

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA Y ZOOTECNIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE ZOOTECNIA**



**TESIS**

**UTILIZACIÓN DEL DIOXIDO DE TITANIO COMO MARCADOR PARA  
LA DETERMINACIÓN DE CONSUMO DE ALIMENTO DE LLAMAS Y  
ALPACAS EN EL CICAS - LA RAYA - UNSAAC**

**PRESENTADO POR:**

**Br. RUSSIAN HUAMANI MENDOZA**

**PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO ZOOTECNISTA**

**ASESORES:**

**Ing Zoot Ph.D. JUAN ELMER MOSCOSO MUÑOZ**

**Ing Zoot M.Sc. FRANCISCO FRANCO FEBRES**

**CUSCO - PERÚ**  
**2024**

# INFORME DE ORIGINALIDAD

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

El que suscribe, **Asesor** del trabajo de investigación/tesis titulada: UTILIZACION DEL DIOXIDO DE TITANIO COMO MARCADOR PARA LA DETERMINACION DE CONSUMO DE ALIMENTO DE LLAMAS Y ALPACAS EN EL CICAS - LA RAYA - UNSAAC

presentado por: RUSSIAN HUAMANI MENDOZA con DNI Nro.: 70776733 presentado por: ..... con DNI Nro.: ..... para optar el título profesional/grado académico de INGENIERO ZOOTECNISTA

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 01 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 4%.

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 página del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 07 de Marzo de 2025

Firma

Post firma Juan Elmer Moscoso Muñoz

Nro. de DNI 23940692

ORCID del Asesor 0000-0001-5884-9718

2° Asesor DNI: 23864422

ORCID 0000-0003-4731-4608

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid: 27259:437084577

# RUSSIAN HUAMANI

## TESIS UNSAAC Russian2023 30mayo .pdf

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

### Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:437084577

Fecha de entrega

6 mar 2025, 7:36 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

6 mar 2025, 7:54 p.m. GMT-5

Nombre de archivo

TESIS UNSAAC Russian2023 30mayo .pdf

Tamaño de archivo

1.5 MB

76 Páginas

16,923 Palabras

94,457 Caracteres

## 4% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

### Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

### Exclusiones

- ▶ N.º de coincidencias excluidas

### Fuentes principales

- 4%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 2%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

### Marcas de integridad

#### N.º de alerta de integridad para revisión

-  **Texto oculto**  
7 caracteres sospechosos en N.º de páginas  
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

## I. DEDICATORIA

A DIOS, por protegerme y guiarme en el camino de la sabiduría y la vida

A mis padres Jaime H.M y Virginia M.Z; por traerme a esta vida y haberme apoyado y guiado en todo momento, por sus consejos y sabiduría.

A mis hermanos Roemer, Edison, Diana, Ghandi, Jaime y Lady ; por ser ejemplo y apoyo moral e incondicional en mi día a día.

A mis hijos Benjamin, Andres, Timo; por ser mi fortaleza, motor y motivo de seguir adelante.

A mis docentes por dedicar su tiempo y vida a mi formación profesional, en especial al Ing. Zoot. Ph.D. Juan Elmer Moscoso Muñoz.

## II. AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, por haberme acogido y ser parte de esta casa de estudios.

A los docentes de la Escuela Profesional de Zootecnia, quienes me brindaron sus conocimientos y su apoyo para seguir adelante día a día, y ser parte de mi formación profesional.

Mi sincero agradecimiento a mi asesor al Ing. Zoot. Ph.D. Juan Elmer Moscoso Muñoz por su acertada orientación en mi trabajo de investigación.

A mis padres que me guían en el propósito de cumplir mis sueños propuestos y desempeñar la confianza que unieron fuerzas para brindarme su apoyo y obtener los logros que ellos se han propuesto.

### III. CONTENIDO

I. DEDICATORIA .....	ii
II. AGRADECIMIENTO .....	iii
III. CONTENIDO .....	iv
IV. INDICE DE TABLAS .....	vi
V. INDICE DE FIGURAS .....	ix
VI. INDICE DE ANEXOS .....	x
RESUMEN.....	1
INTRODUCCION .....	2
1 CAPITULO I.....	4
OBJETIVOS .....	4
1.1 Objetivo general.....	4
1.2 Objetivos específicos.....	4
JUSTIFICACIÓN .....	5
2 CAPITULO II.....	6
MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 Antecedentes de la investigación.....	6
2.2 Bases teóricas .....	7
2.2.1 Consumo de alimentos para alpacas .....	7
2.2.2 Consumo de materia seca .....	8
2.2.3 Métodos de determinación del consumo .....	9
2.2.4 Métodos indirectos para estimar excreción fecal total .....	12
2.3 Marco conceptual .....	16
2.3.1 Los camélidos sudamericanos .....	16
2.3.2 Sistemas de producción de camélido sudamericanos (CSA) domésticos. .	16
.....	16
2.3.3 Extensivas, comunidades, parcialidades y minifundios. ....	16
2.3.4 Semi intensiva, pequeños y medianos productores.....	17
2.3.5 Intensiva, empresas asociativas.....	17

2.3.6	Dióxido de titanio (TiO <sub>2</sub> ).....	17
2.3.7	Consumo Voluntario de forraje .....	18
2.3.8	Digestibilidad.....	18
2.3.9	Clasificación de los pastizales en el CICAS - La Raya. ....	18
3	CAPITULO III.....	20
	MATERIALES Y METODOS .....	20
3.1.	Ubicación del lugar de estudio .....	20
3.2.	Ubicación política .....	20
3.3.	Características geográficas.....	20
3.4.	Condiciones climáticas del centro experimental La Raya .....	20
3.5.	Duración del trabajo .....	20
3.6.	Materiales y equipos .....	20
3.6.1.	Materiales .....	21
3.6.2.	Animales y muestras biológicas a emplear .....	21
3.6.3.	Equipos.....	21
3.7.	Laboratorio .....	22
3.8.	Metodología.....	22
3.8.1.	Fase pre experimental .....	24
3.8.2.	Fase experimental .....	27
3.8.3.	Determinación de la materia seca ingerida (MSI) .....	31
3.8.4.	Descripción de los métodos .....	32
3.8.5.	Calculo y consumo de la concentración de (TiO <sub>2</sub> ).....	33
3.8.6.	Análisis de los resultados .....	34
4.	CAPITULO IV .....	35
	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	35
4.1.	Consumo materia seca en llamas y alpacas, empleando los métodos marcador con dióxido de titanio y excreción fecal total.....	35

4.2.	Consumo materia orgánica en llamas y alpacas, empleando los métodos marcador con dióxido de titanio y excreción fecal total.....	36
4.3.	Diferencias entre los métodos de excreción fecal total y dióxido de titanio	37
4.3.1.	Diferencias entre el consumo de materia seca en llamas y alpacas ...	37
4.3.2.	Diferencias entre el consumo de materia orgánica en llamas y alpacas . .....	40
5.	CAPITULO V .....	45
	CONCLUSIONES.....	45
	RECOMENDACIONES .....	46
	BIBLIOGRAFÍA .....	47
	ANEXOS.....	52

#### IV. INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Clasificación los pastizales en el CICAS - LA RAYA .....	19
Tabla 2.	Flujograma del proceso metodológico de evaluación .....	23
Tabla 3.	Peso de alpacas empleadas en el estudio.....	24
Tabla 4.	Peso de llamas empleadas en el estudio.....	24
Tabla 5.	Adaptación de llamas y alpacas con TiO <sub>2</sub> , según código animal .....	25
Tabla 6.	Suministro de TiO <sub>2</sub> en llamas y alpacas por código animal .....	29
Tabla 7.	Consumo de materia seca en llamas y alpacas por los métodos Marcador y Excreción fecal total .....	35
Tabla 8.	Consumo de materia orgánica en llamas y alpacas por los métodos Marcador y Excreción fecal total .....	36
Tabla 9.	ANVA Consumo de materia seca en llamas sin datos atípicos expresados en (g/día) .....	52
Tabla 10.	Resumen datos de materia seca en llamas expresados en (g/día) .....	52
Tabla 11.	Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para consumo MS en (g/día). .....	52
Tabla 12.	Agrupamiento Tukey (HSD) para consumo MS en (g/día). .....	52
Tabla 13.	ANVA Consumo de materia seca en llamas sin datos atípicos expresados en (g/kg PV/día) .....	53
Tabla 14.	Resumen datos de materia seca en llamas expresados en (g/kg PV/día). .....	53

Tabla 15.	Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para consumo MS en (g/kg PV/día) .....	53
Tabla 16.	Agrupamiento Tukey (HSD) para consumo MS en (g/kg PV/día) .....	53
Tabla 17.	ANVA Consumo de materia seca en llamas sin datos atípicos expresados en (g/PW <sup>0.75</sup> /día).....	54
Tabla 18.	Resumen datos de materia seca en llamas expresados en (g/PW <sup>0.75</sup> /día)	54
Tabla 19.	Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) en llamas para consumo MS en (g/PW <sup>0.75</sup> /día) .....	54
Tabla 20.	Agrupamiento Tukey (HSD) en llamas para consumo MS en (g/PW <sup>0.75</sup> /día). .....	54
Tabla 21.	ANVA Consumo de materia seca en alpacas sin datos atípicos expresados en (g/día) .....	55
Tabla 22.	Resumen datos de materia seca en alpacas expresados en (g/día) .....	55
Tabla 23.	Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) en alpacas para consumo MS en (g/día).....	55
Tabla 24.	Agrupamiento Tukey (HSD) en alpacas para consumo MS en (g/día) .....	56
Tabla 25.	ANVA Consumo de materia seca en alpacas sin datos atípicos expresados en (g/kg PV/día) .....	56
Tabla 26.	Resumen datos de materia seca en alpacas expresados en (g/kg PV/día)... .....	56
Tabla 27.	Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) en alpacas para consumo MS en (g/kg PV/día).....	56
Tabla 28.	Agrupamiento Tukey (HSD) en alpacas para consumo MS en (g/kg PV/día) .....	57
Tabla 29.	ANVA Consumo de materia seca en alpacas sin datos atípicos expresados en (g/PW <sup>0.75</sup> /día).....	57
Tabla 30.	Resumen datos de materia seca en alpacas expresados en (g/PW <sup>0.75</sup> día)... .....	57
Tabla 31.	Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) en alpacas para consumo MS en (g/PW <sup>0.75</sup> /día) .....	57
Tabla 32.	Agrupamiento Tukey (HSD) en alpacas para consumo MS en (g/PW <sup>0.75</sup> /día) .....	58

