó que la digestibilidad de la proteína (71 – 76%) no muestra diferencias significativas entre dietas; en el caso de las paredes celulares (FDN) se evidenció una diferencia significativa a favor de la

quinuilla en comparación a las alfalfas, demostrando una correspondencia entre el nivel de lignina y su digestibilidad; también se obtuvo que el consumo diario promedio en base seca con relación al peso vivo en ningún caso sobrepasó el 2% del peso vivo.

Huareccallo (2017), evaluó el efecto del nivel de consumo sobre la digestibilidad y valor energético de concentrado fibroso en cuatro llamas y alpacas, brindando una mezcla de heno de avena y alfalfa con cuatro niveles: mantenimiento (40 g/kgPV^{0.75}), intermedio bajo (50 g/kgPV^{0.75}), intermedio alto (60 g/kgPV^{0.75}) y *ad libitum* (70 g/kgPV^{0.75}), mediante un ensayo de metabolismo *in vivo*. Los resultados obtenidos para alpacas se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Resultados del Estudio "Efecto del Nivel de Consumo Sobre la Digestibilidad y Valor Energético de Concentrado Fibroso en Llamas y Alpacas"

Nivel de consumo	kg/día	%PV	g/kgPV ^{0.75}	Digestibilidad MS%
Mantenimiento	0.792	1.30	36.70	61.9 ± 5.1
Intermedio bajo	0.883	1.50	40.90	63.0 ± 3.9
Intermedio alto	1.211	1.90	54.50	58.5 ± 4.0
<i>Ad libitum</i>	0.985	1.60	44.40	60.1 ± 4.2
Promedio	0.968	1.60	44.10	
SD	0.20	0.30	7.60	
C.V.,%	18.60	16.70	17.20	

Fuente: Huareccallo (2017)

Respecto a la digestibilidad de la materia seca para cada tratamiento, Huareccallo (2017), no reportó diferencias significativas y concluyó que la digestibilidad no se ve afectada directamente por el nivel de consumo.

Dorado (2008), realizó un ensayo para determinar la digestibilidad aparente en doce llamas en función a cuatro dietas de pastos nativos (*Stipa ichu*, *Festuca dollichophylla* y *Calamagrostis heterophylla*) y alfalfa (*Medicago sativa*) en distintas proporciones: 75-25%, 50-50%, 25-75% y 0-100%, empleando dos métodos de recolección de muestras (jaulas metabólicas y arneses). Respecto a los métodos de recolección, se obtuvo diferencias significativas con relación a los coeficientes de digestibilidad obtenidos, siendo superior el

obtenido con jaulas ($60.25 \pm 7\%$). En la Tabla 3 se presentan los resultados obtenidos para el método de recolección de jaulas metabólicas.

Tabla 3. Resultados del Estudio "Evaluación de la Digestibilidad Aparente de Raciones de Pastos Nativos y Alfalfa (*Medicago sativa*) en Llamas (*Lama glama*) en la localidad de Choquenaira-La Paz"

	75-25%		50-50%		25-75%		0-100%		p-value
	Promedio	SD	Promedio	SD	Promedio	SD	Promedio	SD	
Materia Seca	66.1	0.7	64.2	9	52.4	3.2	58.4	3.3	<0.01
Proteína Cruda	70.7	0.9	73.7	7.5	74	7.5	52.1	8.1	<0.01
Fibra Cruda	66.9	1.1	59.7	9.7	30.6	3.7	67.3	2.9	<0.05
Extracto Etéreo	66.8	6.38	67.2	7.76	59.8	7.8	40.1	5.9	<0.05
ELN	66.7	0.7	66.9	8.1	55.6	5.5	56.8	5.3	<0.01

Fuente: Dorado (2008)

Con base en los resultados obtenidos, Dorado (2008) concluyó que, la digestibilidad de la segunda dieta era superior a las otras, por lo cual se planteó la posibilidad de suplementar una dieta en base al consumo de pradera nativa con un 25 a 50% de alfalfa o algún forraje altamente nutritivo.

López *et al.*, (2000), realizaron un estudio con ocho llamas alimentadas con tres dietas, considerando diferentes proporciones de heno de alfalfa y de paja de trigo, teniendo la primera 100% heno de alfalfa, la segunda con 75% heno de alfalfa y 25% de paja de trigo y la tercera un 50% heno de alfalfa y 50% paja de trigo, reportaron que la digestibilidad de la MS para cada tratamiento fue 56.3, 53.6 y 51.9% respectivamente; 58.5, 54.8 y 54.1% para la MO; 76.7, 73.5, 64.8% para la PC; 42.8, 42.3 y 46.5% para la FDN; concluyendo que el coeficiente de digestibilidad de la PC disminuye con relación a la calidad de la dieta, pero la digestibilidad de las paredes celulares se mantiene constante o aumenta.

2. Marco teórico

2.1. Alimentación de los camélidos sudamericanos

Durante los primeros 15 días de vida, las crías de alpaca se alimentan exclusivamente de leche materna, la cual fortalece su sistema inmunológico y brinda los nutrientes necesarios para un adecuado desarrollo. Hasta el momento del destete, entre los 8 a 10 meses de edad (Yaranga, 2009) su alimentación cambiará gradualmente, pasará de tener una alimentación láctea a una en base al consumo de praderas altoandinas con predominio de gramíneas y escasa presencia de leguminosas (FAO, 2009).

Las alpacas son muy selectivas respecto a los alimentos que consumen y el ciclo estacional del ecosistema altoandino influye en la oferta de pastos (Raggi & Ferrando, 1998). Durante la época seca prefieren *Eleocharis albibracteata* (Quemillo), *Poa spp.* (**K'acho**), *Calamagrostis heterophylla* (Crespillo), *Calamagrostis vicunarum* (Ñapha pasto), *Alchemilla pinnata* (Sillu sillu), *Muhlebergia fastigiata* (Grama dulce), y *Carex spp.* (Qoran qoran); teniendo mayor preferencia por *Poa gymnantha* (**Q'acho**), *Muhlebergia peruviana* (Ñapha), *Stipa brachiphylla* (Grano ichu), *Ranunculus limoselloides* (Isidro), y *Trifolium amabile* (Layo); mientras que la *Festuca dolichophylla* (Chilliwa) tiene una baja preferencia (Bryant & Farfan, 1984).

Por esto, es necesario realizar un manejo racional de las praderas disponibles, evitando el sobrepastoreo, para obtener el mayor beneficio posible de ellas y una producción sostenible. En zonas ubicadas a altitudes de 4000 metros a más, se logró establecer pastos cultivados con excelentes rendimientos entre especies de gramíneas del género *Lolium* y leguminosas del género *Trifolium*, es preciso mencionar que no se observaron problemas de timpanismo en alpacas a causa del alto consumo de leguminosas, a diferencia de otras especies de rumiantes, por lo que establecer pastos cultivados en zonas altoandinas constituye una alternativa para aliviar la presión sobre los pastos naturales y al mismo tiempo obtener una mayor productividad (FAO, 2005).

2.1.1. Períodos Nutricionales Críticos

El altiplano andino es el hábitat natural de los CSA y también es la zona donde se realiza su crianza en sistemas extensivos, debido a esto, su alimentación es limitada como consecuencia de la baja disponibilidad de forraje influenciada directamente por los cambios estacionales propios de la zona. El altiplano andino presenta dos estaciones diferenciadas, la época seca, comprende los meses de mayo a octubre en los que la disponibilidad de forraje es escasa, especialmente en las especies perennes debido a que su estado fenológico está asociado a condiciones climáticas que determinan su disponibilidad y valor nutricional; la época de lluvias, durante los meses de diciembre a marzo donde la disponibilidad de alimento es mayor. Reiner *et al.*, (1987), trabajando con alpacas en dos tipos de pastizales, observaron que la digestibilidad de la dieta y su contenido de proteína alcanza valores más bajos en los meses de sequía, agosto a octubre, mientras que en la época de lluvias sucede lo contrario.

Existen dos períodos nutricionales críticos a los que se someten los CSA criados en ambientes andinos, el último tercio de la gestación y la época del destete. Durante el último tercio de la gestación, hacia los meses de noviembre o diciembre, los requerimientos nutricionales del feto se incrementan y, en consecuencia, los de la madre, pero al encontrarse en el inicio de la época de lluvias la oferta de alimento aún es insuficiente, cabe mencionar que la fisiología reproductiva de estos animales es condicionada por la oferta forrajera de su hábitat, la que regula la gestión de la energía en los procesos reproductivos de la hembra. El destete se realiza entre los 6 y 7 meses de edad, entre los meses de julio y agosto, época crítica debido a la sequía, como consecuencia a esto los animales disminuyen de peso al no haber una óptima disponibilidad de alimento, por lo cual, no alcanzan los pesos adecuados para el primer empadre.

2.2. *La alpaca*

La alpaca *Vicugna pacos*, es la especie de camélidos domésticos con mayor existencia numérica en el Perú y también es considerada como la más pequeña, semejante a la vicuña, su antecesor silvestre (Marín *et al.*, 2007). En el año 1999, la población mundial de alpacas fue de 3 millones 481 mil unidades, teniendo Perú el 86,9% de esta población; de la misma forma, en el año 2018, la población mundial de alpacas ascendió a más de 6 millones de unidades, siendo nuevamente Perú el país con mayor población mundial (71,7%) (MINAGRI, 2019). Es un herbívoro selectivo y oportunista, se alimenta principalmente de pastos duros, verdes y jugosos, que se encuentran en zonas con abundante agua (Eisenberg & Redford, 1999) aunque suelen ramonear cuando hay extrema necesidad (San Martín & Bryant, 1991), consumen entre el 1.85 y el 2% de su peso corporal en materia seca.

2.3. *Anatomía y fisiología de los camélidos sudamericanos*

La función digestiva de camélidos y rumiantes tienen muchas similitudes, pero presentan diferencias considerables en morfología e histología. Luciano *et al.*, (1979) en **“La estructura de la membrana mucosa de la llama” citado por** Rüksamen & Engelhardt (1979), señala que la región ventral del estómago de los camélidos está cubierta por un epitelio glandular, mientras que el estómago de los rumiantes está revestido con un epitelio escamoso estratificado.

La principal característica fisiológica de los CSA es su eficiencia digestiva, que los convierte en una de las especies mejor adaptadas para habitar ecosistemas secos y húmedos, propios de la región altoandina, pues aprovechan la vegetación escasa y fibrosa. Esto se debe a diversos factores como, la selectividad del alimento a consumir (San Martín & Van Saun, 2014), el mayor tiempo de retención del alimento en su tracto digestivo (Heller *et al.*, 1986), la mayor frecuencia de contracciones estomacales (Van Saun, 2006), los ciclos de rumia cortos, la presencia de sacos glandulares en el estómago (Flórez, 1973) y la mayor concentración de

amoníaco en el C1 y C2, que aumenta la disponibilidad de nitrógeno para la síntesis microbiana (Hinderer & Engelhardt, 1975). Respecto a la eficiencia digestiva, San Martín (1987), realizó un estudio comparativo entre la digestibilidad *in vivo* de llamas y ovinos, encontrando mayores coeficientes de digestibilidad en llamas para dietas de baja y mediana calidad. San Martín (1991), comparó la digestibilidad aparente entre alpacas y ovinos brindando diferentes porcentajes de proteína cruda (PC) en los alimentos, concluyó en que las alpacas son más eficientes que los ovinos al ser alimentadas con forrajes pobres en PC, con valores inferiores a 7.5%, pues revelaron un coeficiente de digestibilidad de 63,7; 42,1 y 67,7% para la MS, PC y FC, respectivamente, a diferencia de los ovinos que obtuvieron un 56, 36.1 y 61.9%; pero cuando se les brindó forraje con un porcentaje de proteína mayor a 10.5% no se observaron diferencias significativas entre ambas especies.

2.3.1. Anatomía

Cavidad bucal

Los CSA poseen labios delgados de movimiento independiente, un surco medio divide los labios superiores (labio leporino), característica que los hace más eficientes al seleccionar su alimento. Son animales difiodontos, pues poseen dos denticiones, una temporal 2(I:1/3; C:1/1; P:2-3/1-2) y una permanente 2(I:1/3; C:1/1; P:1-2/1-2; M:3/3) (Bustinza, 2001). Los incisivos mandibulares y rodete dentario superior de estos animales tienden a cortar los pastos a consumir, a diferencia de los rumiantes que los arrancan. La lengua no es protruible, por lo que los CSA no pueden usarla para manipular el alimento o lamer (Fernández-Baca, 1975).

Glándulas salivales

En la cavidad bucal también se encuentran las glándulas salivales (parótidas, submaxilares, sublinguales, bucales, palatinas, labiales y linguales), cuya principal función es la de lubricar el alimento, aportar bicarbonato y fosfato a fin de amortiguar la acidez producida durante la digestión y contribuir al reciclaje de urea y fósforo (Australian Alpaca Association Inc. 2000, citado por Yaranga C., 2009).

La saliva cumple un rol fundamental en la bioquímica del primer compartimento (C1) y del segundo compartimento (C2) de los CSA, ya que debido a su composición (solución tampón de fosfato y bicarbonato) otorga un medio favorable a los microorganismos, ya que impide el descenso del pH ruminal que generaría dificultades en la producción y absorción de los AGV; Vallenas *et al.*, (1971) y San Martín y Bryant (1987) indican que la población bacteriana ruminal, se desarrolla mejor en pH cercanos a la neutralidad, el pH del C1 y C2 de la alpaca es superior al del rumen-retículo de los ovinos debido a la capacidad tamponante de su saliva (Cunningham, 1995). Ortiz (1971) indica que la saliva de las alpacas y ovinos tiene un pH y concentración de iones similares, pero que la alpaca tiene un flujo mayor que al relacionarlo con el tamaño del C1 y C2 genera un efecto buffer más potente por unidad de volumen estomacal.

Estómago

A diferencia de los rumiantes, los CSA poseen un estómago dividido en tres compartimentos (C1, C2 y C3) (Vallenas *et al.*, 1971), los cuales comprenden el 83, 6 y 11% del volumen gástrico, respectivamente, (Figura 1).

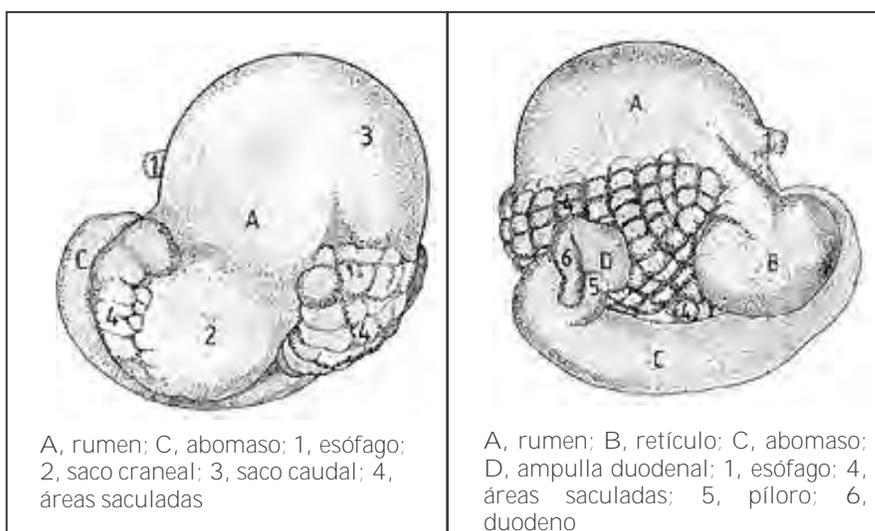


Figura 1. Prestómagos y estómagos de la llama, adaptado de Vallenas *et al.*, (1971)

El C1 es dividido transversalmente por un pliegue muscular que separa esta cavidad en un saco craneal y otro caudal, en el que se originan 13 pilares primarios con dirección craneocaudal y a su vez originan pilares secundarios que brindan el aspecto de enrejado, donde se ubican los sacos glandulares. El C2 se caracteriza por ser el compartimento de menor tamaño, reniforme de paredes planas y gruesas, también posee sacos glandulares. El C1 y C2 conforman la gran cámara de fermentación microbiana anaeróbica que contiene un ecosistema de bacterias, protozoos, arqueas y hongos que permite el aprovechamiento de vegetales fibrosos, ambos compartimentos están cubiertos por sáculos revestidos por epitelio glandular que tienen la función de liberar iones de bicarbonato y fosfato que amortiguan de la fermentación (Eckerlin & Stevens , 1979) manteniendo un pH estable, complementando la función de la saliva. El pH del contenido ruminal juega un rol fundamental en el C1 y C2, ya que la microflora celulolítica, encargada de la digestión de las paredes celulares, actúa a un pH cercano a la neutralidad (6,7 a 6,9) (Van Soest, 1994). El C3 tiene una forma tubular alargada, en su región proximal se realiza una actividad fermentativa, mientras que en su región distal se producen secreciones gástricas que contienen ácido clorhídrico y enzimas proteolíticas (Engelhardt y otros, 2007) similares a las del abomaso de los rumiantes, posee un pH entre 2 a 3, en este compartimento son absorbidos los solutos y el agua.