Tabla 33.	ANVA Consumo de materia orgánica en llamas sin datos atípicos expresados en (g/día) .....	58
Tabla 34.	Resumen datos de materia orgánica en llamas expresados en (g/día) .....	58
Tabla 35.	Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) en llamas para consumo MO en (g/día) .....	59
Tabla 36.	Agrupamiento Tukey (HSD) en llamas para consumo MO en (g/día) .....	59
Tabla 37.	Consumo de materia orgánica en llamas sin datos atípicos expresados en (g/kg PV/día) .....	59
Tabla 38.	Resumen datos de materia orgánica en llamas expresados en (g/kg PV/día) .....	59
Tabla 39.	Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) en llamas para consumo MO en (g/kg PV/día) .....	60
Tabla 40.	Agrupamiento Tukey (HSD) en llamas para consumo MO en (g/kg PV/día) .....	60
Tabla 41.	ANVA Consumo de materia orgánica en llamas sin datos atípicos expresados en (g/PW <sup>0.75</sup> /día) .....	60
Tabla 42.	Resumen datos de materia orgánica en llamas expresados en (g/PW <sup>0.75</sup> /día) .....	60
Tabla 43.	Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) en llamas para consumo MO en (g/PW <sup>0.75</sup> /día) .....	61
Tabla 44.	Agrupamiento Tukey (HSD) en llamas para consumo MO en (g/PW <sup>0.75</sup> /día) .....	61
Tabla 45.	ANVA Consumo de materia orgánica en alpacas sin datos atípicos expresados en (g/día) .....	61
Tabla 46.	Resumen datos de materia orgánica en alpacas expresados en (g/día) .....	62
Tabla 47.	Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) en alpacas para consumo MO en (g/día) .....	62
Tabla 48.	Agrupamiento Tukey (HSD) en alpacas para consumo MO en (g/día) .....	62
Tabla 49.	ANVA Consumo de materia orgánica en alpacas sin datos atípicos expresados en (g/kg PV/día) .....	62
Tabla 50.	Resumen datos de materia orgánica en alpacas expresados en (g/kg PV/día) .....	63

Tabla 51. Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) en alpacas para consumo MO en (g/kg PV/día).....	63
Tabla 52. Agrupamiento Tukey (HSD) en alpacas para consumo MO en (g/kg PV/día) .....	63
Tabla 53. ANVA Consumo de materia orgánica en alpacas sin datos atípicos expresados en (g/PW <sup>0.75</sup> /día).....	63
Tabla 54. Resumen datos de materia orgánica en alpacas expresados en (g/PW <sup>0.75</sup> /día) .....	64
Tabla 55. Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) en alpacas para consumo MO en (g/PW <sup>0.75</sup> /día).....	64
Tabla 56. Agrupamiento Tukey (HSD) en alpacas para consumo MO en (g/PW <sup>0.75</sup> /día) .....	64
Tabla 57. ANVA Comparación entre consumo llamas y alpacas expresadas en (g/PW <sup>0.75</sup> /día).....	65
Tabla 58. Resumen comparación entre consumo llamas y alpacas expresadas en (g/PW <sup>0.75</sup> /día).....	65
Tabla 59. ANVA resumen a en (g/PW <sup>0.75</sup> /día). .....	65
Tabla 60. ANVA resumen b en (g/PW <sup>0.75</sup> /día). .....	65

## V. INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Llamas con bolsas colectoras de heces para toma de muestras.....	25
Figura 2. Proceso de toma de muestras de pastos naturales del CICAS La Raya UNSAAC. ....	26
Figura 3. Proceso de análisis de pastos naturales del CICAS La Raya UNSAAC....	27
Figura 4. Encapsulamiento de muestras de dióxido de titanio en laboratorio .....	28
Figura 5. Suministro de dióxido de titanio .....	29
Figura 6. Colección de muestras de heces en camélidos .....	30
Figura 7. Muestras de heces fecales en laboratorio .....	31
Figura 8. Proceso análisis de muestras de heces .....	31
Figura 9. Diferencias entre métodos marcador y excreción fecal total en llamas (g/día) .....	37
Figura 10. Diferencias entre métodos Marcador y Excreción fecal total en llamas (g/kg PV/día) .....	38

Figura 11. Diferencias entre métodos Marcador y Excreción fecal total en llamas (g/PW <sup>0.75</sup> /día) .....	38
Figura 12. Diferencias entre métodos Marcador y Excreción fecal total en alpacas (g/día) .....	39
Figura 13. Diferencias entre métodos Marcador y Excreción fecal total en alpacas (g/kg PV/día) .....	39
Figura 14. Diferencias entre métodos Marcador y Excreción fecal total en alpacas (g/PW <sup>0.75</sup> /día) .....	40
Figura 15. Consumo de materia orgánica en llamas (g/día) .....	41
Figura 16. Consumo de materia orgánica en llamas (g/kg PV/día) .....	41
Figura 17. Consumo de materia orgánica en llamas (g/PW <sup>0.75</sup> /día) .....	41
Figura 18. Consumo de materia orgánica en alpacas (g/día) .....	42
Figura 19. Consumo de materia orgánica en alpacas (g/kg PV/día) .....	42
Figura 20. Consumo de materia orgánica en alpacas (g/PW <sup>0.75</sup> /día) .....	43
Figura 21. Diferencia entre el consumo total de llama y alpaca (g/kg PV/día) .....	43
Figura 22. Diferencia entre el consumo total de llama y alpaca (g/PW <sup>0.75</sup> /día) .....	44

## VI. INDICE DE ANEXOS

Anexo I. Consumo de materia seca en llamas sin datos atípicos expresados en (g/día) ..	52
.....	52
Anexo II. Consumo de materia seca en llamas sin datos atípicos expresados en (g/kg PV/día).....	53
Anexo III. Consumo de materia seca en llamas sin datos atípicos expresados en (g/PW <sup>0.75</sup> /día).....	54
Anexo IV. Consumo de materia seca en alpacas sin datos atípicos expresados en (g/día) .....	55
.....	55
Anexo V. Consumo de materia seca en alpacas sin datos atípicos expresados en (g/kg PV/día).....	56
Anexo VI. Consumo de materia seca en alpacas sin datos atípicos expresados en (g/PW <sup>0.75</sup> /día).....	57
Anexo VII. Consumo de materia orgánica en llamas sin datos atípicos expresados en (g/día) .....	58

Anexo VIII. Consumo de materia orgánica en llamas sin datos atípicos expresados en (g/kg PV/día) .....	59
Anexo IX. Consumo de materia orgánica en llamas sin datos atípicos expresados en (g/PW <sup>0.75</sup> /día).....	60
Anexo X. Consumo de materia orgánica en alpacas sin datos atípicos expresados en (g/día) .....	61
Anexo XI. Consumo de materia orgánica en alpacas sin datos atípicos expresados en (g/kg PV/día) .....	62
Anexo XII. Consumo de materia orgánica en alpacas sin datos atípicos expresados en (g/PW <sup>0.75</sup> /día).....	63
Anexo XIII. Comparación consumo llamas alpacas expresados en (g/PW <sup>0.75</sup> /día).....	64

## RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo estimar el consumo de pastizales naturales en llamas y alpacas bajo condiciones de pastoreo del CICAS-La Raya, con el empleo de un marcador externo con es el dióxido de Titanio ( $\text{TiO}_2$ ) y por colección total de heces. Se emplearon 6 llamas de 3 años de edad con un peso de  $94.4 \pm 5.08$  kg y 6 alpacas de 4 años de edad con un peso  $65.25 \pm 4.98$  kg; se les suministro  $3.76 \pm 0.13$  gr. y  $4.30 \pm 0.29$  gr de  $\text{TiO}_2$ /animal/día en llamas y alpacas respectivamente, por un periodo de 8 días, la colección de heces se realizó dos veces al día (mañana y tarde) en caso de las llamas y una sola vez (mañana) en alpacas. El consumo de materia seca determinado con el uso de  $\text{TiO}_2$  en praderas naturales para llamas fue de:  $1759.2 \pm 190.99$  g/día;  $18.68 \pm 1.67$  g/kg/PV/día y  $58.18 \pm 5.16$  g/ $\text{PW}^{0.75}$ /día. De otro lado para alpacas fue de:  $1176.4 \pm 117.34$  g/día,  $18.26 \pm 1.58$  g/kg/PV/día y  $53.42 \pm 7.24$  g/ $\text{PW}^{0.75}$ /día. El consumo de materia seca empleando el método de Excreción fecal fue de  $1757.63 \pm 131.66$  g/día,  $18.63 \pm 1.17$  g/kg/PV/día y  $58.04 \pm 3.64$  g/ $\text{PW}^{0.75}$ /día, para llamas y en alpacas fue de:  $1113.65 \pm 116.33$  g/día,  $17.62 \pm 2.06$  g/kg/PV/día y  $49.75 \pm 5.61$  g/ $\text{PW}^{0.75}$ /día. El consumo de materia orgánica empleando del método de  $\text{TiO}_2$  fue de  $1440.19 \pm 156.57$  g/día,  $19.49 \pm 3.42$  g/kg/PV/día y  $47.06 \pm 4.87$  g/ $\text{PW}^{0.75}$ /día, para llamas, y para alpacas fue de  $981.89 \pm 98.02$  g/día,  $18.26 \pm 1.58$  g/kg/PV/día y  $43.31 \pm 4.11$  g/ $\text{PW}^{0.75}$ /día. Del mismo modo empleando el método de excreción fecal el consumo de materia orgánica para llamas fue de  $1429.50 \pm 105.09$  g/día,  $15.15 \pm 0.96$  g/kg/PV/día y  $47.21 \pm 2.96$  g/ $\text{PW}^{0.75}$ /día y para alpacas fue de  $927.99 \pm 101.99$  g/día,  $14.69 \pm 1.89$  g/kg/PV/día y  $41.49 \pm 5.13$  g/ $\text{PW}^{0.75}$ /día. Tanto la técnica del marcador externo y la colección total de heces son de utilidad para conocer el consumo de alimento en llamas y alpacas bajo condiciones de pastoreo.

**Palabras Clave:** Dióxido de Titanio, Consumo pasturas, Materia seca, Materia orgánica, Camélidos.

## INTRODUCCION

En el Perú tenemos una gran población de camélidos sudamericanos domésticos (CSA). Según el MIDAGRI (2022), el Perú es el país con la mayor cantidad de alpacas en todo el mundo con una cantidad mayor al de los 4.3 millones de ejemplares. Estas son fuentes de carne, fibra y de otros subproductos dentro de la cadena productiva de ambas especies y mueve la economía de campesinos altoandinos y productores independientes.

El consumo permite medir la cantidad de alimento ingerido, de esta forma conocemos la cantidad aprovechada para conocer la digestibilidad, la soportabilidad de las praderas y estado nutricional de los animales (San Martín, 1987). Esta información es escasa en condiciones de producción de camélidos sudamericanos en condiciones de la estación experimental La Raya de la UNSAAC de la Región Cusco.

Diversos métodos se emplean para determinar el consumo animal que van desde mediciones en pastoreo, hasta métodos empleando marcadores suministrados junto con el alimento de manera individual (Hammeleers, 2010). De todos estos la manera más importante y confiable tiene que ver con estimación de la excreción fecal, que puede realizarse de forma directa o indirecta, la directa se realiza mediante el uso de bolsas colectoras de excretas, y la indirecta utiliza materiales indigeribles por el cuerpo actuando como marcadores dentro del proceso digestivo (Titgemeyer, 1997).

El marcador empleado con mayor frecuencia en rumiantes fue el óxido crómico ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ), con poca eficiencia en su recuperación y variable entre animales, además que podía ser tóxico al ser inhalado. De aquí que se pasó a emplear el dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ). Ya que presenta menor variación entre animales y se consigue el 100% en las excreciones, además que no daña las mucosas y no representa una amenaza a la salud ni al medio ambiente (Mayes y otros, 1995)

Cuando manejamos adecuadamente los pastizales, estas se pueden emplear óptimamente; conociendo las necesidades nutricionales de los animales y su ingesta de alimentos podemos formular dietas. La cuantificación del consumo en condiciones de pastoreo viene a ser compleja por lo que la información disponible a la fecha es muy limitada.

Frente a este problema implementaremos la utilización de marcadores externos para establecer el consumo al pastoreo como una estrategia que permita tener información más cercana sobre el consumo y de esta manera gestionar el uso de los pastizales sin afectarla por una sobrecarga animal u otro manejo que perjudique los pastizales. El presente estudio busca evaluar el método del marcador de Dióxido de Titanio ( $\text{TiO}_2$ ) y la técnica de colección total de heces para determinar el consumo en llamas y alpacas bajo condiciones de pastoreo.

## CAPITULO I

### OBJETIVOS

#### 1.1 Objetivo general

Estimar el consumo de materia seca y materia orgánica en llamas y alpacas mediante los metodos de marcador y excreción fecal total, en condiciones de pastoreo.

#### 1.2 Objetivos específicos

- Estimar el consumo en materia seca en llamas y alpacas, empleando los métodos marcadores con dióxido de titanio y excreción fecal total
- Estimar el consumo en materia orgánica en llamas y alpacas, empleando los métodos marcadores con dióxido de titanio y excreción fecal total
- Establecer la diferencia de los métodos de excreción fecal total y dióxido de titanio en el consumo de llamas y alpacas

## JUSTIFICACIÓN

La población de alpacas en el Perú es superior a los 3 millones de animales, el 89.7% se encuentra en las zonas alto andinas principalmente: Puno, Cusco, Arequipa, Huancavelica y Apurímac (INEI, 2012). El Perú es el principal productor de fibra de alpaca, cuya producción alcanza las 3.4 miles de toneladas métricas (TM) anuales que representa el 80% de la producción mundial, de aquí un 90% está orientado al mercado internacional (Agapito y otros, 2007).

Dentro de la producción de alpacas, la fibra va de 3 a 6 libras por animal por año y la carne de 20 a 30 kg por animal, estos índices pueden variar en función al nivel tecnológico empleado. En el caso de las llamas el consumo per cápita de carne es de 0.12 kg/Hab/año. (MIDAGRI, 2015).

La alpaca es considerada la fuente de recurso principal para el poblador alto andino, cuya crianza constituye el principal sustento socioeconómico; debido a que de esta actividad se obtiene la producción de la fibra la cual se destina el 90% al mercado exterior (Vidal, 1996). Por lo que existe la necesidad de mejorar sus índices productivos con el adecuado manejo de los pastizales, siendo necesario para ello establecer sus reales necesidades de nutrientes y demanda forrajera.

El consumo de materia seca, es una de los aspectos de mayor importancia en la producción, puesto que define la cantidad disponible de nutrientes para el animal; su medición requiere un exceso de alimento y libre acceso al alimento por parte del animal; su importancia práctica radica en la prevención de la subalimentación o la sobrealimentación (NRC, 2001 citado por Lizarazo, 2022).

La digestibilidad de un alimento se refiere al volumen real que el animal absorbe, por lo que determina cuanto de los nutrientes está disponible para las funciones energéticas del animal (FAO, 1990 citado por Trejo, 2020). Por lo que el estudio ayudará a brindar información sobre el consumo en materia seca y materia orgánica de las llamas y alpacas bajo condiciones de pastoreo.

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes de la investigación

San Martín, (1994) al estimar el consumo de forraje y calidad de las dietas de llama, alpaca y ovino usando animales con fístula esofágica y colectores de heces. Para esto se midió el consumo de materia seca en porcentajes de peso vivo para alpaca, llama y ovino fue de 2.2, 2.2 y 3.6 por ciento respectivamente para los pastos cultivados. Para el consumo de pastizales se obtuvo una materia seca de 1.4, 1.5 y 2.1 por ciento respectivamente para pasturas naturales.

Maiztegui, (1996) en la evaluación de la digestibilidad "in vivo" de cuatro henos en alpacas (*Lama pacos*), y su comparación "in rumen" entre alpacas y cabras (*Capra hircus*), reportó que el consumo de materia seca y materia orgánica por kg de peso metabólico (PV0.75) en ballica y festuca fue mayor ( $p < 0.05$ ) que, en trébol y paja de trigo. En cuanto a los coeficientes de digestibilidad (CD) de materia seca, la paja de trigo tuvo el valor más bajo ( $p < 0.05$ ), los mismos variaron entre 55,8 y 48,3%, pero no encontró diferencias significativas entre los cuatro alimentos en la materia orgánica. La digestibilidad de la proteína cruda fue más alta en trébol y ballica ( $p < 0.05$ ) que en festuca y el CD para FDN y hemicelulosa fueron mayores en trigo y festuca, disminuyendo en trébol que es el más lignificado. Por su parte los CD para FDA y celulosa no mostraron diferencias significativas entre los forrajes.

Ramírez, (2017) evaluó el efecto en el consumo del tamaño del forraje en la ganancia de peso y el nivel de metano producido en llamas y alpacas, dentro de sus resultados se tiene que para materia seca en llamas el consumo fue de  $2.240 \pm 0.368$  Kg/día y en alpacas fue de  $1.161 \pm 0.064$  Kg/día. Dentro de las conclusiones se observa que el forraje en cuanto al tamaño de partícula tiene un efecto en ganancia de peso y consumo de alimento, en cambio el metano producido entéricamente tuvo una influencia por parte de la especie y dieta suministrada y ofertada

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Consumo de alimentos para alpacas**

El objetivo de la producción animal, es la transformación de alimentos en carne o productos como fibra entre otros, que se produzcan de manera eficiente para lo que se debe conocer el nivel de consumo de alimento y cuanto de esto es aprovechado por el animal. Cuanto mayor es la cantidad de alimentos consumido por los animales consumidores, mayor es la productividad; debido a que este incremento de consumo influye positivamente en la eficiencia de los procesos productivos y como consecuencia los costos de mantenimiento del sistema productivo descienden proporcionalmente a medida que el animal produce más (Swain y otros, 2013).

La mayor parte de la información disponible sobre consumo de alimento en alpacas proviene de estudios comparativos con ovinos realizados por San Martín, (1987); dichos estudios se llevaron a cabo bajo condiciones estabuladas donde se observó que las alpacas y llamas tienen un consumo de materia seca (MS) diario de 1.8% y 2.0% del peso vivo, respectivamente; ambos consumos son menores al de los ovinos, quienes registraron en promedio consumos de MS de 2.8% del peso vivo (Van Saun, 2006). La menor tasa de consumo observada en alpacas en comparación con los rumiantes es el resultado de varios factores asociados, factores como un mayor tiempo de retención de partículas en el tracto digestivo y un tamaño corporal mayor relativo al menor requerimiento de energía de las alpacas; entre otras características adaptativas nutricionales (Cebra y otros, 2014).

El tiempo de almacenamiento de los alimentos dentro del sistema digestivo en alpacas, es superior en comparación a otros rumiantes. Estudios comparativos entre alpacas y ovinos se encontró un mayor tiempo de retención del alimento en alpacas 50.3 h mientras que en ovinos 43.2 h. Así mismo, Sponheimer y otros (2003), encontraron que las alpacas retienen partículas grandes durante un período más largo en el tracto digestivo, en comparación con otras especies como los vacunos, caprinos, equinos y conejos (Cebra y otros, 2014).

El mayor tiempo de retención del alimento en las alpacas tiene dos consecuencias importantes: (1) la mejor utilización de los constituyentes de la pared celular, y (2) la

limitación de la capacidad de los compartimentos restringiendo el consumo, la posibilidad, que las partículas de alimento salgan del estómago, es principalmente por su densidad y tamaño; sin embargo, la densidad de las partículas es más importante que el tamaño, las partículas más grandes tienen baja densidad (Cebra y otros, 2014).

La tasa de pasaje de la fase líquida y partículas pequeñas de las alpacas en el C1 y C2 es más rápida comparada con otras especies como los ovinos, vacunos y camelidos, por ejemplo en llamas fue 10.4 %/h que en ovinos 7.7 %/h; información parecida fue observada en camellos y novillos de la raza Cebú, donde el flujo de la fase líquida fue más rápido en el estómago de camellos, esta tasa de pasaje de la fase líquida más rápida se debe a la alta relación entre la cantidad de saliva deglutida y el tamaño del C1 y C2 (Van Saun, 2006; Cebra y otros, 2014).

Las diferencias en el tiempo de retención de las fases líquida y sólida en el estómago de las especies poligástricas no son aun claramente entendidas, se presume que en alpacas y ovinos la función del canal entre C2 y C3 (retículo y omaso en ovinos) y la motilidad del C2 (retículo en ovinos) son los principales responsables de este transporte selectivo de la fase líquida y sólida, existen también, mecanismos similares de succión y la habilidad para separar partículas que pasan a través del canal C3 en alpacas (canal omasal en ovinos), sin embargo, en el estómago de ambas especies existen diferencias, ya sean morfológicas, histológicas y de motilidad estomacal, por lo tanto, la tasa de pasaje a través del tracto digestivo en ambas especies sería reflejo de sus marcadas diferencias en la anatomía y fisiología digestiva (Van Saun, 2006; Cebra y otros, 2014).

### **2.2.2 Consumo de materia seca**

El consumo de materia seca, es uno de los aspectos de mayor importancia en la producción, puesto que define la cantidad disponible de nutrientes para el animal; su medición requiere un exceso de alimento y libre acceso al alimento por parte del animal; su importancia práctica radica en la prevención de la subalimentación o la sobrealimentación (NRC, 2001).

El consumo promedio de materia seca para alpaca y llama es de 1.8% y 2.0% del peso vivo, respectivamente, tanto en condiciones de estabulación y pastoreo, el consumo de MS para alpaca y llama es aproximadamente 30% inferior al del ovino, estudios sobre

consumo y tolerancia a la restricción de agua indican que el consumo de agua es menor en alpacas y llamas en comparación con el ovino; en alpacas en pastoreo se reportan valores de CMS entre 42 y 60 g MS/Kg PV para diferentes composiciones de pradera natural andina (San Martín y otros, 1988).

Las alpacas en confinamiento consumen variable cantidad de acuerdo a cada tipo de forraje ofrecido; son más eficientes en la ingestión y masticación de forrajes largos que los ovinos (Flores & Gutierrez, 1995); consumen a voluntad una mayor cantidad de Ryegrass y Festuca a diferencia del trébol y paja de trigo, variando de 39.9 a 63.1 g/PW<sup>0.75</sup>/día para la materia seca y 36.5 a 57.1 g/PW<sup>0.75</sup>/día para materia orgánica (Lopez y otros, 1998). El consumo de materia seca depende de la composición del alimento, la disponibilidad, y la digestibilidad del forraje (Lopez y otros, 1998; Trabalza y otros, 2001); depende también del contenido de proteína (San Martín & Bryant, 1987), y fibra detergente neutro (Lopez y otros, 1998). La producción intensiva de alpacas mostró un consumo de heno de alfalfa en materia seca de 23 g/kg de peso en un rango de 24 horas, esto es igual al 262.2 g de proteína cruda (PC) y 3.196 Mcal de energía metabolizable (EM). En el consumo de alpacas, estas consumieron 22.7 % de tallos y 77.3 % de hojas con diferentes comportamientos durante el día y la noche (Raggi y otros, 1994).

### **2.2.3 Métodos de determinación del consumo**

El cálculo de consumo de alimento es relativamente fácil en condiciones de control, la mayor cantidad de alimentos (Forbes, 2007; Cottle, 2013).