2.3.2. Fisiología Digestiva

Fisiología de la digestión

Durante la digestión, las grandes de forraje ingeridas son transformadas en nutrientes fáciles de absorber por mucosas digestivas mediante procesos mecánicos, biológicos y químicos. Durante el proceso de digestión mecánica, el alimento ingerido es dividido y triturado por masticación rápida durante el pastoreo con movimientos verticales y horizontales de la mandíbula (San Martín & Bryant, 1991) para ser almacenado en el primer compartimento (C1) e impregnado con saliva y el agua ingerida. Seguidamente se produce la rumia, donde el alimento ingerido es regurgitado hacia la cavidad oral para someterse a una segunda

masticación a fin de reducir el tamaño de partícula y someterse a una segunda insalivación (Vivar, 2018), este proceso tiene una duración de 7 a 12 horas al día (Yaranga, 2009).

Luego de la rumia, el alimento regresa al estómago para la digestión biológica mediante fermentación, realizada por microorganismos (hongos, bacterias y protozoarios) presentes en el C1 y C2 (Vallenas *et al.*, 1971); este proceso se inicia con la colonización de los hongos sobre el material de la dieta, a fin de debilitar su estructura, para que las bacterias procedan a alimentarse y posteriormente los protozoarios se alimenten de las bacterias. Estos microorganismos secretan enzimas que rompen la membrana de la celulosa para proveerse de carbono, usan el nitrógeno de la urea y proteínas para su crecimiento y multiplicación, los CSA aprovechan los derivados de este proceso (AGV y vitaminas del Complejo B) (Soltner, 1993, citado por Yaranga, 2009).

Seguidamente se produce la digestión química que consta de dos procesos, la digestión gástrica y la intestinal. La digestión gástrica se realiza en base a la acción del ácido clorhídrico y la pepsina, degradando la proteína en polipéptidos; mientras que en la digestión intestinal ocurren dos diastasas: la diastasa del jugo pancreático, en la que actúan la amilasa, maltasa, lipasa y tripsina; en la diastasa del jugo intestinal actúan la sacarasa, lactasa, amilasa, maltasa, lipasa y erepsina (Soltner, 1993).

Motilidad

El estómago (C1, C2 y C3) de los CSA se caracteriza por ser más activo en comparación a los movimientos bifásicos y trifásicos por minuto del de los rumiantes (Van Saun, 2009). La motilidad de los compartimientos gástricos de los CSA juega un rol crítico con relación a la actividad fermentativa, pues asegura la correcta y constante exposición del alimento ingerido a la fermentación microbiana que culminará en su degradación, es así como se producen dos fases distintas de contracciones, la Fase A y la Fase B

La Fase A inicia con la contracción del surco ventricular (San Martín & Bryant, 1989) seguida de una contracción rápida del C2, el surco ventricular se contrae nuevamente y ahora es seguido de contracción de la porción distal del C1. Durante la Fase B, la porción craneal del C1 se contrae, seguida por la contracción del C2 y de la porción caudal de C1, esta fase se realiza de entre 3 a 6 veces antes de una etapa de descanso y el inicio de un nuevo ciclo, esta mayor motilidad podría estar relacionada a la resistencia de los CSA a la acumulación de gases e hinchazón (Van Saun, 2009)(Figura 2).

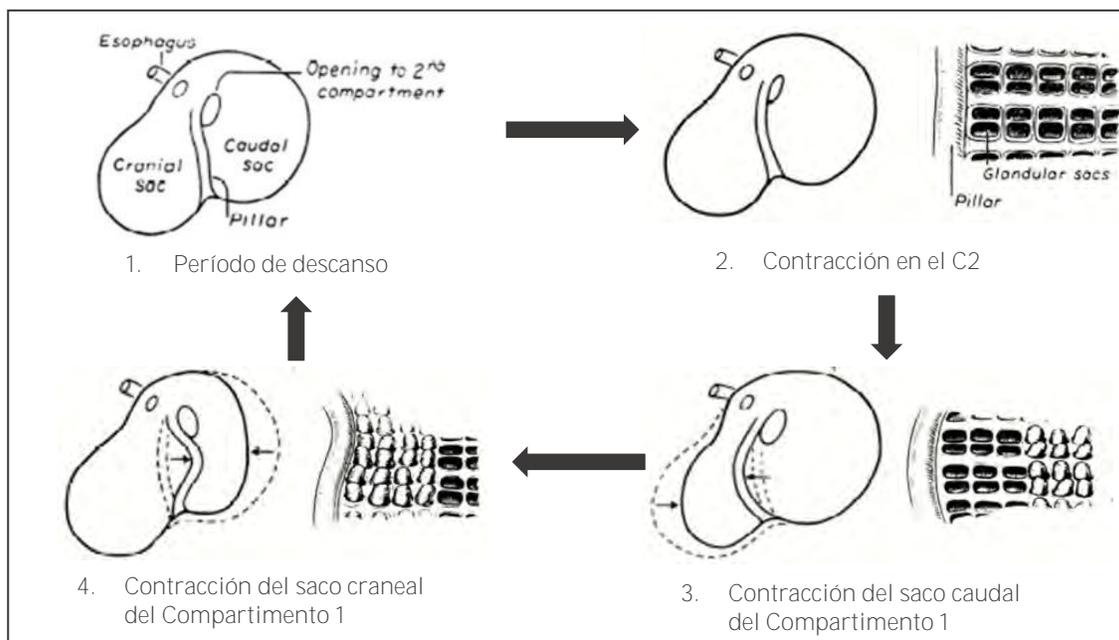


Figura 2. Etapas básicas en la contracción cíclica del C1 y C2 del estómago de la llama y el guanaco (movimiento de mezclado)

Fuente: Adaptado de Vallenas & Stevens (1971)

Tiempo de retención y tasa de pasaje del alimento

La retención de los alimentos en el tracto digestivo de los CSA es mayor al de otros rumiantes, en alpacas se estima 50.3 horas, mientras que para las llamas 62 horas (Florez & Malpartida, 1973).

La tasa de pasaje del alimento entre compartimientos depende de varios factores, como su tamaño y estructura, pues conforme se reduce el tamaño de las partículas de alimento, se incrementa la superficie de acceso a microorganismos ruminales y en consecuencia se aumenta

la velocidad de digestión y su digestibilidad; si el tamaño de partícula es muy pequeño su velocidad de paso por el tracto digestivo se incrementará lo que generará que su digestibilidad se reduzca (Yang y Beauchemin, 2005, citado por Ramírez, 2018). En pastos de estructura dura y seca su proceso de degradación es más lento (San Martín & Bryant, 1989) por lo que tendrán una prolongada estadía en el estómago que generará un incremento en la producción de AGV en el C1 y C2 y generará una alteración en el pH (6.2), siendo los valores normales cercanos a la neutralidad (6.7 a 6.9) (Van Soest, 1994); respecto al pH, Dulphy *et al.*, (1994), citados por Maiztegui (1996), indican que los CSA tienen un pH mayor y más estable que los ovinos, pues al ser alimentados con pradera natural, antes de la ingesta presentaron un pH de 7.09 y 6.73, mientras que luego de la ingesta el pH fue de 7.05 y 6.51, para llamas y ovinos, respectivamente.

El tamaño de partícula que pasa de C1 a C2 es inferior o igual a 1 mm (Heller *et al.*, 1986), si la partícula tiene una medida superior pero menor a 2 mm, su tiempo de retención va de 20.3 (C1) a 9.0 horas (C2), mientras que partículas de mayor tamaño pueden ser retenidas por más de 40 horas (Engelhardt & Holler, 1987).

El mayor tiempo de retención y la tasa de pasaje más lenta de la fase sólida mejora la digestión microbiana en dietas altas en paredes celulares (San Martín & Bryant, 1989), que no sucede para la fase líquida (Robinson *et al.*, 2005). Este factor brinda una ventaja a los CSA sobre otros rumiantes para consumir forrajes de baja calidad y bajos en proteína, pero esta ventaja competitiva se pierde cuando consumen alimentos de mayor calidad (Van Saun, 2009).

Fermentación

Respecto a la concentración de los diferentes AGV, se encontraron altos niveles de concentración entre las 1.5 y 2 horas después de la ingesta, luego de 5 horas la concentración de AGV permanecía todavía por encima de los niveles de preingestión de alimento, tal como se observó en otros rumiantes (Vallenas *et al.*, 1971).

Reciclaje de urea

Los CSA producen nitrógeno, generalmente, en forma de amoníaco a partir de la fermentación de proteínas. Cuando las fuentes de nitrógeno exceden la capacidad microbiana de incorporarse a la proteína bacteriana pasa por el sistema de la vena porta hacia el hígado para sintetizar urea y que poder ser eliminada a través del riñón, los rumiantes tienen la capacidad de reciclar esta urea, mediante la saliva, para volver al sistema de fermentación (Van Soest, 1994). La reducida excreción renal de urea y el mayor reciclaje de nitrógeno son cualidades que permiten a los CSA sobrevivir con forrajes de bajo contenido proteico ya que la urea corporal puede ser utilizada para la síntesis de proteína microbiana (Fernández-Baca & Novoa, 1996).

Particularidades metabólicas de los CSA

Los rumiantes tienen bajas concentraciones de azúcar en sangre (40-60 mg/dL) debido a la mínima cantidad de glucosa que llega al intestino delgado, esto como consecuencia de la fermentación microbiana ruminal de azúcares y almidones que generan AGV (principalmente propionato) debido a esto, los rumiantes dependen de la gluconeogénesis hepática para disponer de la glucosa (Van Saun R. J., 2009) a partir de precursores como el propionato; los CSA, al contrario, tienen altas concentraciones de glucosa en sangre (85-160 mg/dL), debido a una resistencia moderada a la insulina, lo que las conlleva a tener una alta susceptibilidad a la lipidosis hepática al someterse a periodos de estrés y bajo consumo de alimento, así mismo, se origina de una actividad continua de gluconeogénesis hepática (Cebra *et al.*, 2001, citados por Van Saun, 2009).

La cantidad de proteína consumida se refleja en la concentración de nitrógeno ureico (NU) en sangre. Los CSA poseen altos niveles de NU, lo que podría deberse a una sobrealimentación proteica, una forma diferente de metabolizar la urea o como consecuencia de una tasa metabólica superior de recambio de proteínas. Respecto al metabolismo de la urea en llamas, Van Saun (2006), sugiere que tienen una menor tasa de renovación y excreción renal

de urea, lo que les permite reciclarla en el estómago para producir proteína microbiana, además, también demostró que las llamas tienen una mayor actividad de ureasa (enzima necesaria para metabolizar la urea) que otros rumiantes.

2.4. Requerimientos nutricionales de las alpacas

El requerimiento nutricional se entiende como la cantidad necesaria de alimento para que el animal pueda alcanzar un estado de desarrollo fisiológico óptimo, manteniendo el buen desempeño de sus funciones corporales normales, permitiéndole adaptarse a otros estados fisiológicos (crecimiento, embarazo o lactancia) y que le permita expresar su potencial productivo.

2.4.1. Materia seca

El NRC (2007) recomienda una ingesta de materia seca para mantenimiento de 1.07% del PV para llamas y 1.37% para alpacas, datos que varían significativamente con las tasas indicadas en estudios realizados en América del Sur; San Martín y Bryant (1989) reportaron un consumo promedio de MS de 1.8% del peso vivo para alpacas y de 2.0% para llamas, valores inferiores a los observados en ovejas alimentadas con la misma dieta, mientras que López y Raggi (1992), sugirieron 1.7% para alpacas y 1.5% para llamas. San Martín (1999) reportó un consumo de 46.8 g y 50 g/kgPV^{0.75} en pastos no mejorados, mientras que la NRC indica 38 g/kgPV^{0.75}, lo que sugiere que la NRC reporta información basada en una ingesta de alimentos de mayor calidad nutricional. Engelhardt & Schneider (1977) indican que el tamaño corporal de los CSA y su bajo requerimiento de energía podrían generar un bajo consumo.

2.4.2. Agua

El agua es el nutriente más esencial, por lo cual el animal debe disponer de agua fresca, limpia y de alta calidad a libre elección, debido a que ésta regula su temperatura corporal, brinda un medio acuoso para las reacciones metabólicas y su disponibilidad influirá en su capacidad de ingestión de materia seca. Rüksamen y Von Engelhardt (1975), demostraron que

en situaciones en las que el agua se encuentra restringida, los ovinos son más sensibles a reducir su ingesta de materia seca en comparación a las llamas.

El requerimiento de agua se determina por el peso corporal, estado fisiológico, nivel de actividad y producción, las condiciones ambientales, la composición de la dieta (Van Saun, 2006) y principalmente por la ingesta energética, ya que consumirá 1 ml por cada kilocaloría de energía metabolizable; en relación con el peso metabólico, el animal consumirá 122 mililitros por cada kilogramo de peso metabólico (Fowler, 1998). Los animales adultos, para su mantenimiento, deben ingerir el 3% de su peso corporal y en animales en crecimiento o lactancia deben ingerir el 8%.

2.4.3. Energía

La energía es el primer nutriente limitante en todo sistema de alimentación (Cañas, 1995) e imprescindible para realizar todos los procesos fisiológicos esenciales para la vida. La materia orgánica es proveedora potencial de energía debido a que en el organismo del animal se produce su oxidación que libera dióxido de carbono, agua y energía.

Según Engelhardt y Schneider (1977), la energía metabolizable (EM) necesaria para cubrir el requerimiento de mantenimiento de llamas es de 61.2 kcal/kgPV^{0.75}, mientras que Carmean *et al.*, (1992) reportaron 84.5 kcal/ kgPV^{0.75}, en ambos estudios se obtuvieron valores diferentes e inferiores a los reportados para otras especies como los rumiantes, por lo cual, se planteó usar el promedio de ambos valores (72.85 kcal/ kgPV^{0.75}) para el requerimiento de mantenimiento de alpacas y llamas (López & Raggi, 1992).

San Martín (1991), citando a Flores *et al.*, (1989), indican que las alpacas poseen un requerimiento de EM de 71.0 kcalEM/ kgPV^{0.75}. Fowler (1989), citado por López y Raggi (1992), indica que puede considerarse una eficiencia del 82% en la conversión de ED a EM y dividiendo lo obtenido por 1.15 a fin de validar la información obtenida en jaulas metabólicas para condiciones normales, es así que, plantean un requerimiento de ED de 99.6 kcal/ kgPV^{0.75}.

Roque *et al.*, (2020), en un estudio realizado en alpacas y llamas con la finalidad de establecer el requerimiento de energía metabolizable para mantenimiento obtuvo que, las llamas requieren 86.4 kcal/ kgPV^{0.75} y las alpacas 82.6 kcal/kgPV^{0.75} de energía metabolizable, por lo que concluyó que la EM necesaria para el mantenimiento de alpacas y llamas en condiciones de altura, son menores en un 27% a las reportadas en rumiantes.

2.4.4. Proteína

Huwasquiche (1974), citado por San Martín (1991) y Van Saun (2009), indica que los requerimientos proteicos de alpacas son de 2.38 gPD/ kgPV^{0.75}/día y obteniéndose 3.50 gPC/ kgPV^{0.75}/día al realizarse la corrección para una digestibilidad de 68%; este requerimiento es menor al reportado para otros rumiantes como vacunos de carne y ovinos que fue de 2.79 g/ kgPV^{0.75}, San Martín (1991), explica que puede deberse a la mayor eficiencia en el reciclaje y utilización de urea para la síntesis de proteína microbiana. A partir de esto se estima que se debe incluir entre un 5.3 y 6.3% de proteína en la ración de alimento para llamas y alpacas, respectivamente.

2.4.5. Minerales

El NRC (2007), reportó un requerimiento de 0.74 mg/día de Selenio para alpacas y llamas. Debido al escaso reporte de estudios con relación a los requerimientos de minerales de camélidos, las recomendaciones existentes se derivan de modelos extrapolados de rumiantes considerando la capacidad de ingesta de materia seca de los CSA (Van Saun, 2009).