Cuando no se puede medir el consumo de forraje de forma directa, existen métodos, pero estos son más costosos, llevan tiempo y más trabajo (Forbes, 2007; Decruyenaere y otros, 2009).

Por lo que no es posible referirse a una determinación exacta del consumo, sino que es más correcto hablar de un índice estimativo de la cantidad de forraje consumido en condiciones de pastoreo, existiendo sin embargo técnicas más exactas que otras, estos métodos se clasifican en forma muy general como directos e indirectos (Haro, 2002).

Los métodos directos se refieren específicamente a la estimación del consumo bajo condiciones controladas en jaulas individuales y a la estimación por el método

telemétrico basado en transmisiones de presión mediante unas “botas” especiales, que detectan los cambios de peso del animal (Minson, 1990). Los métodos indirectos incluyen estimaciones de consumo utilizando medidas agronómicas, parámetros del comportamiento animal y estimación de la porción no digerible del forraje y producción fecal total (Haro, 2002; Forbes, 2007).

Las determinaciones de consumo utilizando medidas agronómicas consisten básicamente en la realización de cortes del forraje antes y después del pastoreo y el diferencial representa la cantidad consumida por el animal (Minson, 1990). Su desventaja es que no considera los efectos asociados con el pisoteo, la selectividad del animal y el crecimiento del forraje, por lo que los resultados obtenidos mediante esta metodología son dudosos (Haro, 2002).

Un segundo método indirecto para estimar el consumo de forraje, incluye la utilización de ciertos parámetros de comportamiento como el tiempo de pastoreo, número de bocados por unidad de tiempo y el tamaño del bocado (Minson, 1990; Forbes, 2007); pero los datos obtenidos por este método presentan coeficientes de variación hasta de un 50%, lo que indica la baja precisión del mismo (Haro, 2002).

La técnica que se ha considerado como estándar por ser la más adecuada en términos de precisión, es la que contempla la relación entre la cantidad total de heces producida por unidad de tiempo y la porción no digerible de la ingesta (Heces/1-Digestibilidad); el grado de exactitud del método dependerá de la precisión con que se determine la producción diaria de heces y la digestibilidad de la dieta seleccionada por el ganado (Haro, 2002). Este método se realiza a través del uso de bolsas colectores de heces y de animales fistulados esofágicamente, a pesar de sus desventajas relacionadas con el tiempo y costo; pero en la actualidad se realizan también mediante el uso de marcadores; sustancias indigestibles, que están presente en los alimentos o pueden ser agregados a ellos; denominados marcadores internos o externos (Haro, 2002; Forbes, 2007). El conocimiento de la concentración del marcador en el alimento y la medición de su concentración en las heces permite medir la producción total de heces y digestibilidad; alternativamente, agregar un peso conocido de un marcador a la dieta diaria, seguido de la medición de su concentración en las heces, permite calcular el consumo de forraje, siempre que se conozca la digestibilidad (Forbes, 2007).

### **2.2.3.1 Métodos para estimar excreción fecal total**

Mayes & Dove, (2000) afirman que para calcular la excreción fecal total en mamíferos herbívoros que realizan pastoreo se emplean dos métodos, el primero mediante la colección directa empleando bolsas colectoras y el segundo de forma indirecta utilizando marcadores.

### **2.2.3.2 Método de medición directa de la excreción fecal total**

El método directo de medición de la excreción fecal total se realiza por colección total de heces por bolsas sujeta al cuerpo del animal mediante arneses, las ventajas de este método de medición es que es relativamente simple y se requieren pocos métodos de laboratorio, existen números diseños de arneses y bolsas colectoras; sin embargo, ningún tipo específico de arnés parece tener ventajas sobresalientes (Greenhalgh, 1982).

Esta técnica es apropiada principalmente para animales machos, si las heces son colectadas en animales hembras, se debe usar un separador de orina para prevenir la contaminación de las heces, particularmente con bovinos; con ovejas hembras es posible la colección usando bolsas de malla, siempre que las heces producidas sean relativamente secas y compactas (Greenhalgh, 1982).

El número de días necesarios de colección de heces y de animales, varía de acuerdo a las condiciones del estudio, se recomienda que la colección de heces tenga un período de adaptación de 7 a 10 días y un período de colección de 5 a 7 días como mínimo; este tiempo sería el tiempo mínimo para obtener una medición razonable de la producción de heces y reflejar cambios que podrían ocurrir en la digestibilidad y composición del forraje consumido; en cuanto al número de animales para obtener una información con buen grado de confiabilidad son necesarios como mínimo 4 a 6 animales (J. Burns y otros, 1991).

La toma de muestras de heces colectadas generalmente se realiza dos veces al día, aunque una sola toma podría ser suficiente siempre que el animal consuma poco. Por ejemplo, para vacunos se sugiere coleccionar tres o cuatro veces al día. Pero cuando el consumo de alimento es bajo o los animales son jóvenes y comen poco alimento sólido, la sub muestra podría no ser necesaria (Camargo, 2019).

Hay pocos estudios en rumiantes al pastoreo, sobre colección total de heces con bolsas colectoras que miden la excreción fecal total (Common y otros, 1991; Ayantunde y otros, 1999)

#### **2.2.4 Métodos indirectos para estimar excreción fecal total**

Un método alternativo para estimar la excreción fecal total de manera indirecta es a través del empleo de materiales indigestibles que pueden ser orgánicos o inertes a manera de marcadores internos o externos (Titgemeyer, 1997). Los criterios que se deben tener en cuenta para ser un marcador ideal; deben ser (Jagger y otros, 1992; Titgemeyer y otros, 2001):

El marcador debe ser cuantitativamente recuperable en las heces, no debe ser absorbido ni retenido anormalmente en el tracto digestivo del animal; se debería obtener 100% de recuperación; pero si la recuperación fecal del marcador es diferente de 100% este también podría ser usado, siempre en cuando la diferencia sea constante (Camargo, 2019)

Dentro de las características que debe poseer un marcador tenemos los siguientes:

- Debe ser paralelo con la ingesta de alimentos.
- Ser analizados por métodos químicos y físicos.
- Presentarse en pequeñas cantidades de la dieta original.
- No ser digerida por la flora microbiana del aparato digestivo.
- No puede ser tóxico.

Usando un marcador, la excreción fecal total se estima mediante la siguiente expresión (Owens & Hanson, 1992).

$$\text{Excreción fecal total diaria (g)} = \frac{\text{Peso del marcador suministrado } \left(\frac{\text{mg}}{\text{día}}\right)}{\text{Concentración del marcador en las heces } \left(\frac{\text{mg}}{\text{g}}\right)}$$

##### **2.2.4.1 Marcadores internos**

Los marcadores internos están presentes naturalmente en los alimentos, forman parte de los tallos y hojas de las plantas (Bullock y otros, 2001).

Por esto la recuperación fecal de los marcadores internos es influenciados directamente por la dieta, los más comunes usados en estudios de nutrición son las

cenizas ácido insolubles, los n-alcanos de cadena larga, la lignina y la fibra detergente ácida indigestible; aunque este último no es un marcador interno ideal debido al recojo incompleto en las heces; son varios los marcadores internos; sin embargo, para ser usados en estimación de producción fecal total en rumiantes al pastoreo se tienen dificultades ya que la ingestión del marcador es desconocida, algunas veces su concentración es mayor en las heces que en la dieta y su condición química no siempre es estable (Titgemeyer, 1997).

#### **2.2.4.2 Marcadores externos**

Los marcadores externos son materiales que no se encuentran naturalmente en el alimento, no son digeribles, no son tóxicas, son totalmente recuperables y de fácil cuantificación (Maynard y otros, 1992; Burns y otros, 1994). Estos marcadores externos son utilizados con diferentes propósitos, tales como: la estimación de la digestibilidad, la excreción fecal total, el consumo y la de tasa de pasaje a través del tracto digestivo (Burns y otras, 1991).

El uso de los marcadores externos es el método más común para estimar excreción fecal total en rumiantes al pastoreo, el marcador externo debe ser administrado al animal en dosis conocida, luego se hace un muestreo periódico de las heces y se mide la concentración del marcador; el grado de confiabilidad de esta estimación depende principalmente de la cantidad de marcador externo recuperado en las heces, algunos marcadores externos no sólo no se recuperan totalmente, sino que presenta variaciones diurnas de excreción, las cuales tienen efecto directo sobre la concentración del marcador en las heces y por ende en los valores de estimación de excreción fecal total (Burns y otros, 1991).

Los criterios tomados en cuenta para ser usados como marcador externo son los siguientes (Owens & Hanson, 1992):

- La recuperación fecal total del marcador
- El tiempo necesario para lograr el equilibrio entre la ingesta y excreción
- El patrón diurno de excreción del marcador
- La estimación de la excreción fecal por el marcador

Los marcadores externos más utilizados han sido óxido de cromo ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ), óxido férrico ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), sulfato de plata ( $\text{Ag}_2\text{S}$ ) y compuestos de cromo (Cr), cobalto (Co) y elementos raros tales como iterbio (Yb), europio (Eu), disprosio (Dy), oro (Au), cerio (Ce), escandio (Sc), circonio (Zr), lantano (La), rutenio (Ru), itrio (Y), etc. (Burns y otros, 1994). A pesar que se ha trabajado mucho el uso de marcadores externos radioactivos para estimar excreción fecal total, los marcadores usados con mayor frecuencia en experimentos con rumiantes al pastoreo son el  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , n-alcanos (Dove & Mayes, 2006) y actualmente se usa también el dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ) (Mayes y otros, 1995).

Se han probado numerosos tipos de dispositivos para la administración de un marcador externo, pero solamente tres son generalmente usados (Glindemann, 2007):

- Capsulas de gelatina con capacidad de 1 g o 10 g que son de uso comercial
- Papeles impregnados con el marcador
- Incorporar el marcador dentro del alimento de los animales, alimentados individualmente con cantidades conocidas (usualmente concentrado).

Para minimización el error y la aleatorización del uso de un marcador externo en la estimación de excreción fecal se toman en cuenta algunos criterios (Glindemann, 2007):

- Donde sea posible se debe colocar arneses y bolsas colectoras a algunos animales que se encuentran en el experimento, para verificar la tasa de recojo del marcador. Se debe ajustar la excreción a la tasa de colección.
- Es importante emplear animales de control aplicando el marcador, sin ningún tipo de dosificación, determinando el marcador, donde la tasa de recojo se ajuste a cero en condiciones de otros animales
- Cuando se realice el análisis químico puede existir perdidas del marcador empleado especialmente cuando se realiza la molienda en el laboratorio. Para esto se sugiere sumar cantidades anotadas del marcador a muestras fecales que estén en blanco y contar allí las cantidades por métodos químicos.

### 2.2.4.2.1 Uso De Dióxido De Titanio (TiO<sub>2</sub>) Como Marcador Externo

En rumiantes al pastoreo el marcador más usado en este tipo de ensayos ha sido Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Titgemeyer, 1997), sin embargo, en múltiples estudios no se encontró una recuperación del 100% y además se encontró grandes variaciones entre animales; su mayor desventaja es su efecto carcinogénico asociado al procedimiento analítico en el laboratorio para su determinación (Delagarde y otros, 2010). Adicionalmente, el Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> no ha sido aprobado por el Food and Drug Administration como un aditivo de alimentos (Titgemeyer y otros, 2001). Una alternativa el Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> como marcador para estudios de estimación de la excreción fecal, la digestibilidad y el consumo en animales al pastoreo es el TiO<sub>2</sub> (Glindemann y otros, 2009) incluso puede ser agregado legalmente a los alimentos como un colorante aditivo en cantidades que no excedan el 1% del producto final (AAFCO, 1996).