2.5. *Digestibilidad*

La digestibilidad se define como la cantidad asimilada, retenida, absorbida de un nutriente en el tracto digestivo, es decir que no es excretada (McDonald y otros, 1981); este indicador es representado por el coeficiente de digestibilidad e indica el aporte nutricional de un alimento al organismo del animal (NRC, 2007), se expresa en porcentaje de materia seca (Ramírez, 2018).

2.5.1. Factores que influyen en la digestibilidad de un alimento

Para determinar la digestibilidad de un alimento es preciso considerar algunos factores que pueden influir en esta; el origen animal o vegetal del alimento, la composición química, el procesamiento, el nivel de consumo y la calidad de este, representan la principal causa de variabilidad en su digestibilidad. En el caso de los forrajes, la digestibilidad es muy variable debido a que su composición química varía durante su crecimiento, pues a medida que la planta llega a un estado de madurez, se incrementa la deposición de celulosa, hemicelulosa y lignina en las paredes celulares, por lo que el contenido de fibra es superior al de proteínas y carbohidratos, en consecuencia, su digestibilidad disminuye (Correa *et al.*, 1994). La cantidad y calidad del forraje consumido determinan los nutrientes disponibles y la magnitud en que los mismos son aprovechables por el animal. En el caso de los CSA, cuando los alimentos son de mediana a baja calidad, los coeficientes de digestibilidad de MS y MO son mayores en comparación al de otras especies de rumiantes (San Martín, 1989; San Martín & Bryant, 1989).

Otros factores por considerar son los ambientales y los propios del animal, como la capacidad digestiva y superficie gastrointestinal, trastornos digestivos y frecuencia de alimentación (Maynard *et al.*, 1992).

2.5.2. Métodos de estimación de la digestibilidad

Existen diversos métodos, que varían en la precisión que ofrecen y los mecanismos empleados para realizarlos, que permiten determinar la digestibilidad de un nutriente presente en un alimento, se tienen los métodos *in vivo* que pueden ser directos en los que se realiza una recolección total de heces o indirectos en los que se emplean indicadores, también existen métodos *in situ* en los que se realiza una canulación ileal y finalmente los métodos *in vitro* donde se utilizan enzimas y aplican técnicas de fermentación (Osorio C. *et al.*, 2012).

- Método de colección total de heces

Este método brinda una estimación precisa de la digestibilidad de los alimentos ya que considera dos factores importantes, el factor animal y el alimento (Basurto & Tejada, 1992). Para realizar este método se requiere controlar la cantidad de alimento ingerida y de la producción de heces húmedas para posteriormente realiza un análisis químico del alimento y de las heces producidas por el animal (Cebra *et al.*, 2014).

La prueba consiste en brindar una determinada cantidad del alimento en estudio a entre 4 a 6 animales (repeticiones) como mínimo, a fin de minimizar la variación entre individuos (Burns *et al.*, 1991), este método se aplica preferentemente en animales machos debido a la facilidad para coleccionar las heces sin que estas sean contaminadas por la orina (McDonald, 1986, citado por Obregón, 2022). Se requiere emplear arneses para sujetar las bolsas colectoras de heces y jaulas metabólicas diseñadas exclusivamente para la especie en estudio a fin de disminuir su movilidad y facilitar la colección de muestras (Cañas, 1995). Se recomienda realizar un período de adaptación de 7 a 10 días a fin de que los animales se adapten a la dieta experimental; posteriormente se realiza la colección de heces por al menos 5 a 7 días, durante el estudio los animales deben tener agua *ad libitum* y se debe realizar un registro diario de consumo de alimento y producción de excretas. Finalmente se realiza un análisis en laboratorio del alimento consumido y de las heces producidas (Cañas, 1995); la digestibilidad determinada *in vivo* puede ser aparente (DA) o verdadera (DV). Cabe mencionar que la metodología para determinar la DA no excluye las fuentes endógenas que representan pérdidas de nitrógeno vía endógena (saliva, enzimas pancreáticas e intestinales, las secreciones biliares y gástricas, células descamadas de la mucosa intestinal, proteína de origen bacteriano y mucoproteínas) que podrían ser excretadas en las heces, por lo que se desconoce con precisión la proporción de proteína proveniente de la dieta y la secreción de nitrógeno endógeno.

La digestibilidad aparente se expresa en términos de materia seca y el coeficiente de digestibilidad se expresa en porcentaje (Cañas, 1995) y para determinarla emplea la siguiente ecuación planteada por Cochran y Galyean (1994).

$$\text{Digestibilidad Aparente} = \frac{\text{Consumo del nutriente} - \text{Excreción del nutriente}}{\text{Consumo de nutriente}} \times 100$$

2.6. Valoración nutricional de los alimentos

2.6.1. Materia Seca (MS)

Se considera materia seca a la fracción restante de un alimento fresco luego de someterlo a un secado forzado en el que se le extrae toda la humedad, es importante determinar su porcentaje ya que permite conocer la concentración de los nutrientes usados para la nutrición animal (proteína, carbohidratos, minerales y fibra).

Consumo de materia seca (CMS)

El consumo de MS permite definir la cantidad de nutrientes disponibles para el animal para el desarrollo óptimo de sus parámetros productivos, su importancia radica en prevenir la subalimentación o sobrealimentación (NRC, 2007). Los CSA poseen una capacidad de ingesta de MS diferente a la de los rumiantes, debido a una tasa de pasaje más lenta que restringe el consumo total de alimento ya que es retenido por más tiempo e influye en el llenado de TGI (Van Saun, 2009).

Factores que influyen en el consumo de materia seca

El CMS es influenciado por numerosos factores como, la composición del alimento, el contenido de energía digestible de la dieta, disponibilidad, digestibilidad del forraje, contenido de fibra detergente neutra (López *et al.*, 1998) y de proteína (San Martín & Bryant, 1989). Cebra *et al.*, (2014) señala que el CMS es influenciado por la calidad de forraje empleado. La concentración de FDN en la dieta afecta la capacidad de ingesta a medida que incrementa su contenido pues este alimento fibroso requiere de mayor tiempo de rumia (López *et al.*, 1998), en los CSA se considera que la velocidad de paso entre en C1 y el C2 es lenta, por lo que se puede

asumir que esta característica influye negativamente en la capacidad de consumo de alimento (Van Saun, 2006). Meyer *et al.*, (2010), indican que los animales tienden a reducir su consumo de alimento a medida que la calidad de la dieta se incrementa, debido a que requieren menores cantidades para cubrir sus necesidades. Un estudio realizado en La Raya a 4200 m.s.n.m., en el que se evaluó el CMS mediante cánulas esofágicas en alpacas bajo condiciones de pastoreo con *Festuca dolichophylla* y *Muhlenbergia fastigiata* durante distintas estaciones del año indica que en la estación seca se obtuvo un consumo de 60.5 g/kgPV^{0.75}, mientras que en la estación húmeda fue de 53.7 g/kgPV^{0.75} (Reiner *et al.*, 1987), estos resultados pueden explicarse asumiendo que durante la época húmeda, la calidad de la dieta es mayor. El desarrollo fenológico de las plantas también influye en el CMS pues, mientras la planta se encuentra en pleno crecimiento tiene un mayor contenido de proteína y alta digestibilidad debido a la poca cantidad de fibra que posee, pero cuando llega a su madurez, pierde humedad, su valor nutritivo se incrementa debido a los nutrientes almacenados pero su digestibilidad comienza a disminuir a causa del incremento de fibra y lignina en su composición.

2.6.2. Energía Bruta (EB)

La energía contenida en un alimento (energía bruta) no representa la energía disponible en un alimento ya que no puede ser utilizada en su totalidad por los animales, pues no considera las pérdidas que se dan durante la digestión, absorción y metabolismo (Cañas R., 1999; McDonald *et al.*, 1981), puede determinarse mediante un análisis en bomba calorimétrica (Nehring & Haenlein, 1973).

A partir de la EB pueden derivar otras medidas de energía aportada por un alimento; la energía digestible (ED) se obtiene a partir de la diferencia entre la EB consumida y la energía bruta de las heces (energía fecal), brinda una visión aproximada de la energía neta (EN), pero no considera la energía perdida por fuentes endógenas (Church, 1974), si se toma en consideración la energía perdida mediante la orina (urea) y los gases combustibles producidos

por la fermentación en el TGI se obtiene la energía metabolizable (EM) que es la cantidad de energía disponible para los procesos metabólicos (Martínez, 2005).

2.6.3. Fibra Detergente Neutra (FDN)

Es el material insoluble en una solución ácida, está compuesta por celulosa, hemicelulosa, lignina, cutina y silicio (Van Soest, 1994), puede tener componentes minoritarios como almidón, cenizas y nitrógeno. Es un factor que determina la cantidad de forraje que puede consumir un animal, ya que influye en el llenado del estómago, el tiempo de pasaje y la digestibilidad de la MS (Mertens, 2002), tiempo de rumia y producción de metano (Van Soest, 1994). En referencia al consumo de FDN, Mertens (1987) citado por Van Saun (2006), sugiere una ingesta equivalente al 1.2% del peso vivo, a fin de cubrir funciones productivas y requerimientos ruminales; así mismo, Van Saun (2006), indica que la dieta de los camélidos debe contener como mínimo 30 a 35% de FDN.

2.7. *Avena (Avena sativa)*

La avena es una gramínea anual, utilizada principalmente para la producción de grano y forraje, es considerada como el cereal forrajero de invierno de mayor importancia en climas fríos y húmedos del hemisferio norte (Choque, 2005). Posee una raíz fibrosa, un tallo cilíndrico y se caracteriza por producir macollos (entre 5 y 15 dependiendo de la variedad). Sus hojas son lineales y laminadas, poseen una longitud aproximada de 25 centímetros con un ancho de 1 a 2 centímetros, no presentan aurícula. Su inflorescencia es de tipo panoja o una panícula laxa, abierta y ramificada. El fruto es una cariósida o grano ligeramente alargado y puntiagudo en ambos extremos (Astete, 1980).

Para la producción de heno se recomienda realizar la siega cuando se completa la floración, mientras que cuando el grano está lechoso se recomienda realizar el ensilado. El contenido de proteína total, la palatabilidad, los coeficientes de digestibilidad de materia seca disminuyen en la avena conforme avanza la maduración del grano (Choque, 2005).

2.8. Alfalfa (*Medicago sativa*)

La alfalfa pertenece a la familia de las leguminosas y es de tipo perenne, constituye un pasto excelente para el pastoreo y las cosechas se cultivan comúnmente para heno. Posee una raíz principal pivotante y bien desarrollada, sus hojas son trifoliadas o multifoliada, tiene entre 10 a 25 tallos por planta, son erectos y nacen de la corona. Presenta flores violetas agrupadas en racimo. Su fruto es una legumbre retorcida de entre 1 espiral a 5 que contiene pequeñas semillas arriñonadas.

En estado de floración la digestibilidad de materia seca y de nutrientes digestibles totales es alta, pero en un estado de mayor madurez su aporte energético y proteico decrece (Choque, 2005).

El proceso de henificación es un método de conservación ampliamente difundido, en el caso de la alfalfa, este proceso tiene ciertas dificultades al desarrollarse, ya que este forraje pierde hojas lo que genera que una reducción en su valor proteico y puede generar gran variabilidad entre el valor nutritivo de la planta original (Calsamiglia *et al.*, 2016).

Roque *et al.*, (2020) realizaron un estudio comparativo entre alpacas y llamas a fin de determinar sus requerimientos de EM de mantenimiento mediante la técnica del sacrificio comparativo utilizando heno de avena y alfalfa picado brindando cuatro niveles de oferta de alimento (40, 50, 60 y 70 g MS/kg PV^{0.75}), para alpacas obtuvo una digestibilidad de la MS de 61.9, 63.0, 60.1 y 60.5 para cada nivel de oferta respectivamente, estos resultados son inferiores en comparación al obtenido por Vélez *et al.*, (2022) de 66.8 ± 4.22% brindando una dieta de mantenimiento en base a heno de avena y pellet de alfalfa. La FEDNA (2010), reportó una digestibilidad en rumiantes de 66% para la proteína en alfalfa granulada

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

1. Lugar de estudio

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura (IVITA) – Maranganí de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, en la provincia de Canchis del departamento de Cusco, a una altitud de 3 704 m.s.n.m. **y ubicado entre las coordenadas 14°21'11.4" latitud sur y 71°10'8" longitud oeste.**

El análisis de muestras se realizó en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

2. Duración del estudio

El estudio fue desarrollado en dos fases, la fase preexperimental (20 días) y la fase experimental, 26 días para cada nivel de alimentación.

La etapa preexperimental y experimental del trabajo de investigación se realizó entre los meses de febrero y mayo del año 2021, tuvo una duración de tres meses y medio. La etapa del análisis en laboratorio se realizó durante los meses de mayo y agosto del año 2021.

3. Animales experimentales

En este estudio se utilizaron 05 alpacas macho de la raza Huacaya provenientes del hatu alpaquero de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, estos animales recibieron una dosificación antiparasitaria a base de Ivermectina 3.15 g y Vitamina B12. Para realizar la selección de animales se tomaron en consideración algunos factores como:

- Animales machos, según lo recomendado por McDonald (1986), con el objetivo de tener facilidades en la recolección de las muestras de heces sin que estas sean contaminadas con otras excreciones.
- Raza: Huacaya

- Edad: 3 a 5 años debido a que estos animales ya culminaron la etapa de crecimiento
- Estado de salud y condición corporal.
- Comportamiento de los animales frente a las jaulas metabólicas, diez animales fueron sometidos a un período de prueba (5 días), a fin de evaluar su respuesta a este equipo.

Tabla 4. Edad y peso vivo de los animales experimentales

Ítem	Jaula Metabólica					Promedio
	1	2	3	4	5	
Arete	H004	H072	H047	H052	H002	-
Edad	3 años, 10 meses	3 años, 9 meses	4 años, 10 meses	4 años, 9 meses	4 años, 10 meses	-
Peso Vivo (kg)	55.00	75.50	63.50	65.00	67.50	65.30

4. Alimentación

Análisis de los insumos alimenticios

Para realizar este estudio se utilizaron dos insumos alimenticios, pellet de alfalfa y heno de avena. Se tomó una muestra de 100 g de cada insumo con la finalidad de realizar el análisis de su composición química. La determinación del contenido de materia seca (MS), materia orgánica (MO), cenizas, energía bruta (EB) y proteína cruda (PC) se realizó en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, mientras que el análisis de fibra detergente neutra (FDN) se desarrolló en el laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5. Composición química de los insumos de la dieta experimental

	Pellet de Alfalfa	Heno de Avena
Materia Seca, g/kg	890.60	853.51
Materia Orgánica, g/kgMS	811.13	783.14
Energía Bruta, kcal/kgMS	4447.7	4325.0
Proteína Cruda, g/kgMS	151.58	91.69
Fibra Detergente Neutra, g/kgMS	396.76	533.37

Dieta experimental y niveles de oferta de alimento

La formulación de la dieta experimental (Tabla 6) se realizó en base a cubrir el requerimiento nutricional de materia seca de alpacas, por lo cual se brindaron 43 g MS/kg PV^{0.75} tomando como referencia un estudio previo realizado por Vélez-Marroquín *et al.*, (2022), se registró un consumo de materia seca de 42.7 ± 1.29 g/kgPV^{0.75} para mantenimiento. Así mismo, se planteó que la dieta experimental contenga 12% de proteína cruda en base seca, tomando como referencia un estudio realizado por Roque *et al.*, (2020).

Tabla 6. Composición química de la dieta experimental

Materia Seca, g/kg	864.64
Materia Orgánica, g/kgMS	915.46
Energía Bruta, kcal/kgMS	4362.90
Proteína Cruda, g/kgMS	126.83
Fibra Detergente Neutra, g/kgMS	569.47

Los insumos alimenticios fueron brindados en una proporción de 70:30 para el heno de avena y el pellet de alfalfa. El heno de avena fue picado en partículas de entre 2.5 a 3.5 cm de longitud (Figura 4) y el pellet de alfalfa tuvo una medida de 2.2 ± 0.4 cm.

Se brindaron tres niveles de oferta de alimento:

- Primer nivel de oferta de alimento o subalimentación, se ofrecieron 33 g MS/kg PV^{0.75}, que corresponde al 75% de la dieta de mantenimiento.
- Segundo nivel de alimentación, mantenimiento, se ofrecieron 43 gMS/kg PV^{0.75}.
- Tercer nivel de oferta de alimento o sobrealimentación, se brindaron 53 g MS/kg PV^{0.75}, siendo el 125% de la dieta de mantenimiento.

5. Materiales y equipos

5.1. *Materiales de campo*

- 05 recipientes de plástico para coleccionar el alimento rechazado
- 10 bolsas de coleccionadoras de heces impermeabilizadas de 35x30 cm
- Guantes de látex
- Frascos para coleccionar muestras de heces de 50 g. de capacidad
- Papel absorbente
- Bolsas de papel
- 01 cuaderno de campo
- Rotuladores indelebiles

5.2. *Equipos de Campo*

- Jaulas metabólicas
- Balanza Tru-Test™ - Econo Plus, precisión: ± 0.5 kg
- Balanza electrónica AND EJ-2000, precisión: ± 0.1 g

5.3. *Materiales de Laboratorio*

- 01 probeta de vidrio graduada de 500 ml.
- Vaso de precipitado de 1500 ml. de capacidad
- Cisoles de porcelana
- Bandejas de aluminio
- Bolsas herméticas
- Espátula de laboratorio
- Alcohol isopropílico
- Toallas de papel reutilizables

5.4. *Equipos de Laboratorio*

- Balanza analítica de precisión (Sartorius Quintix 224-1S), precisión: ± 0.0001 g
- Molino de cuchillas (Foss Knifetec KN 295)
- Mufla eléctrica (Protherm Furnaces ECO 110/9)
- Cámara de calor y de secado a convección natural (Binder ED 56)
- Estufa de secado de convección forzada de 720L (Binder FED 720)
- Analizador NIR (Perkin Elmer DA 7250)
- Prensa peletizadora (Parr) para el análisis de energía en calorímetro
- Calorímetro Automático Isoperibólico (Parr 6400)
- Ultramicrobalanza (Perkin Elmer AD 6000), precisión: ± 0.2 μ g
- Analizador elemental orgánico (Perkin Elmer Series II CHNS/O Analyser 2400)

6. Métodos

El presente trabajo de investigación fue realizado en dos etapas: Etapa preexperimental y etapa experimental.

6.1. *Etapa preexperimental*

Período de adaptación a jaulas metabólicas e insumos alimenticios

Los animales experimentales fueron sometidos a un período de adaptación a las jaulas metabólicas (Figura 6) y a las bolsas colectoras de heces por un lapso de 20 días, con la finalidad de reducir el estrés generado, así mismo, durante esta etapa se fueron incorporando gradualmente los insumos planteados para este estudio (heno de avena y pellet de alfalfa) en la dieta de los animales (Figura 7, Figura 8).

Las jaulas metabólicas para alpacas (Figura 5) empleadas para desarrollar el presente trabajo de investigación (Figura 3), fueron diseñadas como parte del proyecto de investigación **“Desarrollo y validación de metodologías de evaluación de la actividad metabólica (utilización**

energética y proteica) y la emisión de gases de efecto invernadero en alpacas”. Estos equipos permitieron realizar la adecuada manipulación de los animales experimentales, la recolección de heces producidas y el control diario del alimento consumido y rechazado (kg/día). Las jaulas metabólicas tuvieron las siguientes características:

- Componentes : Comedero, soporte de bebedero, bandeja colectora de heces y bandeja colectora de orina.
- Material : Acero galvanizado
- Dimensiones de la jaula : 1.6 x 0.75 x 1.8 m.
- Dimensiones del comedero : 0.34 x 0.48 x 0.45 m.
- Soporte de bebedero : 0.18 m de diámetro
- Bandeja colectora de heces : 0.85 x 0.75 x 0.05 m.
- Bandeja colectora de orina : 0.85 x 0.75 x 0.05 m.

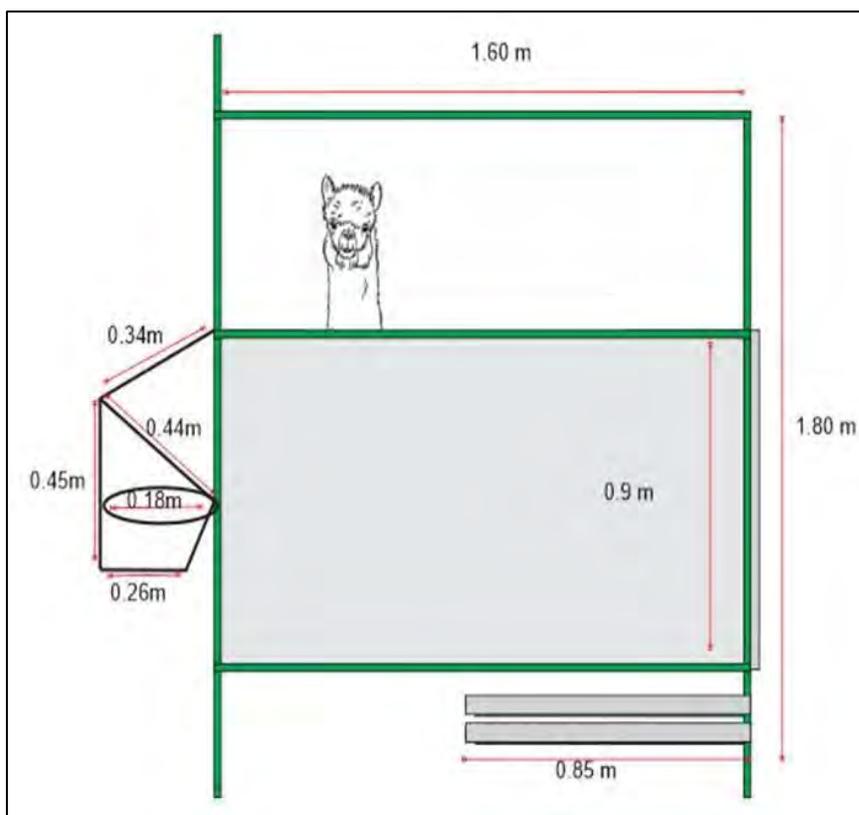


Figura 3. Diseño de las Jaulas Metabólicas utilizadas en este estudio

6.2. *Etapas experimentales*

6.2.1. Fase de campo

Al inicio de cada período experimental correspondiente a cada nivel de alimentación (subalimentación, mantenimiento y sobrealimentación), los animales fueron sometidos a una etapa de adaptación al nivel de oferta correspondiente por un período de 21 días, según lo recomendado por Ruiz (1992), a fin de evitar errores en el estudio, permitir una limpieza del tracto gastrointestinal y garantizar la pureza de las muestras a recolectar.

Suministro de alimento

El alimento fue suministrado en dos horarios, a las 07:00 y 13:00 horas. Durante este período se realizó el control de la cantidad de alimento consumido, alimento rechazado; el agua fue brindada *ad libitum*, realizándose un registro diario de su consumo para cada nivel de alimentación (Anexo 1, Anexo 2 y Anexo 3).

Recolección de muestras

Transcurridos los días de adaptación al nivel de oferta de alimento, los animales fueron sometidos a 5 días de recolección de muestras de heces (Figura 11) para cada nivel de alimentación (Anexo 5, Anexo 6 y Anexo 7). Durante este período se emplearon bolsas colectoras de heces (Vélez-Marroquín *et al.*, 2022), que fueron colocadas (Figura 13) y cambiadas diariamente a las 06:30 am. para realizar el registro de la cantidad de heces producidas. Se realizó un muestreo diario de 100 g de heces por animal y se procedió a congelar todas las muestras colectadas a -20°C hasta su posterior análisis en laboratorio.

Las bandejas colectoras de heces de las jaulas metabólicas poseían una malla selectora a fin de evitar la contaminación de la orina con las heces, así mismo, se utilizó el diseño de bolsa de colección total de heces propuesta por Robinson *et al.* (2005) y se realizó el registro diario de la cantidad de heces frescas producidas por animal (kg/día).

Control del peso vivo de los animales

El control de la evolución del PV de los animales experimentales (Figura 9) se realizó durante las diferentes fases del estudio, al inicio y final de cada nivel de alimentación planteado (subalimentación, mantenimiento y sobrealimentación) y se presentan el Anexo 4.

6.2.2. Análisis en laboratorio

Los análisis de la composición química del alimento y heces se realizar con la finalidad de determinar su contenido de MS, MO, EB, PC y FDN.

Preparación de muestras

Previamente a iniciar el análisis en laboratorio, las muestras fueron oreadas a temperatura ambiente por 24 horas, para luego realizar su secado en una Estufa de Convección Forzada Binder FED720, a una temperatura de 60°C por un período de 48 horas. Se realizó el registro del peso inicial y del peso final de las muestras colocadas.

Se realizó la molienda de las muestras en el molino de cuchillas Foss Knifetec KN295 y fueron conservadas en frascos colectores debidamente rotulados en un ambiente adecuado con ventilación y humedad controlados. Todos los análisis fueron realizados por duplicado.

Análisis de la Materia Seca

El análisis de determinación de humedad se realizó mediante el protocolo de la Association of Official Analytical Chemists 950.46B (A.O.A.C., 2005). Para realizar este análisis, se extrajeron 3 g de muestra a crisoles y se colocaron en la estufa Binder ED56 a 105°C por 16 horas, tras las cuales se empleó la siguiente fórmula para determinar el porcentaje de materia seca de cada muestra.

$$\%MS = \frac{\textit{Peso final}}{\textit{Peso inicial}} \times 100$$

Análisis de la Materia Orgánica

Se realizó este análisis en una Mufla Protherm Furnaces, modelo ECO110/9, empleando el protocolo 942.05 de A.O.A.C. (2005), para ello se colocaron 1.5 g de muestra seca por un período de 8 horas a 600°C, durante las primeras dos horas de este análisis, el equipo realizó un calentamiento gradual hasta llegar a los 600°C, cuando se realiza el quemado de la muestra. La materia orgánica se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$\%MO = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso de ceniza}}{\text{Peso inicial}} \times 100$$

Energía Bruta

Para este análisis se siguió el protocolo propuesto por el fabricante, realizando la compactación de cada muestra en la prensa peletizadora Parr, armando pellets (Figura 13), con un peso de entre 0.5 g a 1.0 g. Posteriormente se colocó y analizó cada pellet en la bomba calorimétrica isoperibólica Parr Instrument Company, modelo 6400, según lo descrito por King *et al.*, (2022), que combustiona la muestra hasta oxidarla completamente, liberando CO₂ y O₂, expresando el resultado en cal/g.

Proteína Cruda

Para realizar la determinación de la PC, se empleó el protocolo 990.03 (A.O.A.C., 2005) utilizando el analizador elemental de la marca Perkin Elmer 2400 Series II, que indica los porcentajes de carbono, hidrógeno, nitrógeno y azufre. Se pesaron alrededor de 2 mg. de muestra en la ultramicrobalanza Perkin Elmer AD6000 y se colocaron en viales de Estaño, específicos para este equipo. Para determinar el porcentaje de proteína cruda se empleó la siguiente fórmula:

$$\%Proteína Cruda = \%Nitrógeno \times 6.25$$

Fibra Detergente Neutra

El análisis se realizó en el Aparato de digestión – ANKOM Technology, Fiber Analyzer A200/220, mediante el NDF Método 6 (Chino Velasquez *et al.*, 2022). Para este estudio se colocan entre 0.45 a 0.5 g. de muestra en bolsas-filtro selladas que son colocadas en el suspendedor de muestras. A continuación, se añaden entre 1900 a 2000 ml de solución detergente neutra, 4 ml de alfa amilasa y 20 g de sulfito de Na al cilindro de digestión del equipo. Se activa la agitación y calor por 75 minutos. Seguidamente se abre la válvula de escape y se drenar la solución. Luego se agregaron 2000 ml de agua caliente y 4.0ml de alfa amilasa a los dos primeros de los tres enjuagues necesarios. Las muestras se retiran y exprimen, para colocarlas en acetona por 5 minutos, retirarlas, exprimir las y dejarlas a temperatura ambiente por 15 minutos; finalmente se colocan en la estufa a 100 – 105°C por dos horas, para registrar el peso final de las bolsas.

$$\% FDN = \frac{100 \times (\text{Peso final} \times (\text{Peso de la bolsa} - \text{filtro}))}{\text{Peso de la muestra}}$$

6.3. Determinación del coeficiente de digestibilidad

Los resultados de los análisis obtenidos se emplearon para determinar el porcentaje de digestibilidad de cada nutriente, considerando como nutrientes excretados a los eliminados mediante las heces. Se utilizó la siguiente fórmula planteada por Cochran y Galyean (1994).

$$\% \text{Digestibilidad} = \frac{\text{Nutriente consumido} - \text{Nutriente excretado}}{\text{Nutriente consumido}} \times 100$$

7. Diseño Experimental

7.1. *Diseño Estadístico*

Se empleó un diseño de cambio simple (Cerón-Muñoz *et al.*, 2013), en el que se consideró al animal como variable aleatoria y se evaluó el efecto de tres niveles de oferta de alimento sobre el coeficiente de digestibilidad de la MS, MO, EB, PC y FDN. Los datos fueron analizados utilizando el PROC ANOVA del software SAS V9.0 (SAS, 2002). Empleando el siguiente modelo aditivo lineal:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + T_i(A_j) + e_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Variable respuesta (Coeficiente de digestibilidad de materia seca, materia orgánica, energía bruta, proteína cruda y fibra detergente neutra)

μ = Efecto de la media poblacional

T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento (distintos niveles de oferta de alimento)

$T_i(A_j)$ = Efecto del j-ésimo animal dentro del i-ésimo tratamiento

e_{ijk} = Efecto del i-ésimo, j-ésimo y k-ésimo error experimental

7.2. *VARIABLES DEL ESTUDIO*

Coeficiente de digestibilidad de materia seca, materia orgánica, energía bruta, proteína cruda y fibra detergente neutra.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La digestibilidad permite medir el aprovechamiento del valor nutritivo de un alimento (FAO, 1994) y revela su aporte al organismo del animal (NRC, 2001). En este estudio se evaluó la diferencia en la digestibilidad aparente, en respuesta al nivel de oferta de alimento, en alpacas alimentadas con tres niveles de alimentación, subalimentación (33 gMS/kgPV^{0.75}), mantenimiento (43 gMS/kgPV^{0.75}) y sobrealimentación (53 gMS/kgPV^{0.75}), los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 7.

1. Digestibilidad de la MS, MO, EB, PC y FDN en alpacas sometidas a subalimentación (33 gMS/kgPV^{0.75})

Conforme se aprecia en la Tabla 7, los resultados obtenidos para el primer nivel de oferta de alimento, subalimentación, indican que el consumo promedio de MS por animal al día con relación al peso metabólico fue de 33.16 ± 0.462 g., su excreción en promedio fue de 10.36 ± 1.556 g/kgPV^{0.75}, por lo que la DA de la MS fue de 68.66 ± 4.652 %. Así mismo, la EB consumida en promedio por kgPV^{0.75} fue de 144.66 ± 2.015 kcal, mientras que la excretada en heces fue de 45.76 ± 6.835 kcal/kgPV^{0.75}, lo que indica que tuvo una digestibilidad aparente de 68.37 ± 4.680 %. Para el caso de la PC, se tuvo un consumo de 4.207 ± 0.059 g/kgPV^{0.75} y en promedio se excretaron 0.970 ± 0.139 g., por lo que tuvo una digestibilidad de 76.94 ± 3.329 %. Respecto a la FDN, se consumieron en promedio 18.88 ± 0.265 g/kgPV^{0.75}, fueron excretados 7.735 ± 1.251 g/kgPV^{0.75} y el coeficiente de digestibilidad obtenido fue de 59.02 ± 6.615 %.

2. Digestibilidad de MS, MO, EB, PC y FDN en alpacas sometidas a sobrealimentación (53 gMS/kgPV^{0.75})

Los resultados obtenidos para el nivel de oferta de alimento de sobrealimentación se presentan en la Tabla 7. El consumo promedio de MS por unidad metabólica para la dieta

experimental de sobrealimentación fue de 42.61 ± 4.84 g/kgPV^{0.75}, en promedio se excretaron 14.26 ± 2.947 g/kgPV^{0.75} y se obtuvo una digestibilidad de $66.68 \pm 4.81\%$. La EB consumida en promedio fue de 186.1 ± 21.23 kcal/kgPV^{0.75}, mientras que en las heces se excretaron 61.58 ± 12.43 kcal/kgPV^{0.75} y se tuvo una digestibilidad aparente de $67.02 \pm 4.71\%$. Para la PC se tuvo un consumo de 5.51 ± 0.69 g/kgPV^{0.75}, se excretaron en promedio 1.406 ± 0.25 g/kgPV^{0.75} y tuvo una digestibilidad de $74.45 \pm 3.37\%$. En promedio se consumieron 23.96 ± 2.60 g/kgPV^{0.75} de FDN, fueron excretados 10.46 ± 2.33 g/kgPV^{0.75} y se obtuvo un coeficiente de digestibilidad de $56.62 \pm 6.88\%$.