Se emplea TiO<sub>2</sub> en cantidades de 2.5 a 10 g para ovinos y bovinos respectivamente, realizando una o dos colectas al día. Siendo las vías de administración la vía oral e intraruminal las más usadas, por medio de cápsulas de gelatina, cápsulas de papel, mezcladas con algún suplemento o con el concentrado (Titgemeyer y otros, 2001).

Generalmente se recupera el 100 por ciento de las muestras, sin embargo, pueden existir razones para no recuperar todas las muestras de TiO<sub>2</sub>:

- Pérdidas de TiO<sub>2</sub> en el ciego del tracto digestivo.
- Mermas cuando se suministra TiO<sub>2</sub> o colectan las muestras fecales.
- Error en los análisis de TiO<sub>2</sub> en muestras fecales.
- Pérdidas de TiO<sub>2</sub> durante la molienda de muestras fecales en laboratorio.

El equilibrio de excreción del TiO<sub>2</sub> se mostró que un simple pulso de dosis de TiO<sub>2</sub> es más o menos excretado completamente después de 120 horas por novillos y carneros alimentados de 1.2 a 1.3 veces el mantenimiento; esto indica que equilibrio de ingestión y excreción del TiO<sub>2</sub> es alcanzado dentro de este periodo (Sudekum y otros, 1995).

En cuanto a la determinación de la concentración de TiO<sub>2</sub> fecal generalmente se determina mediante el procedimiento de ceniza seca o el procedimiento de ceniza húmeda, el procedimiento de ceniza seca consiste en la incineración de la muestra, disolviendo la ceniza cruda con ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) concentrado utilizando una placa

calefactora y un análisis colorimétrico (Titgemeyer y otros, 2001). En algunos estudios utilizaron  $H_2SO_4$  concentrado y sulfato de sodio ( $Na_2SO_4$ ) para elevar el punto de ebullición; el procedimiento de ceniza húmeda, en cambio, consiste en la digestión de la muestra, sin ser incinerada, con  $H_2SO_4$  concentrado utilizando un digestor en bloques y un análisis colorimétrico (Jagger y otros, 1992).

## **2.3 Marco conceptual**

### **2.3.1 Los camélidos sudamericanos**

Los camélidos sudamericanos (CSA) constituyen una de las actividades productivas y económicas más importantes en la zona alto andina, su crianza se concentra mayormente en comunidades campesinas, realizándose de manera extensiva, donde la alimentación se basa casi exclusivamente en el pastoreo de la vegetación natural (San Martín, 1996). La cantidad y calidad nutritiva de las pasturas están influenciadas por una marcada estacionalidad de lluvias, en esas condiciones, la estimación del consumo voluntario de alimento es esencial para formular una dieta que cubra los requerimientos del animal y, en el caso de animales al pastoreo, calcular la disponibilidad del recurso forrajero, de esta manera, el consumo se convierte en uno de los índices más importantes para el buen desempeño productivo del animal (Bustanza, 2001; Chamberlain & Wilkinson, 2002)

La llama después de la alpaca es numéricamente la especie más importante de los camélidos sudamericanos en el Perú es de 1'360,585 cabezas (García y otros, 2002). Se adaptan correctamente en ambientes áridos por encontrarse en rangos ecológicos amplios que van desde los 2000 hasta los 5000 m.s.n.m.

### **2.3.2 Sistemas de producción de camélido sudamericanos (CSA) domésticos.**

Existen diferencias en cuanto al grado de organización, tecnología, tamaño de las producciones de llamas y alpacas, podemos distinguir tres clases:

### **2.3.3 Extensivas, comunidades, parcialidades y minifundios.**

Este sector engloba no menos del 80 por ciento de las alpacas y la casi totalidad de las llamas, los sistemas de producción de este sector se caracterizan por la precariedad en el manejo de los animales y de los recursos naturales, a menudo se trata

de rebaños mixtos compuestos por alpacas, llamas y en algunos casos también ovinos y vacunos (Surichaqui, 2022)

Las medidas de control de enfermedades son inexistentes en la mayoría de casos y no se sigue un calendario definido de faenas ganaderas, tales como esquila o tratamientos antiparasitarios, ni un manejo racional de los pastos; en las zonas alto andinas, hay una tendencia a poseer un número de animales por encima de la capacidad receptiva de los pastos lo que conduce al sobre pastoreo y la consiguiente degradación de este recurso (FAO, 2005).

#### **2.3.4 *Semi intensiva, pequeños y medianos productores.***

Tipo de crianza conducida por pequeños y medianos propietarios manejando rebaños no muy numerosos, empleando una semi tecnificación realizando actividades de manejo de acuerdo a un calendario anual, empleando algunos conceptos de mejoramiento animal, realizando una rotación de pasturas para una mejor alimentación de los animales y previniendo ciertas enfermedades (FAO, 2005).

#### **2.3.5 *Intensiva, empresas asociativas.***

Finalmente en este sistema de crianza se emplea una planificación adecuada, conducida por profesionales especialistas que aplican cierta tecnificación, esta modalidad es desarrollada por empresas privadas, instituciones públicas, como Universidades, Ministerio de Agricultura, empresas asociativas, donde se ejecuta un calendario de manejo programado de acuerdo a las actividades en sus épocas correspondientes, programas de mejoramiento planificado con objetivos bien definidos, una sanidad preventiva y controlada y una adecuada rotación de pasturas naturales con ayuda de pasturas cultivadas y alimentos concentrados para una adecuada alimentación (FAO, 2005).

#### **2.3.6 *Dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>)***

Es una sustancia inorgánica sólida de color blanco que es térmicamente estable, no inflamable, poco saludable y no clasificada como peligrosa según el Sistema globalmente armonizado de las Naciones Unidas de clasificación y etiquetado de productos químicos (GHS); el TiO<sub>2</sub> se produce naturalmente en varios tipos de roca y arenas minerales, el titanio es el noveno elemento más común en la corteza terrestre, se

suele considerar como un producto mineral químicamente inerte (ONU, 2019, citado por Domingo, 2019).

### **2.3.7 Consumo Voluntario de forraje**

El consumo voluntario de un forraje se define como la cantidad consumida en un periodo de tiempo, ofertado de manera ad libitum. El consumo es expresado generalmente en kg MS/día, kg MS/100 kg PV/día ó g MS/kgPW<sup>0.75</sup>/día; dicho consumo es regulado a través del sistema nervioso donde, a nivel del hipotálamo en el cerebro, actúan dos centros importantes denominados centros del “hambre y saciedad” encargados de controlar de manera antagónica el consumo (Alagón, 2007).

### **2.3.8 Digestibilidad**

El porcentaje de digestibilidad de un forraje representa la porción del alimento consumido que es digerida por el animal, es decir que no aparece en las heces, la digestibilidad ha sido ampliamente utilizada como índice de la calidad nutritiva, y puede haber cierta lógica en que así sea, pues es una característica repetible, la cual sin mucha complicación puede ser medida con precisión razonable y, sobre todo, que se correlaciona con el consumo, particularmente cuando se trata de forrajes con calidad media o baja (menos del 67% de digestibilidad); el problema mayor con este parámetro es que si bien indica cuanto del forraje se digiere, no da en cambio ninguna información con referencia a la eficiencia de utilización de los productos de digestión, lo que a la larga va a determinar la magnitud de la respuesta animal en términos productivos (Alagón, 2007).

### **2.3.9 Clasificación de los pastizales en el CICAS - La Raya.**

En cuanto a producción y calidad nutritiva de los pastizales alto andinos, estos disminuyen en la época seca casi en un 50% con respecto a la época de lluvias, donde hay mayor producción y calidad de pastos, en la tabla 1 se muestra la clasificación de los pastizales en el CICAS - LA RAYA (Huisa, 1990, citado por Llanto, 2009).

Tabla 1.

*Clasificación los pastizales en el CICAS - LA RAYA*

Asociaciones vegetales	Código	Nombre Común	Altitud (m.s.n.m.)
<b>Zonas secas</b>			
Festuca dolichopylla	Fedo-mufa	Chilliguar/Koya	3 800 - 4 300
Mulembergia fastigiata.			
Festuca rigida	Feri	lchal	3 800 - 4 400
Festuca orthophylla	Feor	Iral	3 500 - 4 400
Calamagrostis amoena	Caan	Llama ichu	4 200 - 4 400
Stipa obtusa-Stipa ichu	Stob-Stich	Tisña qquisi	3 500 - 4 400
<b>Zonas húmedas</b>			
Festuca dolichopylla	Fedo-tlu	Chilliguar ojho	3 800 - 4 200
Plantago tubulosa			
Distichia muscoides	Dimu	Kunkuna	4 300 - 4 600
Scirpus rigides	Scri	Totorilla	4 000 - 4 600
Festuca dolichophylla	Fedo-aan	Soarl	3 900 - 4 400
Calamagrostis eminens			

Nota: Huisa, 1990, citado por Llantoy, 2009

## CAPITULO III

### MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. Ubicación del lugar de estudio

El trabajo de investigación se desarrolló en el Centro de Investigación en Camélidos Sudamericanos CICAS - La Raya, de la Escuela Profesional de Zootecnia, Facultad de Agronomía y Zootecnia de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Ubicado en el distrito de Marangani, provincia de Canchis, departamento del Cusco.

#### 3.2. Ubicación política

- Region: Cusco
- Provincia: Canchis
- Distrito: Maranganí
- Lugar: CICAS La Raya de la UNSAAC

#### 3.3. Características geográficas

- Extensión: 6323,13 ha
- Altitud : 4000 msnm. – 5400 msnm.
- Ubicación UTM:19 L279482m E 8398851m S

#### 3.4. Condiciones climáticas del centro experimental La Raya

- Temperatura máxima: 15° C, más alto en noviembre,
- Temperatura mínima: -7°C, más baja en junio
- Precipitación pluvial: 965 mm anual
- Velocidad del viento: moderado
- Humedad relativa: 65 a 85%

#### 3.5. Duración del trabajo

El trabajo de investigación tuvo una duración de tres meses para su fase experimental y dos meses para el procesamiento de datos, haciendo un total de 5 meses al finalizar la investigación.

#### 3.6. Materiales y equipos

### **3.6.1. Materiales**

- Reactivos para el análisis químico proximal.
- Reactivos para el análisis de componentes celulares.
- Reactivos para las pruebas espectrofotométricas.
- Dióxido de Titanio (TiO<sub>2</sub>).
- Capsulas de gelatina.
- Materiales de vidrio necesarios para el análisis de las muestras.
- Bolsas de polipropileno.
- Bolsas colectoras de heces.
- Recipientes de 250 cc (envases)

### **3.6.2. Animales y muestras biológicas a emplear**

- Camélidos sudamericanos (llamas y alpacas)
- Muestras de pastos naturales.
- Muestras de heces de CSA (llamas y alpacas).