Tabla 7. Consumo, excreción y digestibilidad aparente de la MS, PC, EB y FDN en alpacas Huacaya adultas alimentadas con tres niveles de oferta de alimento (33, 43 y 53 gMS/kgPV^{0.75})

Variables registradas	Subalimentación		Mantenimiento		Sobrealimentación		p-value
	33 gMS/kgPV ^{0.75}		43 gMS/kgPV ^{0.75}		53 gMS/kgPV ^{0.75}		
	Promedio	SD	Promedio	SD	Promedio	SD	
Peso Vivo, kg	62.6	6.39	64.4	6.50	65.3	6.85	-
Peso Metabólico, kgPV ^{0.75}	22.23	1.71	22.71	1.73	22.95	1.81	-
Nutrientes Consumidos							
Materia Seca, g/kgPV ^{0.75}	33.16	0.462	39.69	1.798	42.61	4.837	-
Materia Orgánica, g/kgPV ^{0.75}	30.35	0.423	36.33	1.649	39.00	4.421	-
Energía Bruta, kcal/kgPV ^{0.75}	144.66	2.015	173.23	7.791	186.1	21.23	-
Proteína Cruda, g/kgPV ^{0.75}	4.207	0.059	5.077	0.202	5.512	0.686	-
FDN, g/kgPV ^{0.75}	18.88	0.265	22.47	1.102	23.96	2.601	-
Agua, ml/kgPV ^{0.75}	84.74	15.45	96.47	19.37	119.78	28.22	-
Nutrientes Excretados							
Materia Seca, g/kgPV ^{0.75}	10.39	1.556	12.72	2.188	14.26	2.947	-
Materia Orgánica, g/kgPV ^{0.75}	9.417	1.424	11.33	2.004	12.72	2.804	-
Energía Bruta, kcal/kgPV ^{0.75}	45.76	6.835	54.80	9.631	61.58	12.43	-
Proteína Cruda, g/kgPV ^{0.75}	0.970	0.139	1.215	0.209	1.406	0.250	-
FDN, g/kgPV ^{0.75}	7.735	1.251	9.301	1.737	10.46	2.333	-
Digestibilidad %							
Materia Seca	68.66	4.652	67.91	5.613	66.68	4.811	0.381
Materia Orgánica	68.98	4.650	68.82	5.358	67.57	4.978	0.553
Energía Bruta	68.37	4.680	68.35	5.581	67.02	4.706	0.554
Proteína Cruda	76.94	3.329	76.04	4.271	74.45	3.374	0.060
FDN	59.02	6.615	58.61	7.606	56.62	6.882	0.440

Los coeficientes de digestibilidad obtenidos para la MS, MO, ED, PD y FDN, no presentan diferencias estadísticamente significativas entre niveles de oferta de alimento; sin embargo, se observa que, para el primer nivel de oferta de alimento, subalimentación, el coeficiente de digestibilidad es un valor numéricamente superior al obtenido en los otros niveles.

Digestibilidad de MS, MO, EB, PC y FDN del nivel de oferta de alimento para Mantenimiento (43 gMS/kgPV^{0.75})

En el segundo nivel de alimentación basado en brindar 43 gMS/kgPV^{0.75}, la MS consumida por peso metabólico fue de 39.69 ± 1.80 g, se excretaron 12.72 ± 2.18 gMS/kgPV^{0.75} y tuvo una DA de $67.91 \pm 5.61\%$. La EB consumida en promedio por kgPV^{0.75} fue de 173.23 ± 7.79 kcal, en las heces fueron excretadas 54.8 ± 9.631 kcal/kgPV^{0.75} y tuvo una digestibilidad de $68.35 \pm 5.58\%$. Respecto a la PC, tuvo un consumo promedio de 5.08 ± 0.20 g/kgPV^{0.75}, una excreción de 1.22 ± 0.21 g/kgPV^{0.75} y una digestibilidad promedio de $76.04 \pm 4.27\%$. Se consumieron 22.47 ± 1.10 g/kgPV^{0.75} de FDN (Anexo 13), se excretaron 9.30 ± 1.74 g/kgPV^{0.75} y tuvo digestibilidad fue de $58.61 \pm 7.61\%$.

3. Establecer posibles cambios en la digestibilidad de las alpacas asociados a diversos niveles de oferta de alimento

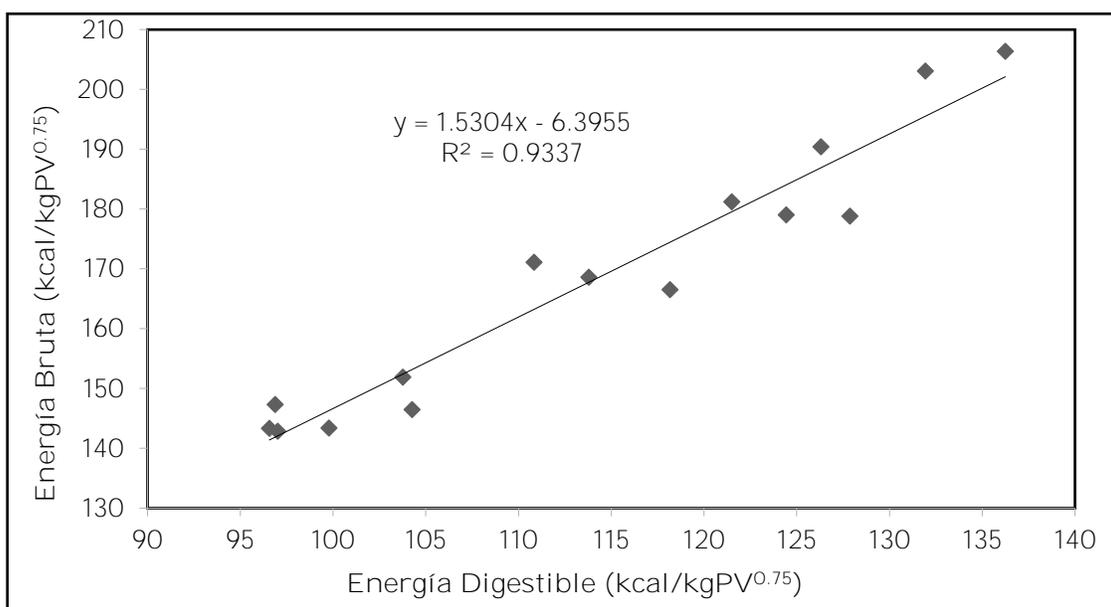
Conforme se evidencia en la Tabla 7, no se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) en la digestibilidad aparente de la MS, MO, PC, EB y FDN entre los tres niveles de alimentación evaluados. Al respecto, al comparar los coeficientes de digestibilidad de la MS obtenidos ($68.66 \pm 4.65\%$, $67.91 \pm 5.61\%$ y $66.68 \pm 4.81\%$ para los tres niveles de alimentación, respectivamente) (Anexo 9) con los reportados por Huarccallo (2017) ($67.75 \pm 5.04\%$), quien reportó que el nivel de alimentación no influye sobre la digestibilidad, se encuentra que este autor reporta un valor inferior al obtenido en el presente estudio posiblemente debido a la diferencia en la edad de los animales empleados en ambos estudios, además de la composición del alimento. Roque *et al.* (2020), empleando heno de avena y alfalfa utilizando niveles de

alimentación similares a los evaluados en el presente estudio, también obtuvo coeficientes de digestibilidad inferiores para la MS (61.9 y 63.0 %).

Con relación al consumo y digestibilidad de la energía (Anexo 11), Roque *et al.* (2020), para una dieta de mantenimiento (40 gMS/kgPV^{0.75}), registró un consumo de 3391 kcal/día y 2589 kcal/kg MS de ED evidenciando una digestibilidad del 76.35% y para la dieta de 50 g MS/kgPV^{0.75} reportó un consumo de 3781 kcal/día y ED de 2632 kcal/kg MS con una digestibilidad de 69.61%; mientras que en el presente estudio para el nivel de mantenimiento (43 gMS/kgPV^{0.75}) se obtuvo una digestibilidad de 68.37 ± 4.68 % siendo esta menor, mientras que para el nivel de sobrealimentación (53 gMS/kgPV^{0.75}) se obtuvo 68.35 ± 5.59 %, valor cercano al obtenido por el autor recientemente mencionado.

López y Raggi (1992) reportaron una ED de 99.6 kcal/kgPV^{0.75} para alpacas, valor que difiere de lo obtenido en este estudio (118.43 kcal/kgPV^{0.75}) para el nivel de mantenimiento (43 gMS/kgPV^{0.75}). Como se aprecia en el Gráfico 1, durante este estudio se pudo hallar un coeficiente de correlación de 0.9337, que evidencia una correlación positiva fuerte entre la EB y ED, lo que expresa que a medida que el consumo de EB se incrementa, su capacidad de ser asimilada se ve influenciada potencialmente.

Gráfico 1. Correlación entre la Energía Bruta y la Energía Digestible en alpacas Huacaya alimentadas con tres niveles de alimentación (subalimentación, mantenimiento y sobrealimentación)



San Martín *et al.*, (1985) citado por López *et al.*, (1996) para alpacas alimentadas con una dieta con un contenido de PC superior a 10.5%, obtuvo una digestibilidad 60.8% para la MS y 60.0% para la PC, valores inferiores a los obtenidos en este estudio (67.75 ± 5.04 y 75.81 ± 3.78); Vélez-Marroquín *et al.*, (2022) en alpacas alimentadas con los mismos insumos alimenticios (heno de avena y pellet de alfalfa), obtuvieron $66.8 \pm 4.22\%$ para la digestibilidad de la MS, valores cercanos a los obtenidos (Anexo 12).

Los coeficientes de digestibilidad para la FDN obtenidos en este estudio (59.02 ± 6.62 , 58.61 ± 7.61 y 56.62 ± 6.89) no presentan diferencias significativas entre sí, pero reflejan que a menor CMS, la digestibilidad incrementa, lo que difiere de lo señalado por López y Raggi (1992) (60.3 ± 6.6 , 54.6 ± 4.9 y 51.0 ± 6.4), quienes reportan un incremento en la digestibilidad respecto a la mayor ingesta de MS y el contenido de FDN de la dieta. López *et al.*, (1998), reportó una menor digestibilidad de FDN (46.9 a 54.3%) para dietas con porcentajes mayores de FDN.

Diversos estudios realizados en CSA, indican que estos animales son más eficientes para asimilar los nutrientes de los alimentos en comparación a los rumiantes (San Martín & Bryant, 1989), mientras que otros no reportaron diferencias (Flórez, 1973; Engelhardt & Schneider, 1977), según Sponheimer *et al.*, (2003) estos resultados contradictorios pueden deberse a las diferencias en la calidad del alimento ofrecido, en el presente estudio se evidencia que un factor determinante fue la calidad del alimento ofrecido, más no su disponibilidad, por lo que se puede afirmar que, la digestibilidad no es influenciada por el nivel de consumo o disponibilidad, pues no se aprecian cambios en la digestibilidad de la MS, MO, EB, PC y FDN en relación al nivel de oferta de alimento (subalimentación, mantenimiento y sobrealimentación). Cabe resaltar que, en condiciones de pastoreo, la alpaca tiene hábitos selectivos (San Martín, 1987; Bryant & Farfan, 1984; Huisa, 1985) que permiten una cosecha diferenciada de forrajes, por lo que la respuesta obtenida en el presente estudio debe ser tomada en el contexto y en las condiciones

de este, donde no se considera el factor del pisoteo, selectividad y crecimiento del forraje (Haro, 2002).

Efecto de los niveles de alimentación sobre el consumo de materia seca (Anexo 8)

La MS consumida, en promedio, para los tres niveles de alimentación (33, 43 y 53 gMS/kgPV^{0.75}) fue de 737.4 ± 60.61 g, 901.9 ± 85.78 g y 980.0 ± 153.3 g, respectivamente; Roque (2020) para dietas de 40 y 50 gMS/kgPV^{0.75} basadas en heno de avena y alfalfa, obtuvo un CMS de 792.0 y 883.0 g/día, claramente inferiores a los registrado en el presente estudio. El consumo de MS observado para cada nivel de alimentación se presenta en la Tabla 8.

Tabla 8. Consumo de Materia Seca con Relación al Peso Vivo y Peso Metabólico

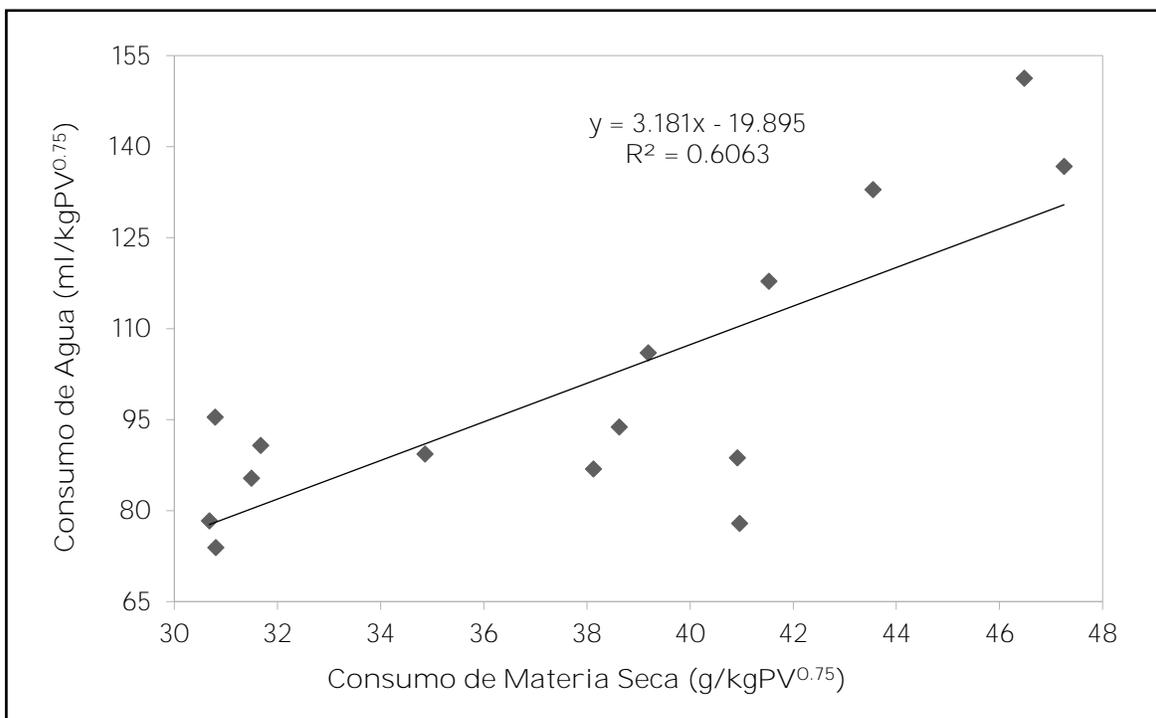
Nivel de alimentación	Peso Vivo (kg)	Consumo MS (g)		%PV	
		Promedio	SD	Promedio	SD
Subalimentación	62.60	737.4	60.61	1.180	0.030
Mantenimiento	64.40	901.9	85.78	1.403	0.068
Sobrealimentación	65.30	980.0	153.3	1.500	0.166
Promedio	64.10	873.1		1.361	
SD	6.589	146.8		0.170	
C.V., %	10.28	16.82		12.49	

El CMS expresado en porcentaje de PV para el nivel de subalimentación, en promedio fue de 1.18%, mientras que para el nivel mantenimiento y sobrealimentación fue de 1.40 y 1.50%, respectivamente. Al respecto, San Martín y Bryant (1989) señalan que alpacas estabuladas consumen diariamente el 1.8% de su peso vivo en alimento y López & Raggi (1992) indican un CMS correspondiente al 1.7% del peso vivo, lo cual concuerda parcialmente con los resultados obtenidos en este estudio, ya que en ningún tratamiento la ingestión diaria sobrepasó esta cantidad y se mantuvo en niveles por debajo del consumo de alimento realizado por otras especies como los ovinos, que al día consumen cerca del 3.3% de su peso vivo (San Martín F. A., 1991).

Respecto al consumo de agua, se encontró una correlación positiva entre el consumo de MS y el consumo de agua, conforme se evidencia en el Gráfico 2. Durante este estudio se obtuvo

un consumo de agua de 84.74 ± 15.45 ml/kgPV^{0.75} para la dieta de subalimentación, 96.47 ± 19.37 ml/kgPV^{0.75} para mantenimiento y 119.78 ± 28.22 ml/kgPV^{0.75} para sobrealimentación. Vélez-Marroquín *et al.*, (2022) reportó un consumo de 2259 ± 152.3 ml/día, equivalente a 100 ml/kgPV^{0.75}.

Gráfico 2. Correlación entre el consumo de Materia Seca y el consumo de agua en alpacas Huacaya alimentadas con niveles de alimentación (subalimentación, mantenimiento y sobrealimentación)



CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

1. Los coeficientes de digestibilidad aparente obtenidos en alpacas sometidas a un nivel de subalimentación (33 g MS /kgPV^{0.75}) fueron; 68.66 ± 4.65 % para la materia seca, 68.98 ± 4.65 % para la materia orgánica, 68.37 ± 4.68 % para la energía bruta, 76.94 ± 3.33 % para la proteína cruda y 59.02 ± 6.62 % para la fibra detergente neutra.
2. Los coeficientes de digestibilidad aparente obtenida en alpacas sometidas al nivel de sobrealimentación (53 g MS /kgPV^{0.75}) fue de 66.68 ± 4.81 % para materia seca, para la materia orgánica fue 67.57 ± 4.98 %, para la energía bruta fue de 67.02 ± 4.71 %, para la proteína cruda fue 74.45 ± 3.37 % y para la fibra detergente neutra se obtuvo 56.62 ± 6.88%.
3. Los coeficientes de digestibilidad aparente obtenidos en alpacas macho adultos alimentados con una dieta experimental basada en heno de avena (70%) y pellet de alfalfa (30%), en escenarios de subalimentación y sobrealimentación, no evidencian diferencias significativas entre niveles de alimentación.

RECOMENDACIONES

- Realizar estudios complementarios que permitan evaluar el efecto de diversos factores sobre la digestibilidad empleando animales en distintos estados fisiológicos, forrajes de distinta calidad y estado fenológico.
- Realizar estudios empleando equipos analizadores de gases a fin de conocer íntegramente el metabolismo energético y el reciclaje de nitrógeno en CSA.
- Desarrollar estudios orientados a conocer el efecto de los procesos digestivos sobre la producción de metano por parte de los CSA.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A.O.A.C. (2005). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists International. *Association of Official Analytical Chemist, 18th Edition*.
- Arias, N., Velapatiño, B., Hung, A., & Cok, J. (2016). Cytokines expression in alpacas and llamas exposed to cold stress. *Small Ruminant Research, 141*, 135-140.
<https://doi.org/doi.org/10.1016/j.smallrumres.2016.07.016>
- Astete, A. U. (1980). *Cultivo de Pastos y Forrajes*. Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
- Australian Alpaca Asociation Inc. (2000). Alpaca Nutrition - part 1. *Alpaca note*, 5(11).
- Baptista, V. C. (2009). Los camélidos en la reserva de producción de fauna Chimborazo: ¿Una alternativa para la sustentabilidad del páramo? Estudio de caso en torno a la organización campesina, la economía y la gobernanza ambiental. *Trabajo de tesis*. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales FLACSO - Ecuador, Ecuador. Retrieved 29 de Octubre de 2021, from <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17769/1/UPS%20-%20ST004349.pdf>
- Basurto, R., & Tejada, I. (1992). Digestibilidad aparente de la pulpa deshidratada de limón: Comparación de métodos para estimarla. *Técnica Pecuaria México, 30*(1), 13.
- Brenes, E. R., Madrigal, K., Pérez, F., & Valladares, K. (2001). *El Cluster de los Camélidos en Perú: Diagnóstico Competitivo y Recomendaciones Estratégicas*. Instituto Centroamericano de Administración de Empresas INCAE, Proyecto Andino de Competitividad, Lima.
https://www.academia.edu/2530676/El_cluster_de_los_cam%C3%A9lidos_en_el_Per%C3%BA_Diagn%C3%B3stico_competitivo_y_recomendaciones_estrat%C3%A9gicas_Proyecto_Andino_de_Competitividad

- Bryant, F., & Farfan, R. (1984). Dry season forage selection by alpaca (*Lama pacos* L.) in Southern Peru. *Journal Range Manage*(37), 330-333.
- Burns, J., Ponds, K., & Fisher, D. (1991). Effects of grass species on grazing steer: II. Dry matter intake and digesta kinetics. *Journal of Animal Science*, 69(3), 1199-1204.
- Bustinza, V. A. (2001). *La alpaca. Conocimiento del gran potencial andino*. Instituto de Investigación y Producción de Camélidos Sudamericanos.
- Cabrera, A. (1932). Sobre los camélidos fósiles y actuales de la América austral. *Revista del Museo de La Plata*, 33, 89-117.
- Calsamiglia, S., Ferret, A., & Bach, A. (2016). *Tablas FEDNA de valor nutritivo de forrajes y subproductos fibrosos húmedos* (Vol. 2da Edición). Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal.
- Cañas, R. (1995). *Alimentación y Nutrición Animal*. Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía, Santiago, Chile.
- Cañas, R. (1999). *Alimentación y Nutrición Animal* (Vol. 2da Ed.). Santiago de Chile: Impresores Alfabetas.
- Carmean, B. R., Johnson, K. A., & Johnson, L. W. (1992). Maintenance energy requirement of llamas. *American Journal of Veterinary Research*, 53(9), 1696-1698.
- Cebra, C., Anderson, D. E., Tibary, A., Van Saun, R. J., & Johnson, L. W. (2014). Disorders of the Digestive System. En C. Cebra, D. E. Anderson, A. Tibary, R. Van Saun, & L. Johnson, *Llama and alpaca care: Medicine, surgery, reproduction, nutrition and herd health* (pág. 512). Elsevier.
- Cebra, C., Tornquist, S., & Van Saun, R. (2001). Glucose tolerance testing in llamas and alpacas. *American Journal Veterinary Research*, 62(5), 682-686.
- Cerón-Muñoz, M. F., Galeano Vasco, L. F., & Restrepo-Betancur, L. F. (2013). *Modelación Aplicada a las Ciencias Animales: diseño experimental, con implementación del programa R-project* (Vol. I). Medellín, Colombia: Editorial Biogénesis.

- Chalupa, G. D., & Ferguson, J. D. (1996). Animal nutrition and management in the 21st century: dairy cattle. *Animal feed science and technology*, 58(1-2), 1-18.
- Chino Velasquez, L., Molina Botero, I., Moscoso Muñoz, J., & Gómez Bravo, C. (2022). Relationship between Chemical Composition and In Vitro Methane Production of High Andean Grasses. *Multidisciplinary Digital Publishing Institute*, 12(18).
- Choque, J. M. (2005). Producción y Manejo de Especies Forrajeras. *Facultad de Ciencias Agrarias*. Universidad Nacional del Altiplano Puno, Puno.
- Church, D. (1974). *Fisiología Digestiva y Nutrición de los Rumiantes* (Primera edición ed., Vol. 2). Zaragoza, España.
- Cochran, R., & Galyean, M. (1994). Measurement of in vivo forage digestion by ruminants. Forage quality, evaluation and utilization. *American Society of Agronomy*.
- Correa, H., Hidalgo, V., Vergara, B., & Montes, T. (1994). Determinación de la digestibilidad de insumos energéticos, proteicos y fibrosos en cuyes. *XVII Reunión científica anual de la asociación peruana de producción animal (APPA)*.
- Cunningham, J. (1995). *Fisiología Veterinaria* (2a. Ed. ed.). México: Editorial Mc Graw-Hill Interamericana.
- Dorado C., R. C. (2008). Evaluación de la digestibilidad aparente de raciones de pastos nativos y alfalfa (*Medicago sativa*) en llamas (*Lama glama*) en la localidad de Choquenaira-La Paz. *Tesis de grado*. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía, La Paz, Bolivia. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/4313/T-1218.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Eckerlin, R. H., & Stevens, C. E. (1979). Bicarbonate secretion by the glandular sacculles of the llama stomach. *Cornell University College of Veterinary*(63), 436-445.
- Eisenberg, J., & Redford, K. (1999). *Mammals of the Neotropics, The central neotropics: Ecuador, Peru, Bolivia, Brazil*. Chicago and London: The University of Chicago Press.
- Engelhardt, W., & Holler, H. (1987). A survey of the salivary and gastric physiology of camelids. *Animal Research and Developed*, 26, 84-94.

- Engelhardt, W., & Schneider, W. (1977). Energy and nitrogen metabolism in the llama. *Animal Research and development*, 5, 68-72.
- Engelhardt, W., Dycker, C., & Lechner-Doll, M. (2007). Absorption of short-chain fatty acids, sodium and water from the forestomach of camles. *Journal of Comparative Physiology B*.(177), 631-640.
- FAO. (2005). *Situación actual de los camélidos sudamericanos en Perú*. Perú: Proyecto de cooperación técnica en apoyo a la crianza y aprovechamiento de los camélidos sudamericanos en la región andina.
- FAO. (2009). How to feed the world in 2050, towards 2030/2050. *High Level Expert Forum*. Roma: FAO.
- FEDNA, Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. (2010). *Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos* (Tercera edición ed.).
- Fernández-Baca, S. (1975). Alpaca raising in the high Andes. *Revista Mundial de Zootecnia (FAO)*, 14(1), 1-8.
- Fernández-Baca, S. (1991). *Avances y perspectivas del conocimiento de los camélidos sudamericanos*. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, Santiago de Chile, Chile.
- Fernández-Baca, S. (2005). *Situación actual de los Camélidos Sudamericanos en Perú*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO, Perú. Retrieved 21 de Octubre de 2021, from https://tarwi.lamolina.edu.pe/~emellisho/zootecnia_archivos/situacion%20alpcas%20peru.pdf
- Fernández-Baca, S., & Novoa, C. (1996). Estudio comparativo de la digestibilidad de los forrajes en ovinos y alpacas. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 18(20), 88-96.
- Florez, A., & Malpartida, E. (1973). *Informe de investigación 1970 - 1972*. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima: Programa de Forrajes.

- Flórez, J. (1973). Velocidad de pasaje de la ingesta y digestibilidad en alpacas y ovinos. *Tesis. Programa Académico Medicina Veterinaria*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú. Retrieved 22 de Enero de 2022.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2005). Proyecto de Cooperación Técnica en apoyo a la crianza y aprovechamiento de los Camélidos Sudamericanos en la Región Andina. *Situación actual de los camélidos sudamericanos en Perú*. Perú: FAO.
- Fowler, E. (1989). *Medicine and surgery of south american camelids. Chapter 2 "Feeding and nutrition"*. Ames Iowa, USA: Iowa State University Press.
- Fowler, M. E. (1998). Feeding and nutrition. En I. S. Press, *Medicine and Surgery of South American Camelids: Llama, Alpaca, Vicuna, Guanaco* (págs. 12-48). Iowa.
- Gallegos Acero, R. F. (06 de Noviembre de 2013). Índices Productivos de Alpacas del Centro de Investigación y Producción "La Raya". *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 15(2), 255-262. <https://doi.org/https://doi.org/10.18271/ria.2013.8>
- Garcilaso, d. (1609). *Los Comentarios Reales*.
- Grant, R. J. (1991). G91-1034 Evaluating the feeding value of fibrous feeds for dairy cattle. *Historical Materials from University of Nebraska-Lincoln Extension*. University of Nebraska. Retrieved 23 de Enero de 2022, from <https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1437&context=extension> hist
- Haro, J. (2002). Consumo voluntario de forraje por rumiantes en pastoreo. *Acta universitaria*, 12(3), págs. 56-63.
- Heller, R., Cercanov, V., & Engelhardt, W. (1986). Retention of fluid and particles in the digestive tract of the llama. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 83 A(4), 687-691.
- Hinderer, S., & Engelhardt, W. (1975). Urea metabolism in the llama. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 52(1), 619-622.

- Huareccallo M., J. C. (2017). Efecto del nivel de consumo sobre la digestibilidad y valor energético de concentrado fibroso en llamas y alpacas. *Tesis de grado*. Universidad Nacional del Altiplano - Puno, Puno, Perú.
- Huwasquiche, A. (1974). Balance del nitrógeno y digestibilidad en alpacas y ovinos. (*BS thesis*). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.
- Huisa, T. (1985). Composición botánica y valor nutricional de la dieta de alpacas (*Lama pacos*) en época de seca. Botanical composition and nutritional value of alpaca (*Lama pacos*) diets during the dry season. *Tesis de pregrado*. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Cusco.
- Institute Inc. User Installation Guide for the SAS System Version 9 for Microsoft Windows, Cary NC SAS Institute Inc. (2002). SAS .
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2012). *IV Censo Nacional Agropecuario*. Retrieved 22 de Julio de 2021.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (Noviembre de 2019). Principales Resultados - Pequeñas, Medianas y Grandes Unidades Agropecuarias, 2014 - 2018. *Encuesta Nacional Agropecuaria 2015 - 2018*, 47-48. Retrieved 01 de Julio de 2021, from https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1697/libro.pdf
- King, T., Beard, J., Norman, M., Wilson, H., MacDonald, J., & Mulliniks, J. (2022). Effect of protein and glucogenic precursor supplementation on forage digestibility, serum metabolites, energy utilization, and rumen parameters in sheep. *Translational Animal Science*, 6(1).
- Kleiber, M. (1961). *Fire of Life. An introduction to Animal energetic*. Wiley, 454.
- López Aranguren, D. (1930). Camélidos fósiles argentinos. *Anales de la Sociedad Científica Argentina*, 109, 15-35.

- López V., A., Cabrera C., R., & Rojas S., E. (1996). Digestibilidad aparente de forrajes secos por la alpaca (Lama pacos). Heno de alfalfa (Medicago sativa) de tres calidades y heno de quinquilla (Chenopodium album). *Avances en Ciencias Veterinarias. Universidad de Chile*, 11(1), 5-9.
- López V., A., Morales S., M., Cabrera, C., & Urra C., X. (2000). Ingestión y digestibilidad aparente de forrajes por la llama (Lama glama): Heno de alfalfa (Medicago sativa) y paja de trigo (Triticum aestivum) en diferentes proporciones. *Archivos de Medicina veterinaria*, 32(2), 201-208.
- López, A., & Raggi, L. A. (1992). Requerimientos nutritivos de camélidos sudamericanos: Llama (Lama glama) y Alpacas (Lama pacos). *Archivos de Medicina Veterinaria*, 24(2), 121-130.
- López, A., Maizteguir, J., & Cabrera, R. (1998). Voluntary intake and digestibility of forages with different nutritional quality in alpacas (Lama pacos). *Small Ruminant Research*, 29(1), 295-301.
- Luciano, L., Voss-Wermbter, G., Behnke, M., Engelhardt, W., & Reale, E. (1979). Die Struktur der Magenschleimhaut beim Lama (Lama guanacoe und Lama lamae) I vormagen morphologie. *Jahrb.*
- Lupton, C., McColl, A., & Stobart, R. (2006). Fiber Characteristics of the Huacaya Alpaca. *Small Ruminant Research*, 64, 211-224.
- Maiztegui, J. A. (1996). Evaluación de la digestibilidad "in vivo" de cuatro henos en alpacas (Lama pacos), y su comparación "in rumen" entre alpacas y cabras (Capra hircus). *Tesis de Maestría*. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias, Santiago, Chile.
- Mamani, H. (2009). Valor energético de la mezcla forrajera de heno de avena (Avena sativa) y alfalfa (Medicago sativa) en alpacas (Vicugna pacos). *Tesis*. Universidad Nacional del Altiplano, Puno.