### **3.6.3. Equipos**

- Destilador y desionizador
- Estufa de secado (circulación de aire forzado) y horno Mufla
- Autoclave
- Analizador elemental
- Equipo de Digestor de fibra
- Equipo de digestión por micro ondas
- Centrífuga
- Bomba calorimétrica
- Congelador a - 20°C y - 86°C
- Balanza analítica (0,0001 g de precisión)
- Ultramicrobalanza (0.1 µg precisión)
- Balanza de precisión digital 5kg/1 g
- Molino (1000 kg)
- GPS + software

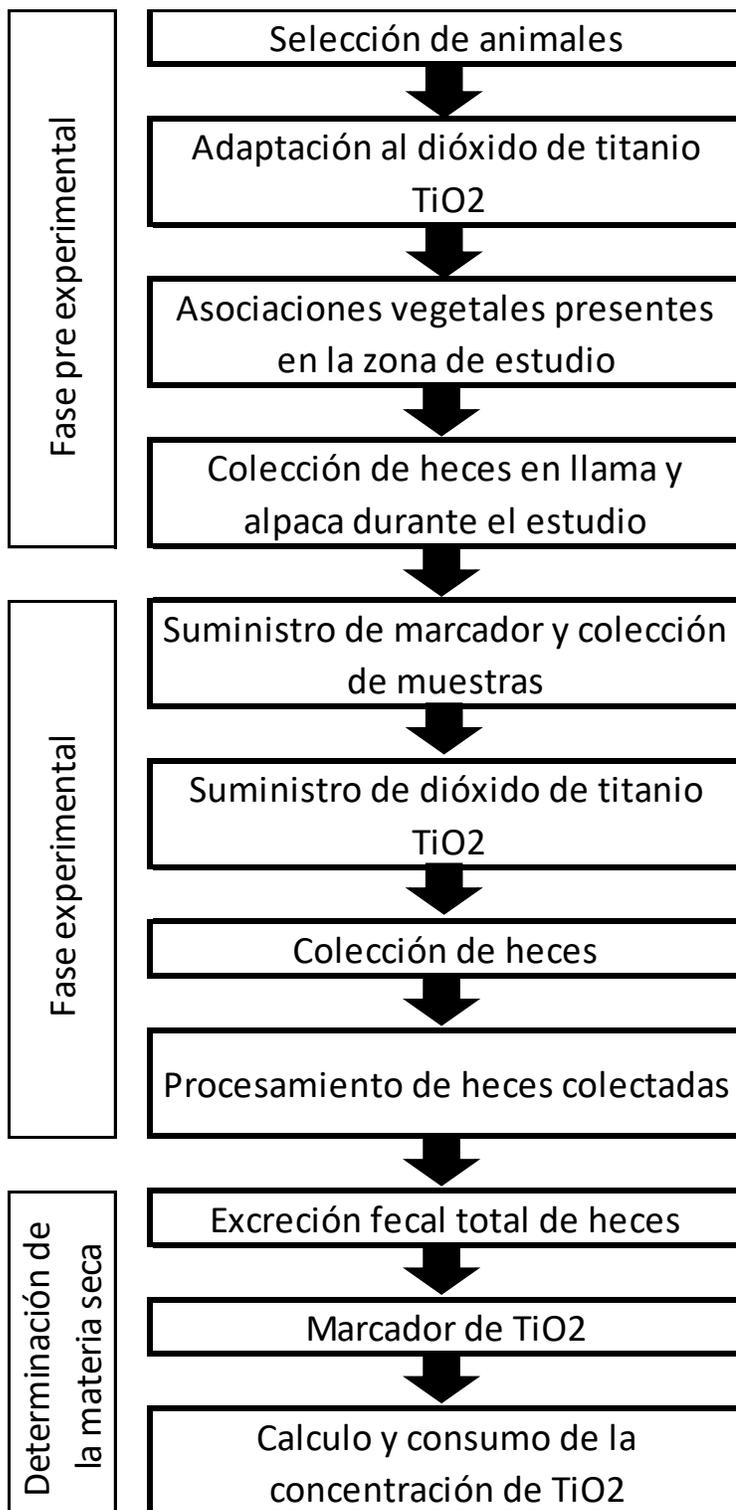
### **3.7. Laboratorio**

Laboratorio donde se realizaron los análisis está ubicado en el Distrito de San Marangani, Provincia de Canchis, Región del Cusco, en instalaciones de la Facultad de Agronomía y Zootecnia de la UNSAAC, donde se encuentra en centro Experimental la Raya.

### **3.8. Metodología**

Se empleó métodos de digestibilidad por indicadores, mediante la medición de materia seca fecal donde posteriormente se halló el consumo de forrajes empleando el  $\text{TiO}_2$ .

Tabla 2.

*Flujograma del proceso metodológico de evaluación*

Nota: Elaboración propia, a partir de base de datos en campo

### 3.8.1. Fase pre experimental

#### 3.8.1.1. Selección de animales

Para este estudio se utilizaron 6 llamas machos k'aras y 6 alpacas machos huacayas, entre los 3 y 4 años de edad, los animales estuvieron permanentemente bajo condiciones de pastoreo, los mismos que presentaron un peso promedio de  $94.4 \pm 5.08$  kg (inicio del estudio) y  $93.83 \pm 4.70$  kg (finalización del estudio) para llamas y  $65.25 \pm 4.98$  kg (inicio del estudio) y  $64.00 \pm 3.88$  kg (finalización del estudio) para alpacas (tabla 3 y 4).

Tabla 3.

#### *Peso de alpacas empleadas en el estudio*

N° animal	Código	Peso inicial (kg)	Peso final (kg)
1	H4727	70.50	66.00
2	H5199	64.00	63.50
3	RH0059	68.00	67.00
4	H4710	69.00	68.00
5	H4704	63.00	62.00
6	H4714	57.00	57.50
Promedio		$65.25 \pm 4.98$	$64.00 \pm 3.88$

Nota: Elaboración propia, a partir de base de datos en campo.

Tabla 4.

#### *Peso de llamas empleadas en el estudio*

N° animal	Código	Peso inicial (kg)	Peso final (kg)
1	L1058	91.00	91.00
2	L1072	99.00	99.00
3	L1070	92.00	93.50
4	L1091	95.00	94.50
5	L1055	99.00	98.50
6	L1050	87.00	86.50
Promedio		$93.83 \pm 4.75$	$93.83 \pm 4.70$

Nota: Elaboración propia, en base a datos de campo.



Figura 1. Llamas con bolsas colectoras de heces para toma de muestras

### 3.8.1.2. Adaptación al dióxido de titanio ( $TiO_2$ )

Considerando para el cálculo de consumo, se empleó dióxido de titanio ( $TiO_2$ ), existió la necesidad de realizar una fase de adaptación, el mismo que tuvo una duración de 6 días, distribuyendo el suministro diario en dos momentos (mañana y tarde), la que fue empleada en la fase de evaluación (Titgemeyer, 1997).

En la tabla 5, se observa el suministro destallado de Dióxido de titanio, expresado en gramos por código animal con su respectiva desviación estándar, tanto para llamas como para alpacas en fase de adaptación, suministrado durante los 6 días que duró esta fase.

Tabla 5.

*Adaptación de llamas y alpacas con  $TiO_2$ , según código animal*

Animal	Llama		Animal	Alpaca	
	$TiO_2$ (gr)	Desv. Est.		$TiO_2$ (gr)	D.S.
L1058	Testigo	Testigo	H4727	Testigo	Testigo
L1072	1.47	0.07	H5199	1.45	0.32
L1070	1.40	0.41	RH0059	1.51	0.31
L1091	1.47	0.50	H4710	1.58	0.35
L1055	1.50	0.36	H4704	1.51	0.34
L1050	1.58	0.56	H4714	1.43	0.37

---

Promedio	1.48	0.07	Promedio	1.50	0.06
----------	------	------	----------	------	------

---

Nota: Elaboración propia, en base a datos de campo. D.S.: desviación estándar.

### 3.8.1.3. Asociaciones vegetales presentes en la zona de estudio

Las zonas de pastoreo empleadas fueron asociaciones vegetales compuestas por Chilliguar (*Festuca dolichopylla*), Koya (*Mulembergia fastigiata*), Ichal (*Festuca rigida*), Iral (*Festuca orthophylla*), Llama ichu (*Calamagrostis amoena*), Tisña qquisi (*Stipa obtusa-Stipa ichu*), y en zonas húmedas también se encuentran Chilliguar ojo (*Festuca dolichopylla*), Koya (*Mulembergia fastigiata*), Kunkuna (*Distichia muscoides*), Totorilla (*Scirpus rigides*), Soarl (*Calamagrostis eminens*).



Figura 2. Proceso de toma de muestras de pastos naturales del CICAS La Raya UNSAAC.

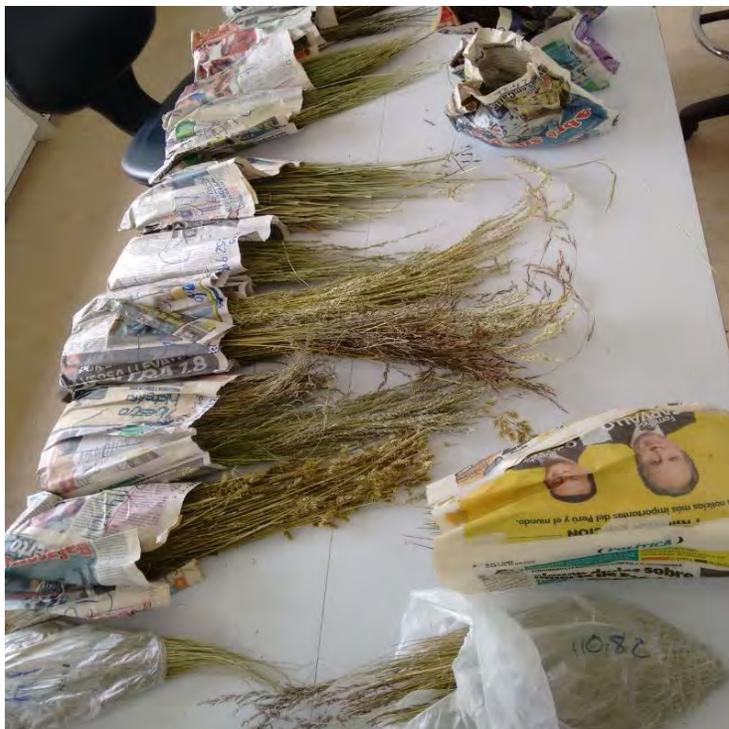


Figura 3. Proceso de análisis de pastos naturales del CICAS La Raya  
UNSAAC

#### **3.8.1.4. Colección de heces en llama y alpaca durante el estudio**

Para coleccionar las muestras de heces de llama y alpaca se emplearon bolsas de colección, esta actividad fue realizada diariamente en horarios de la mañana (7:00 am) antes del pastoreo y por la tarde (6:00 pm) para llamas y en alpacas solo por la mañana. Las heces coleccionadas fueron codificadas, pesadas y oreadas al medio ambiente durante 24 horas, para luego ser enviadas al laboratorio de Nutrición de la Escuela Profesional de Zootecnia, donde pasaron a ser congeladas y almacenadas a una temperatura de -20°C.

#### **3.8.2. Fase experimental**

##### **3.8.2.1. Suministro de marcador y colección de muestras**

Una vez culminada la fase de adaptación se inició con la etapa de evaluación considerando:

##### **3.8.2.2. Suministro de dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>).**

Se hicieron dos, una en horas de la mañana (7am) y otra en horas de la tarde (6 pm), suministrando 5 capsulas por día. Este suministro se realizó de forma constante durante los 8 días y a la misma hora en todos los casos. En la tabla 6, se observa el suministro destallado de Dióxido de titanio en gramos por código animal con sus desviaciones estándar correspondiente, tanto para llamas como para alpacas, suministrado durante los 8 días del experimento.