- Marín, J. C., Zapata, B., González, B., Bonacic, C., Wheeler, J., Casey, C., Bruford, M., Palma, E., Poulin, E., Alliende, M., & Spotorno, A. (2007). Sistemática, taxonomía y domesticación de alpacas y llamas: Nueva evidencia cromosómica y molecular. *Revista Chilena de Historia Natural*, 80, 121-140. Retrieved 30 de Octubre de 2021.
- Martínez, A. (2005). Valoración energética de los alimentos. *Nutrición y Alimentación Animal*. Universidad de Córdoba, Córdoba.
- Maynard, L., Loosli, J., Hintz, H., & Walner, R. (1992). *Nutrición Animal*. Mexico: Ediciones Mc Grawhill.
- McDonald. (1986). *Nutrición Animal Tercera Edición*. Zaragoza, España: Acribia.
- McDonald, P., Edwards, R., & Greenhalgh, J. (1981). *Nutrición Animal*. Zaragoza, España: Acribia.
- Mengoni, G. (2008). Camelids in ancient Andean societies: a review of the zooarchaeological evidence. *Quaternary International*, 185, 59-68.
- Mertens, D. (2002). Physical and chemical characteristics of fiber affecting dairy cow performance. *Proceedings Cornell Nutrition Conference*, 125-144.
- Meyer, K., Hummel, J., & Clauss, M. (2010). The relationship between forage cell wall content and voluntary food intake in mammalian herbivores. *Mammal Review*, 40(3), 221-245.
- MINAGRI. (01 de Agosto de 2016). Día Nacional de la Alpaca. Perú. Retrieved 14 de Julio de 2021, from <https://www.minagri.gob.pe/portal/noticias-anteriores/notas-2016/16705-hoy-se-celebra-el-dia-nacional-de-la-alpaca>
- MINAGRI. (2019). *Potencial productivo y comercial de la alpaca*. Perú. <https://www.minagri.gob.pe/portal/analisis-economico/analisis-2019?download=16050:potencial-productivo-y-comercial-de-la-alpaca>
- Ministerio de Agricultura y Riego MINAGRI. (01 de Agosto de 2016). Día Nacional de la Alpaca. Perú. Retrieved 14 de Julio de 2021, from <https://www.minagri.gob.pe/portal/noticias-anteriores/notas-2016/16705-hoy-se-celebra-el-dia-nacional-de-la-alpaca>

- Montes, C., De Lamo, D., & Zavatti, J. (2000). Distribución de Abundancias de guanacos (*Lama guanicoe*) en los distintos ambientes de Tierra de Fuego. *Mastozoología Neotropical*, 7(1), 23-31.
- Morin, D. E., Rowan, L. L., Hurley, W. L., & Braselton, W. E. (1995). Composition of milk from llamas in the United States. *Journal of Dairy Science*, 78, 1713-1720.
- Moscoso M., J., Franco F., F., San Martín H., F., Olazábal L., J., Chino V., L., & Pinares-Patiño, C. (19 de Diciembre de 2017). Producción de Metano en Vacunos al Pastoreo Suplementados con ensilado, concentrado y taninos en el Altiplano Peruano en época seca. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 28(4), 822-833.
<https://doi.org/https://doi.org/10.15381/rivep.v28i4.13887>
- National Research Council. (2001). Nutrient Requirements of dairy cattle. *National Academy Press*.
- National Research Council. (2007). Nutrient Requirements of small ruminants. Sheep, goats, cervids and New World Camelids. *National Academy Press*.
- Nehring, K., & Haenlein, G. (Mayo de 1973). Feed evaluation and ration calculation based on Net Energy. *Journal of Animal Science*, 36(5), 949-964.
- Nielsen, M. O., Kiani, A., Tejada, E., Chwalibog, A., & Alstrup, L. (2014). Energy metabolism and methane production in llamas, sheep and goats fed high-and low-quality grass-based diets. *Archives of Animal Nutrition*, 68(3), 171-185.
<https://doi.org/10.1080/1745039X.2014.912039>
- Novoa M., C. (2007). Camélidos Sudamericanos. *Sitio Argentino de Producción Animal*. Departamento de Agricultura, FAO. Retrieved 14 de Octubre de 2021, from https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_de_camelidos/camelidos_general/119-fao.pdf
- Obregón , A. B. (2022). Consumo y digestibilidad de cuatro raciones con diferente contenido de fibra en alpacas (*Vicugna pacos*). *Tesis de Maestría*. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima.

- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación - FAO. (Mayo de 1994). Control de Calidad de Insumos y Dietas Acuícolas. *Documento Preparado por el Proyecto GCP/RLA/102/ITA "Apoyo a las Actividades Regionales de Acuicultura en América Latina y el Caribe"- AQUILA II*. (E. Castro Campos, Ed.) México D.F.
- Ormachea, E., Calsín, B., & Olarte, U. (2015). Textile fiber characteristics huacaya alpacas of Corani district Carabaya. *Revista de Investigaciones Antoandinas*, 17(2), 215-220. <https://doi.org/doi.org/10.18271/ria.2015.115>
- Ortiz, C. (1971). Contribución al estudio de la saliva parotidea de la alpaca: ph, Na, K y Ca. *Tesis de pregrado del Programa académico de Medicina Veterinaria*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima.
- Osorio C., E., Giraldo C., J., & Narváez S., W. (2012). Metodologías para determinar la digestibilidad de los alimentos utilizados en la alimentación canina. *Revista Veterinaria y Zootecnia*, 6(1), 87-97.
- Paredes, J., San Martín, F., Olazabal, J., & Ara, M. (2014). Efecto del nivel de fibra detergente neutra sobre el consumo en la alpaca (Vicugna pacos). *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 205-212.
- Pinares, C. S., Ulyatt, M. J., Waghorn, G. C., Lassey, K. R., Barry, T. N., Holmes, C. W., & Johnson, D. E. (2003). Methane emission by alpaca and sheep fed on lucerne hay or grazed on pastures of perennial ryegrass/white clover or birds foot trefoil. *Journal Agriculture Science*(140), 215-226.
- Pinto, E., Martín, C., & Vázquez, M. (2010). Camélidos sudamericanos: clasificación, origen y características. *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias*, 24.
- Raggi Saini , L., & Ferrando R., G. (Enero-Junio de 1998). Avances en fisiología y adaptación de camélidos sudamericanos. *Avances en Ciencias Veterinarias*, 13(1). <https://doi.org/10.5354/0719-5273.1998.4806>
- Raggi Saini, L., & Crossley Cabezón, J. (Julio de 1990). Características del proceso digestivo en camélidos sudamericanos. *Monografías de Medicina Veterinaria*, 12(1). Retrieved 02

- de Julio de 2021, from https://web.uchile.cl/vignette/monografiasveterinaria/monografiasveterinaria.uchile.cl/CDA/mon_vet_completa/0,1421,SCID%253D14011%2526ISID%253D420,00.html
- Ramírez, J. E. (2018). Efecto del tamaño de partícula del forraje en el consumo, ganancia de peso y producción de metano en llamas y alpacas. *Tesis de Maestría en Ciencia Animal*. Universidad Nacional del Altiplano de Puno, Puno, Perú.
- Reiner, R. J., Bryant, F. C., Farfan, R. D., & Craddock, B. F. (1987). Forage intake of alpacas grazing Andean rangeland in Peru. *Journal of Animal Science*, *64*, 868-871.
- Robinson, T. F., Roeder, B. L., Schaalje, G. B., Hammer, J. D., Burton, S., & Christensen, M. (2005). Nitrogen balance and blood metabolites of alpaca (*Lama pacos*) fed three forages of different protein content. *Small Ruminant Research*, *58*, 123-133.
- Roque H., B., Bautista P., J., Beltrán B., P., Calsín C., B., Medina S., J., Aro A., J., Aranibar A., M., Sumari M., R., Benito L., D., Marca C., U., Huareccallo M., J., Pari H., J., Ramírez A., J., Condori A., E., Roque H., E., Chui B., H., & Pinares Patiño, C. (2020). Requerimientos de energía metbolizable para mantenimiento y ganancia de peso de llamas y alpacas determinados mediante la técnica de sacrificio comparativo. *Revista de Investigaciones Veterinarias Perú*, *31*(4). <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/veterinaria/article/view/16738/16024>
- Rosadio A., R., Maturrano H., L., Pérez J., D., Castillo D., H., Véliz A., Á., Luna E., L., Yaya L., K., & Londoño B., P. (Agosto de 2012). Avances en el estudio de la Patogénesis y prevención de la enterotoxemia de las alpacas. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, *23*(3), 251-260. Retrieved 14 de Julio de 2021, from http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172012000300001
- Rossi, C. A. (Marzo de 2004). *Zoe Comunidad Agropecuaria*. Retrieved 09 de Julio de 2021, from https://zoetecnocampo.com/Documentos/camelidos_rossi.htm

- Rostworowski de Diez Canseco, M. (2005). Redes económicas del Estado inca: el ruego y la dádiva. En V. Vich, *El estado está de vuelta: desigualdad, diversidad y democracia* (pág. 31). Lima, Perú: Instituto de Estudios Peruanos.
- Rübsamen, K., & Engelhardt, W. (1979). Morphological and functional peculiarities of the llama forestomach. *Annales de Recherches Vétérinaires*, 10(2-3), 473-475. Retrieved 27 de Junio de 2021, from <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00901218/document>
- Rübsamen, K., & Von Engelhardt, W. (1975). Water metabolism in the llama. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 52A, 595-598.
- Ruiz, J., Gutiérrez, G., & Velarde, R. (2004). Producción y comercialización de los productos de pequeños rumiantes y camélidos sudamericanos en el Perú. En V. Parraguez, J. Solís, & J. Díaz, *La comercialización de los productos de pequeños rumiantes y camélidos sudamericanos* (págs. 119-126). México: Ciencia y Tecnología para el Desarrollo CYTED. Retrieved 29 de Octubre de 2021.
- Ruiz, M. (1992). Methodological Guidelines. *Ruminant Nutrition Research*, 173-178.
- San Martín, F. (1999). Nutrición y alimentación de camélidos sudamericanos. (C. A. Cardozo A, Ed.) *Proceedings of Seminario de reproducción y nutrición de camélidos sudamericanos*, 9-36.
- San Martín, F. (1987). Comparative forage selectivity and nutrition of South American camelids and sheep. *Ph.D. Dissertation*. Texas Tech University, Lubbock, Texas, EE.UU.
- San Martín, F. (1989). Alimentación y nutrición de la llama y la alpaca (Feeding and nutrition of the llama and the alpaca). *XII Reunión Científica de la Asociación Peruana de Producción Animal (APPA)*, 47-64.
- San Martín, F. (1994). Avances y alternativas de alimentación para los camélidos sudamericanos. *Revista de Investigaciones pecuarias IVITA*, 7(2). https://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/veterinaria/v07_n2/avancesya.htm
- San Martín, F. A. (1991). Alimentación y Nutrición. En S. Fernández-Baca, *Avances y Perspectivas Camelidos Sudamericanos*. (págs. 213-262). Santiago, Chile:

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe.

San Martín, F. A., & Bryant, F. C. (1989). Nutrition of domesticated South American llamas and alpacas. *Small Ruminant Research*, 2, 191-216.

San Martín, F., & Bryant, F. (1989). Digestibilidad comparativa entre llama y ovino en función de la calidad de la dieta. *Research on Pastures and Forages of the Texas Tech University in Perú*, V, 667-80.

San Martín, F., & Bryant, F. (1991). Consumo voluntario de paja de cebada entera, picada y tratada con úrea en llamas, alpacas y ovinos. *Investigaciones sobre pastos y forrajes de Texas University*, 97-102.

San Martín, F., & Bryant, F. C. (1987). Nutrición de los camélidos sudamericanos: estado de nuestro conocimiento. *Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura. Programa Colaborativo de Apoyo a la Investigación en Rumiantes menores*, 67.

San Martín, F., & Van Saun, R. (2014). Applied digestive anatomy and feeding behavior. En C. Cebra, D. Anderson, A. Tibary, R. Van Saun, & L. Johnson, *Llama and alpaca care: Medicine, Surgery, Reproduction, Nutrition and Herd Health* (págs. 51-58). Toronro: El Servier.

Soltner, D. (1993). *Alimentation des Animaux Domestiques*. Collection Sciences et Techniques Agricoles.

Sponheimer, M., Robinson, T., Roeder, B., Hammer, J., Ayliffe, L., Passey, B., Cerling, T., Dearing, D., & Ehleringer, J. (2003). Digestion and passage rates of grass hays by llamas, alpacas, goats, rabbits and horses. *Small Ruminant Research*, 48, 149-154.

Toro, O. (2020). Camélidos sudamericanos domésticos: fibra, carne y más. *Camélidos Edición Especial*. Centro de Estudios y Promoción del Desarrollo del Sur (DESCOSUR), Arequipa, Arequipa, Perú. Retrieved 01 de Julio de 2021, from <https://www.desco.org.pe/recursos/imagen/multimedia/boletinCamelidosEDespecial.pdf>

- Tyrrell, H. F., & Moe, P. W. (1975). Effect of intake on digestive efficiency. *Journal Dairy Science*, 1151-1163.
- Vallenas, A., & Stevens, C. (1971). Motility of the llama and guanaco stomach. *American Journal of Physiology*, 220(1), 275-282.
- Vallenas, A., Cummings, J., & Munell, J. (1971). A gross study of the compartmentalized stomach of two New World camelids, the llama and guanaco. *International Journal of Morphology*, 134, 399-424.
- Van Saun, R. J. (2006). Nutrient requirements of South American Camelids: A factorial approach. *Small Ruminant Research*, 165-186.
- Van Saun, R. J. (2009). Requirements and Assessing Nutritional Status in Camelids. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*, 25, 265-279.
<https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2009.03.003>
- Van Soest, P. J. (1994). *Nutritional Ecology of the ruminant* (2 ed.). Cornell University Press.
- Vélez, V., Moscoso, J., & Estelles, F. (2019). Análisis comparativo del uso de energía en camélidos sudamericanos y rumiantes. *XVIII Jornadas de producción animal*.
- Vélez-Marroquín, V. M., Cabezas-García, E. H., Antezana-Julian, W. O., Estellés-Barber, F., Franco, F. E., & Pinares-Patiño, C. S. (2022). Design, operation, and validation of metabolism crates for nutrition studies in alpacas (*Vicugna pacos*). *Small Ruminant Research*, 209.
- Vivar, M. (2018). Comparación del nivel de nitrógeno ureico sanguíneo entre alpacas y llamas destetadas mantenidas en pastos cultivados. *Tesis B.S.* Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.
- Webb, D. S. (1965). *The osteology of Camelops* (Vol. 1). Los Angeles: Los Angeles County Museum of Natural History.
- Wheeler, J. (1984). La domesticación de la alpaca (*Lama pacos* L.) y la llama (*Lama glama* L.) y el desarrollo temprano de la ganadería autóctona en los Andes Centrales. *Boletín de Lima*, 36, 74-84.

Wheeler, J. (1991). Origen, evolución y status actual. En S. (. Fernández-Baca, *Avances y perspectivas en el conocimiento de los camélidos sudamericanos*. Santiago de Chile: FAO.