Figura 4. Encapsulamiento de muestras de dióxido de titanio en laboratorio



Figura 5. Suministro de dióxido de titanio

Tabla 6.

*Suministro de  $TiO_2$  en llamas y alpacas por código animal*

Animal	Llama		Animal	Alpaca	
	$TiO_2$ (gr)	D.S.		$TiO_2$ (gr)	D.S.
L1058	Testigo	Testigo	H4727	Testigo	Testigo
L1072	3.71	0.11	H5199	4.22	0.28
L1070	3.78	0.19	RH0059	4.28	0.39
L1091	3.75	0.09	H4710	4.31	0.32
L1055	3.73	0.19	H4704	4.30	0.26
L1050	3.87	0.15	H4714	4.46	0.17
Promedio	3.75	0.14	Promedio	4.28	0.28

Nota: Elaboración propia, en base a datos de campo. D.S.: desviación estándar.

### 3.8.2.3. Colección de heces

Tanto para llamas como para alpacas se realizó en dos momentos durante este proceso, mañana y tarde; para el caso de las alpacas solo se realizó durante la mañana procediendo a orinar durante 24 horas, codificar, etiquetar y hacer el pesaje de volumen

total de heces colectadas en fresco para después tomar una submuestra de 100 gr. aproximadamente para su respectivo análisis en laboratorio (Cañas, 1995).



Figura 6. Colección de muestras de heces en camélidos

#### **3.8.2.4. Procesamiento de heces colectadas**

Las muestras enviadas al laboratorio fueron congeladas a  $-20^{\circ}\text{C}$ , este mecanismo se realizó de forma diaria hasta culminar la mencionada fase. Una vez culminada colección de muestras en el estudio, estas fueron descongeladas, secadas en estufa de aire forzado a  $60^{\circ}\text{C}$  durante 48 horas, para luego ser molidas a un tamaño de partícula de 1 milímetro de diámetro en promedio.



Figura 7. Muestras de heces fecales en laboratorio

Después se procedió a determinar la cantidad de materia seca (MS), sometiendo las muestras a una temperatura de  $105^{\circ}\text{C}$  durante 4 horas.

### **3.8.3. Determinación de la materia seca ingerida (MSI)**

En cada experimento la MSI ( $\text{kg d}^{-1}$ ) fue determinada utilizando la técnica del  $\text{TiO}_2$  como marcador externo y por colección total de heces (Short et al., 1996).



Figura 8. Proceso análisis de muestras de heces

### **3.8.4. Descripción de los métodos**

Se emplearon dos métodos:

#### **3.8.4.1. Excreción fecal total de heces**

La técnica de digestibilidad con ayuda de la colección total de heces (CTH) es la que ofrece la estimación de primer orden de la digestibilidad del alimento, porque incluye sin demora cada uno de los factores del alimento y del animal (Basurto & Tejada, 1992).

Esta técnica incluye información sobre la cantidad de alimento suministrado y consumido, y el peso de las muestras colectadas de heces excretadas húmedas. Estos datos, complementados con el correspondiente análisis químico del alimento y de las heces, permiten calcular la distinción entre la cantidad de un determinado nutriente alimentado y la cantidad excretada con la ayuda del animal (Cebra et al., 2014).

Para la estimación de la digestibilidad del alimento mediante este método, es necesario aplicar al menos de 4 a 6 animales para lograr estadísticas con un excelente grado de fiabilidad (Burns et al., 1991).

Lascano, (1990) señala que para permitir la recogida de heces se pueden utilizar jaulas de carácter de madera o de acero. Por otro lado Cañas, (1995) dice que las jaulas utilizadas, denominadas de digestión, tienen como objetivo disminuir el movimiento del animal; asimismo, deben tener un piso acanalado para evitar la humedad extra y facilitar la recolección de las heces.

La recogida de las heces puede realizarse con la ayuda de bolsas atadas al animal denominadas equipaje de recogida, estas comprenden un equipaje de polietileno en su interior, que recoge las heces y puede ser retirado de los arneses en cada evento, de modo que la tela fecal puede ser al final pesada, etiquetada y almacenada a -20 °C hasta su posterior análisis en el laboratorio (Tobal, 1997).

Camargo, (2019) recomienda una duración de la edición de siete a 10 días y una duración de la recogida de heces de al menos 5 a 7 días, este tiempo sería el mínimo importante para adquirir una dimensión razonable de producción de heces y reflejar los ajustes que puedan surgir dentro de la digestibilidad y composición del forraje consumido.

Lascano, (1990) sugiere que los animales deben ser pesados al principio y al final del estudio, desparasitados antes de comenzar el período de habituación, y controlados para asegurarse de que están en perfecto estado de salud y de que no varían la dieta elegida anteriormente durante todo el período de recogida de heces. La digestibilidad fue mediante el enfoque in vivo expresado como aparente o real como se muestra en la ecuación:

$$\text{Digestibilidad aparente (MS)} = \frac{\text{Cantidad MS consumida} - \text{Cantidad MS excrecionada}}{\text{Cantidad MS consumida}} \times 100$$

### 3.8.4.2. Marcador de TiO<sub>2</sub>

Van Keulen & Young, (1977) afirman que a veces es poco probable medir el consumo de alimento, cuando existen límites como instrumentales, de personal entre otros o también no se puede coleccionar el total del estiércol fresco del animal.

Según Titgemeyer, (1997) en muchos casos se emplea Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> como marcador para rumiantes, con el inconveniente de que no se logra recuperar el cien por ciento del marcador, además Delagarde et al., (2010) manifiesta que existen grandes variaciones entre diferentes especies, así como un efecto concinogéico cuando se realizan los análisis de laboratorio. Por este motivo Glindemann et al., (2009) afirma que se emplea el TiO<sub>2</sub> para estimaciones de digestibilidad, consumo en pastoreo y como aditivo colorante en cantidades menores al 1% del alimento.

kotb & Luckey, (1972) afirma que un marcador debe ser seguro para el consumo, inerte con capacidad para no ser absorbido durante la digestión; no debe afectar las secreciones gástricas, digestivas, de absorción, peristaltismo intestinal, microbiológica a nivel de intestino y debe ser rentable en cuando a su uso.

### 3.8.5. *Calculo y consumo de la concentración de (TiO<sub>2</sub>)*

Según Prigge et al., (1981), la materia seca (MS) fecal (kg d<sup>-1</sup>) se determina de dosis y concentraciones de TiO<sub>2</sub> encontradas en las muestras fecales mediante la siguiente ecuación:

$$\text{MS fecal (kg * d}^{-1}\text{)} = \frac{\text{Dosis de TiO}_2 \text{ (mg * d}^{-1}\text{)}}{\text{Concentración de TiO}_2 \text{ en heces (mg * Kg}^{-1}\text{)}}$$

De acuerdo a Corbett & Freer, (1995) la materia seca ingerida (MSI) expresado en ( $\text{kg d}^{-1}$  por animal), se calcula a partir de las muestras de heces colectadas en gramos de materia seca. También así la digestibilidad (DMS) del alimento que se consumió en forma de pastos o pastizales, como se muestra a continuación:

$$MSI (\text{kg} * \text{d}^{-1}) = \frac{MS \text{ fecal} (\text{kg} * \text{d}^{-1}) \times 100}{(100 - DMS)}$$

Donde

- MSI: Materia seca ingerida
- DMS: Digestibilidad de materia seca

### **3.8.6. Análisis de los resultados**

Para el presente estudio se empleó un diseño completo al azar (DCA) considerando dos tratamientos (tipo de colección) y seis repeticiones por tratamientos, para la comparación de promedios se empleó la prueba de Tukey al 5%; también se realizó estadística descriptiva y comparativa. El modelo aditivo lineal fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + E_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Variable respuesta en la j-ésima repetición del i-ésimo tratamiento  $\text{TiO}_2$

$\mu$  = Media general

$\tau_i$  = Efecto del tratamiento  $i$ .

$E_{ij}$  = Error aleatorio.

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan los resultados del consumo por el método Marcador empleando el Dióxido de Titanio, el método de Excreción Fecal Total y su comparación; estos fueron expresados en g/día, g/kg PV/día y g/PW<sup>0.75</sup>/día, siendo estas las diferentes unidades de medida empleadas para calcular el consumo de materia seca y materia orgánica, tanto para llamas y alpacas

#### 4.1. Consumo materia seca en llamas y alpacas, empleando los métodos marcador con dióxido de titanio y excreción fecal total

Tabla 7.

*Consumo de materia seca en llamas y alpacas por los métodos Marcador y Excreción fecal total*

Especie	Consumo	Método empleado		Valor de P	Sig.
		Marcador	Excreción fecal		
Llama	g/día	1759.2 ± 190.99	1757.63 ± 131.66	0.966	NS
	g/kg PV/día	18.68 ± 1.67	18.63 ± 1.17	0.861	NS
	g/PW <sup>0.75</sup> /día	58.18 ± 5.16	58.04 ± 3.64	0.891	NS
Alpacas	g/día	1176.4 ± 117.34	1113.65 ± 116.33	0.021	*
	g/kg PV/día	18.26 ± 1.58	17.61 ± 2.06	0.131	NS
	g/PW <sup>0.75</sup> /día	53.42 ± 7.24	49.75 ± 5.62	0.014	*

Nota: Elaboración propia, en base a datos de campo. \*Significativo. NS:No significativo

El consumo de materia seca, empleando TiO<sub>2</sub> como marcador, para llamas fue de: 1759.2 ± 190.99 g/día; 18.68 ± 1.67 g/kg PV/día y 58.18 ± 5.16 g/PW<sup>0.75</sup>/día, expresado en diferentes unidades. Del mismo modo el consumo de materia seca, mediante el método de excreción fecal, fue de: 1757.63 ± 131.66 g/día, 18.63 ± 1.17 g/kg PV/día y 58.04 ± 3.64 g/PW<sup>0.75</sup>/día (tabla 7). Para el caso de las alpacas el consumo de materia seca, empleando TiO<sub>2</sub> como marcador fue de 1176.4 ± 117.34 g/día, 18.26 ± 1.58 g/kg PV/día y 53.42 ± 7.24 g/PW<sup>0.75</sup>/día y por el método de excreción fecal fue de 1113.65 ± 116.33 g/día, 17.62 ± 2.06 g/kg PV/día y 49.75 ± 5.61 g/PW<sup>0.75</sup>/día (tabla 7). Estos resultados son diferentes a los obtenidos en cuanto a MS donde Ramirez (2017) obtuvo consumos de materia seca en llamas de 2240 ± 0.368 g/día a diferencia de 1759.2 ± 190.99 g/día obtenido mediante el método del marcador y 1757.63 ± 131.66 mediante

el método de excreción fecal. De otro lado Ramirez (2017) obtuvo resultados de  $1161 \pm 0.064$  g/día para alpacas a diferencia de  $1176.4 \pm 117.34$  g/día, resultados obtenidos mediante el método del marcador y  $1113.65 \pm 116.33$  empleando  $\text{TiO}_2$

Así también la tabla 7 muestra la comparación para el consumo en materia seca, empleando los métodos de marcador y excreción fecal se aprecia que no se encontraron diferencias significativas entre métodos empleados ( $p > 0.05$ ) para el caso de llamas. Por otro lado existen diferencias significativas entre los métodos marcador y excreción fecal, en el consumo “g/día” y “g/ $\text{PW}^{0.75}$ /día” ( $p < 0.05$ ) para el caso de alpacas.