Wheeler, J. C. (1995). Evolution and present situation of the South American camelidae. *Biological Journal of the Linnean Society*, 54(3), 271-295.
[https://doi.org/doi:10.1016/0024-4066\(95\)90021-7](https://doi.org/doi:10.1016/0024-4066(95)90021-7)

Yaranga C., R. M. (2009). Alimentación de camélidos sudamericanos y manejo de pastizales. *Departamento Académico de Ciencia Animal*. Universidad Nacional del Centro del Peru, Huancayo, Perú. Retrieved 01 de Noviembre de 2021, from <https://dokumen.tips/technology/alimentacion-de-camelidos-y-manejo-de-pastizales.html>

ANEXOS

Anexo 1

Alimento ofrecido, consumo en base fresca y seca, consumo total de materia seca y agua durante el Nivel de Subalimentación 33 gMS/kgPV^{0.75}

Jaula Metabólica	DÍA	Peso vivo	Peso Metabólico	Pellet de alfalfa			Heno de avena			Consumo total MS	SD	Agua Consumida
		(k)	(k)	Ofrecido (g)	Consumido (g)	CMS (g)	Ofrecido (g)	Consumido (g)	CMS (g)	(g)	(g)	(ml)
1	1	53.00	19.64	227.0	227.0	202.2	530.0	523.8	447.1	649.2	5.9	2005.0
	2			227.0	227.0	202.2	530.0	508.2	433.8	635.9		1850.0
	3			227.0	227.0	202.2	530.0	526.0	448.9	651.1		2095.0
	4			227.0	227.0	202.2	530.0	517.2	441.4	643.6		1485.0
	5			227.0	227.0	202.2	530.0	520.2	444.0	646.2		1935.0
2	1	72.00	24.72	288.0	288.0	256.5	672.0	672.0	573.6	830.1	0.4	1945.0
	2			288.0	288.0	256.5	672.0	671.0	572.7	829.2		2090.0
	3			288.0	288.0	256.5	672.0	672.0	573.6	830.1		1815.0
	4			288.0	288.0	256.5	672.0	672.0	573.6	830.1		2025.0
	5			288.0	288.0	256.5	672.0	671.5	573.1	829.6		2670.0
3	1	60.00	21.56	253.0	253.0	225.3	590.0	589.0	502.7	728.0	0.8	2140.0
	2			253.0	253.0	225.3	590.0	588.5	502.3	727.6		2020.0
	3			253.0	253.0	225.3	590.0	590.0	503.6	728.9		2125.0
	4			253.0	253.0	225.3	590.0	589.0	502.7	728.0		1640.0
	5			253.0	253.0	225.3	590.0	587.4	501.4	726.7		1855.0
4	1	62.50	22.23	258.0	245.8	218.9	601.0	592.9	506.0	725.0	5.3	1580.0
	2			258.0	255.5	227.5	601.0	591.0	504.4	732.0		1290.0
	3			258.0	245.8	218.9	601.0	593.0	506.1	725.0		2280.0
	4			258.0	254.5	226.7	601.0	595.6	508.3	735.0		1515.0
	5			258.0	245.8	218.9	601.0	589.9	503.5	722.4		2040.0
5	1	65.50	23.02	265.0	265.0	236.0	618.0	606.1	517.3	753.3	2.3	1865.0
	2			265.0	265.0	236.0	618.0	608.0	518.9	754.9		1430.0
	3			265.0	265.0	236.0	618.0	610.9	521.4	757.4		1920.0
	4			265.0	265.0	236.0	618.0	613.0	523.2	759.2		1160.0
	5			265.0	265.0	236.0	618.0	610.7	521.2	757.2		2135.0

Anexo 2

Alimento ofrecido, consumo en base fresca y seca, consumo de materia seca y agua durante el Nivel de Mantenimiento - 43 gMS/kgPV^{0.75}

Jaula Metabólica	DÍA	Peso vivo	Peso Metabólico	Pellet de alfalfa			Heno de avena			Consumo total MS	SD	Agua Consumida
		(k)	(k)	Ofrecido (g)	Consumido (g)	CMS (g)	Ofrecido (g)	Consumido (g)	CMS (g)	(g)	(g)	(ml)
1	1	54.00	19.92	294.6	294.6	262.4	687.5	605.9	517.1	779.5	38.7	1975.0
	2			294.6	294.6	262.4	687.5	666.2	568.6	831.0		2245.0
	3			294.6	294.6	262.4	687.5	630.2	537.9	800.3		2275.0
	4			294.6	294.6	262.4	687.5	588.9	502.6	765.0		2175.0
	5			294.6	294.6	262.4	687.5	544.9	465.1	727.4		1890.0
2	1	73.50	25.10	370.8	370.8	330.2	865.1	841.7	718.4	1048.6	22.2	1905.0
	2			370.8	370.8	330.2	865.1	843.8	720.2	1050.4		1210.0
	3			370.8	370.8	330.2	865.1	819.3	699.3	1029.5		1825.0
	4			370.8	370.8	330.2	865.1	784.3	669.4	999.6		2405.0
	5			370.8	370.8	330.2	865.1	799.8	682.6	1012.9		2430.0
3	1	63.00	22.36	325.4	325.4	289.8	759.3	737.2	629.2	919.0	5.6	2725.0
	2			325.4	325.4	289.8	759.3	750.9	640.9	930.7		2905.0
	3			325.4	325.4	289.8	759.3	748.6	638.9	928.7		2260.0
	4			325.4	325.4	289.8	759.3	752.1	641.9	931.7		2065.0
	5			325.4	325.4	289.8	759.3	753.7	643.3	933.1		3215.0
4	1	64.00	22.63	333.4	323.2	287.8	778.0	733.6	626.1	914.0	43.4	2270.0
	2			333.4	327.5	291.7	778.0	736.5	628.6	920.3		2355.0
	3			333.4	318.6	283.7	778.0	691.3	590.0	873.8		1880.0
	4			333.4	309.2	275.4	778.0	657.9	561.5	836.9		1975.0
	5			333.4	300.7	267.8	778.0	652.7	557.1	824.9		2130.0
5	1	67.50	23.55	347.4	347.4	309.4	810.5	681.0	581.2	890.6	5.2	2010.0
	2			347.4	347.4	309.4	810.5	693.4	591.8	901.2		1885.0
	3			347.4	345.0	307.3	810.5	689.5	588.5	895.8		2010.0
	4			347.4	347.4	309.4	810.5	688.5	587.6	897.0		2155.0
	5			347.4	347.4	309.4	810.5	697.0	594.9	904.3		2170.0

Anexo 3

Alimento ofrecido, consumo en base fresca y seca, consumo de materia seca y agua durante el Nivel de Sobrealimentación - 53 gMS/kgPV^{0.75}

Jaula Metabólica	DÍA	Peso vivo	Peso Metabólico	Pellet de alfalfa			Heno de avena			Consumo total MS	SD	Agua Consumida
		(k)	(k)	Ofrecido (g)	Consumido (g)	CMS (g)	Ofrecido (g)	Consumido (g)	CMS (g)	(g)	(g)	(ml)
1	1	55.00	20.20	373.5	373.5	332.6	871.5	713.3	608.8	941.4	43.4	2690.0
	2			373.5	373.5	332.6	871.5	660.3	563.6	896.2		2910.0
	3			373.5	373.5	332.6	871.5	577.8	493.2	825.8		2510.0
	4			373.5	373.5	332.6	871.5	614.2	524.2	856.9		2575.0
	5			373.5	373.5	332.6	871.5	638.0	544.5	877.2		2735.0
2	1	75.50	25.61	463.5	463.5	412.8	1081.4	995.7	849.8	1262.6	41.6	3542.0
	2			463.5	463.5	412.8	1081.4	956.6	816.5	1229.3		3610.0
	3			463.5	463.5	412.8	1081.4	876.0	747.7	1160.5		3090.0
	4			463.5	463.5	412.8	1081.4	894.2	763.2	1176.0		3440.0
	5			463.5	463.5	412.8	1081.4	949.0	810.0	1222.8		3830.0
3	1	64.00	22.63	416.8	416.8	371.2	972.5	831.2	709.4	1080.6	35.0	3245.0
	2			416.8	416.8	371.2	972.5	744.4	635.4	1006.6		3502.0
	3			416.8	416.8	371.2	972.5	766.0	653.8	1025.0		3075.0
	4			416.8	416.8	371.2	972.5	838.7	715.8	1087.0		3370.0
	5			416.8	416.8	371.2	972.5	806.3	688.2	1059.4		3920.0
4	1	63.50	22.49	421.8	155.5	138.5	984.2	720.4	614.9	753.4	36.7	1940.0
	2			421.8	194.5	173.2	984.2	706.7	603.2	776.4		2140.0
	3			421.8	241.8	215.3	984.2	675.7	576.7	792.1		1860.0
	4			421.8	274.6	244.6	984.2	598.9	511.2	755.7		2175.0
	5			421.8	261.4	232.8	984.2	715.3	610.5	843.3		1930.0
5	1	68.50	23.81	441.6	441.6	393.3	1030.3	691.8	590.5	983.7	39.1	1950.0
	2			441.6	441.6	393.3	1030.3	706.5	603.0	996.3		2555.0
	3			441.6	441.6	393.3	1030.3	602.4	514.2	907.4		2200.0
	4			441.6	441.6	393.3	1030.3	683.7	583.5	976.8		2180.0
	5			441.6	441.6	393.3	1030.3	718.8	613.5	1006.8		1675.0

Anexo 4

Evolución del peso vivo (kg) de los animales experimentales durante los tres niveles de alimentación

Jaula Metabólica	Nivel de alimentación								
	Subalimentación 33 gMS/kgPV ^{0.75}			Mantenimiento 43 gMS/kgPV ^{0.75}			Sobrealimentación 53 gMS/kgPV ^{0.75}		
	Pi	Pf	Pf - Pi	Pi	Pf	Pf - Pi	Pi	Pf	Pf - Pi
1	55.0	53.0	-2.0	53.0	54.0	1.0	54.0	56.0	2.0
2	75.5	72.0	-3.5	72.0	72.0	0.0	72.0	76.0	4.0
3	63.5	60.0	-3.5	60.5	62.5	2.0	62.5	65.0	2.5
4	65.0	62.5	-2.5	62.5	63.5	1.0	63.5	64.0	0.5
5	67.5	65.6	-1.9	66.0	67.5	1.5	67.5	69.0	1.5
Promedio	65.30	62.62	-2.7	62.80	63.90	1.1	63.90	66.00	2.1
SD	7.39	7.01	0.8	7.01	6.68	0.7	6.68	7.31	1.3

Donde: Pi: Peso vivo inicial; Pf: Peso vivo final; Pf - Pi: Diferencia entre el peso vivo final y el peso vivo inicial, ganancia de peso vivo

Anexo 5

Composición química de las muestras de heces recolectadas durante el Nivel de Subalimentación - 33 gMS/kgPV^{0.75}

	Día de recolección					Promedio	SD	CV%
	1	2	3	4	5			
Heces								
Producción ^a	721.7	625.4	601.8	798.6	620.3	673.6	84.1	12.5
Materia Seca ^a	207.7	237.1	246.8	234.2	226.0	230.4	14.7	6.38
Materia Orgánica ^a	188.5	214.1	224.5	212.7	203.6	208.7	13.5	6.47
Energía Bruta ^b	918.4	1043.2	1087.2	1018.7	1003.2	1014.2	62.2	6.14
Proteína Cruda ^a	18.9	22.0	21.9	21.3	23.6	21.5	1.68	7.80
FDN	157.7	170.2	185.2	181.2	161.6	171.2	11.9	6.98

Donde: ^a: g/día; ^b: kcal

Anexo 6

Composición química de las muestras de heces recolectadas durante el Nivel de Mantenimiento - 43 gMS/kgPV^{0.75}

	Día de recolección					Promedio	SD	CV%
	1	2	3	4	5			
Heces								
Producción ^a	907.1	794.8	857.6	1020.1	807.5	877.4	91.3	10.4
Materia Seca ^a	277.9	296.2	304.1	289.4	270.3	287.6	13.6	4.74
Materia Orgánica ^a	241.5	274.5	286.5	248.7	230.6	256.4	23.3	9.11
Energía Bruta ^b	1200.6	1277.8	1335.2	1239.8	1138.3	1238.3	74.8	6.04
Proteína Cruda ^a	27.2	28.2	27.5	27.2	27.1	27.5	0.44	1.61
FDN	206.9	218.0	233.5	208.0	183.7	210.0	18.2	8.7

Donde: a: g/día; b: kcal

Anexo 7

Composición química de las muestras de heces recolectadas durante el Nivel de Sobrealimentación - 53 gMS/kgPV^{0.75}

	Día de recolección					Promedio	SD	CV%
	1	2	3	4	5			
Heces								
Producción ^a	1054.3	1443.7	1098.1	745.9	843.0	270.1	26.0	9.6431
Materia Seca ^a	296.7	419.5	373.8	244.3	305.9	68.8	21.0	30.483
Materia Orgánica ^a	258.1	392.1	329.6	210.9	276.0	69.6	23.7	34.089
Energía Bruta ^b	1293.9	1795.3	1608.9	1082.1	1298.9	283.4	20.0	7.063
Proteína Cruda ^a	29.1	39.7	35.6	25.5	31.8	5.5	17.1	309.32
FDN	215.4	320.9	273.1	172.6	223.1	57.2	23.7	41.489

Donde: ^a: g/día; ^b: kcal

Anexo 8

Análisis de varianza para el consumo de la Materia Seca (MS)

Fuente de variación	GL	SC	CM	F-Valor	Pr > F
Modelo	14	1612357.883	115168.420	147.47	<.0001
Tratamiento	2	832335.990	416167.995	532.91	<.0001
Animal (Tratamiento)	12	780021.893	65001.824	83.24	<.0001
Error	60	46856.50	780.94		
Total	74	1659214.39			

C.V. %: 3.212

R²: 0.972

Anexo 9

Análisis de varianza para la digestibilidad de la Materia Seca (MS)

Fuente de variación	GL	SC	CM	F-Valor	Pr > F
Modelo	14	321.423	22.959	0.88	0.586
Tratamiento	2	24.178	12.089	0.46	0.632
Animal (Tratamiento)	12	297.245	24.770	0.95	0.508
Error	60	1569.29	26.15		
Total	74	1890.72			
C.V. %: 7.897		R ² : 0.170			

Anexo 10

Análisis de varianza para la digestibilidad de la Materia Orgánica (MO)

Fuente de variación	GL	SC	CM	F-Valor	Pr > F
Modelo	14	377.144	26.939	1.11	0.371
Tratamiento	2	22.058	11.029	0.45	0.638
Animal (Tratamiento)	12	355.086	29.591	1.22	0.294
Error	60	1460.52	24.34		
Total	74	1837.65			
C.V. %: 7.222		R ² : 0.205			

Anexo 11

Análisis de varianza para la digestibilidad de la Energía Bruta (EB)

Fuente de variación	GL	SC	CM	F-Valor	Pr > F
Modelo	14	339.833	24.274	0.97	0.494
Tratamiento	2	23.137	11.569	0.46	0.632
Animal (Tratamiento)	12	316.696	26.391	1.05	0.414
Error	60	1501.55	25.03		
Total	74	1841.38			
C.V. %: 7.382		R ² : 0.185			

Anexo 12

Análisis de varianza para la digestibilidad de la Proteína Cruda (PC)

Fuente de variación	GL	SC	CM	F-Valor	Pr > F
Modelo	14	192.507	13.751	0.97	0.496
Tratamiento	2	59.383	29.691	2.09	0.133
Animal (Tratamiento)	12	133.125	11.094	0.78	0.668
Error	60	852.55	14.21		
Total	74	1045.06			
C.V. %: 4.981		R ² : 0.184			

Anexo 13

Análisis de varianza para la digestibilidad de la Fibra Detergente Neutra (FDN)

Fuente de variación	GL	SC	CM	F-Valor	Pr > F
Modelo	14	1056.670	75.548	1.74	0.071
Tratamiento	2	65.881	32.940	0.76	0.473
Animal (Tratamiento)	12	991.789	82.649	1.9	0.052
Error	60	2605.25	43.42		
Total	74	3662.93			
C.V. %: 11.372		R ² : 0.289			

ANEXO DE FIGURAS



Figura 4. Preparación del alimento experimental, picado del heno de avena)



Figura 5. Fotografía de Jaula Metabólica



Figura 6. Adaptación a las jaulas metabólicas

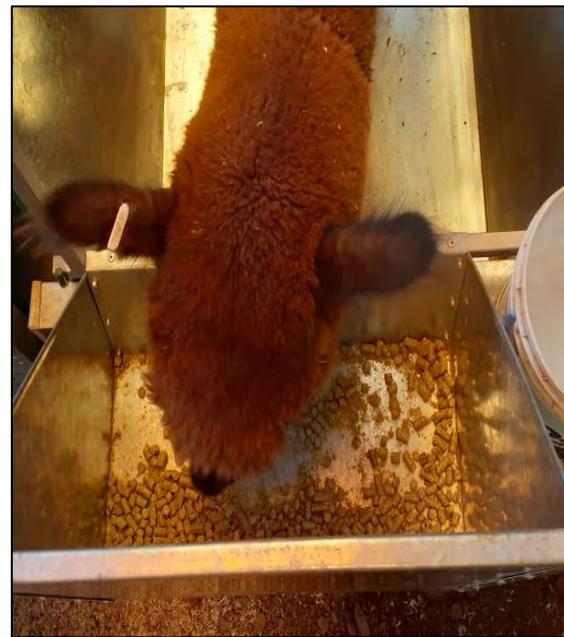


Figura 7. Adaptación al alimento experimental (pellet de alfalfa)



Figura 8. Adaptación al alimento experimental (heno de avena)

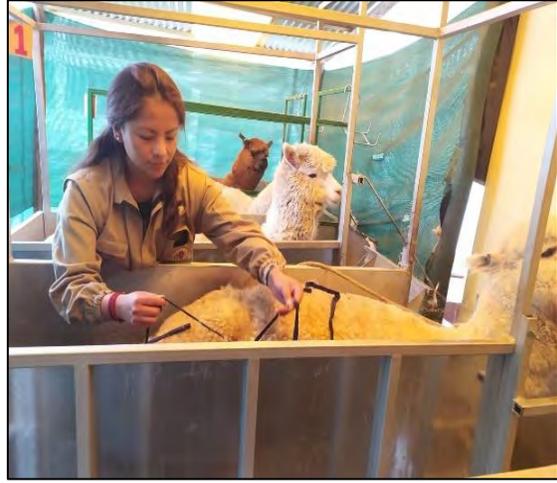


Figura 9. Colocación de bolsas colectoras de heces



Figura 10. Pesaje de los animales experimentales



Figura 11. Recolección de muestras de heces



Figura 12. Análisis en laboratorio



Figura 13. Pelletización de muestras colectadas