#### 4.2. Consumo materia orgánica en llamas y alpacas, empleando los métodos marcador con dióxido de titanio y excreción fecal total

Tabla 8.

*Consumo de materia orgánica en llamas y alpacas por los métodos Marcador y Excreción fecal total*

Especie	Consumo	Método		Valor de P
		Marcador	Excreción fecal	
Llama	g/día	$1440.19 \pm 156.57$	$1429.50 \pm 105.09$	0.725
	g/kg/PV/día	$19.49 \pm 3.42$	$15.15 \pm 0.96$	0.000
	g/ $\text{PW}^{0.75}$ /día	$47.06 \pm 4.87$	$47.21 \pm 2.96$	0.875
Alpacas	g/día	$981.89 \pm 98.02$	$927.99 \pm 101.42$	0.020
	g/kg/PV/día	$18.26 \pm 1.58$	$14.69 \pm 1.89$	0.000
	g/ $\text{PW}^{0.75}$ /día	$43.31 \pm 4.11$	$41.50 \pm 5.13$	0.093

Nota: Elaboración propia, en base a datos de campo.

El consumo de materia orgánica, empleando  $\text{TiO}_2$  como marcador, para llamas fue de:  $1440.19 \pm 156.57$  g/día,  $19.49 \pm 3.42$  g/kg/PV/día y  $47.06 \pm 4.87$  g/ $\text{PW}^{0.75}$ /día. Del mismo modo el consumo de materia seca, mediante el método de excreción fecal, fue de:  $1429.50 \pm 105.09$  g/día,  $15.15 \pm 0.96$  g/kg/PV/día y  $47.21 \pm 2.96$  g/ $\text{PW}^{0.75}$ /día (tabla 8). Para el caso de las alpacas el consumo de materia seca, empleando  $\text{TiO}_2$  como marcador fue de la siguiente manera:  $981.89 \pm 98.02$  g/día,  $18.26 \pm 1.58$  g/kg/PV/día y  $43.31 \pm 4.11$  g/ $\text{PW}^{0.75}$ /día. El consumo de materia seca por el método de excreción fecal fue de:  $927.99 \pm 101.99$  g/día,  $14.69 \pm 1.89$  g/kg/PV/día y  $41.49 \pm 5.13$  g/ $\text{PW}^{0.75}$ /día (tabla 8).

La comparación para el consumo en materia orgánica, al comparar los métodos de marcador y excreción fecal se observa diferencias estadísticas entre ambos métodos expresado en g/kg/PV/día ( $p < 0.05$ ) para el caso de las llamas. Para el caso de alpacas existen diferencias significativas, en cuanto al consumo expresado en “g/día” y “g/PW<sup>0.75</sup>/día” ( $p < 0.05$ ).

#### 4.3. Diferencias entre los métodos de excreción fecal total y dióxido de titanio

El resultado se divide en las diferencias entre el consumo de materia seca en llamas y alpacas y las diferencias entre el consumo de materia orgánica en llamas y alpacas, como se muestra a continuación:

##### 4.3.1. Diferencias entre el consumo de materia seca en llamas y alpacas

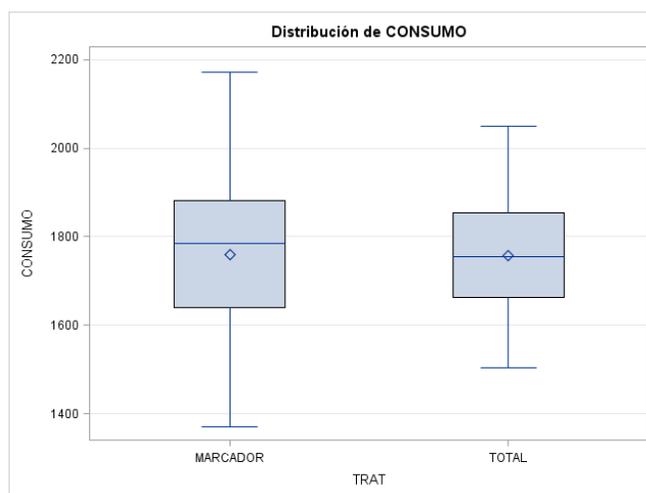


Figura 9. Diferencias entre métodos marcador y excreción fecal total en llamas (g/día)

La figura 9 muestra las diferencias entre ambos metodos, donde el método de marcador muestra un promedio de 1780 g/día y para excreción fecal 1750 g/día.

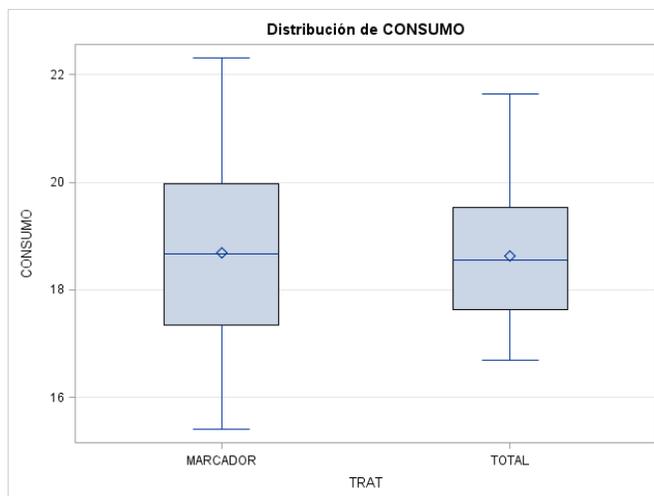


Figura 10. Diferencias entre métodos Marcador y Excreción fecal total en llamas (g/kg PV/día)

La figura 10 muestra las diferencias entre ambos metodos, donde el método de marcador muestra un promedio de 18.8 g/kg PV/día y para excreción fecal 18.5 g/kg PV/día.

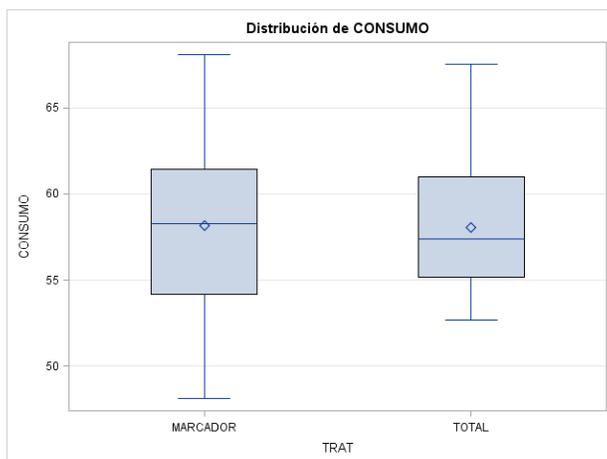


Figura 11. Diferencias entre métodos Marcador y Excreción fecal total en llamas (g/ PW0.75/día)

La figura 11 muestra las diferencias entre ambos metodos, donde el método de marcador muestra un promedio de 18.8 g/ PW0.75/día y para excreción fecal 18.5 g/ PW0.75/día.

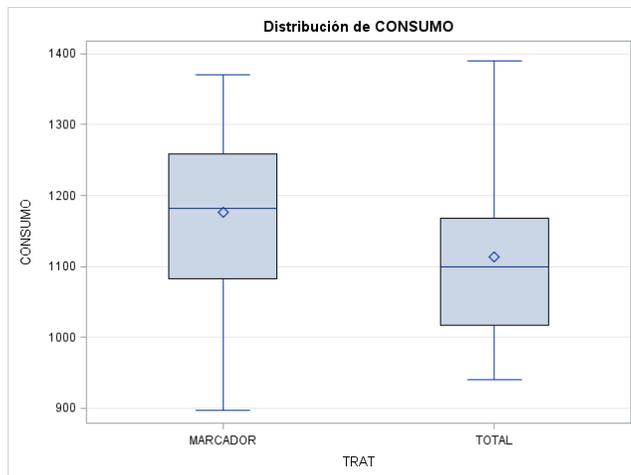


Figura 12. Diferencias entre métodos Marcador y Excreción fecal total en alpacas (g/día)

La figura 12 muestra las diferencias entre ambos metodos, donde el método de marcador muestra un promedio de 1185 g/día y para excreción fecal 1100 g/día.

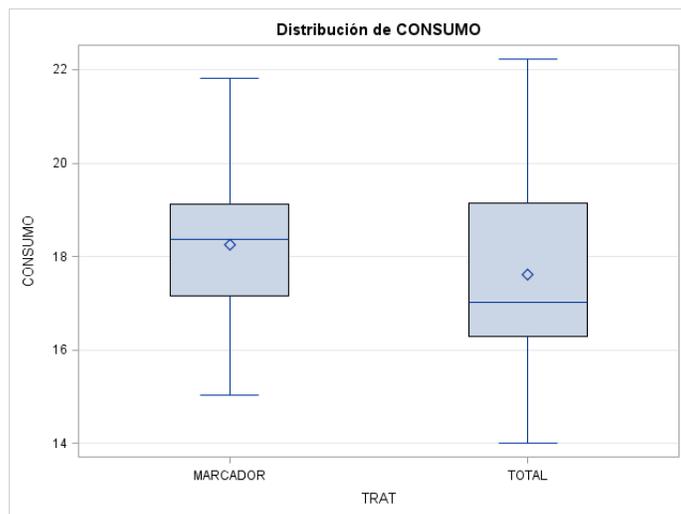


Figura 13. Diferencias entre métodos Marcador y Excreción fecal total en alpacas (g/kg PV/día)

La figura 13 muestra las diferencias entre ambos metodos, donde el método de marcador muestra un promedio de 18.4 g/kg PV/día y para excreción fecal 16.8 g/kg PV/día.

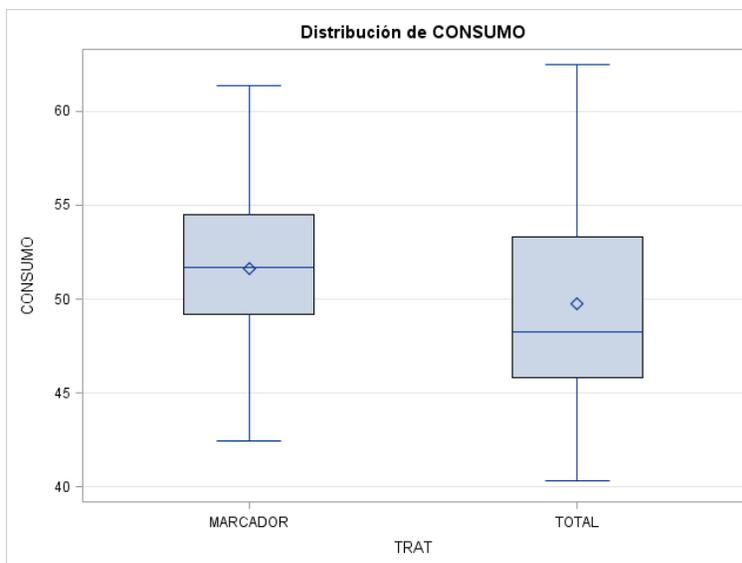


Figura 14. Diferencias entre métodos Marcador y Excreción fecal total en alpacas (g/PW0.75/día)

La figura 14 muestra las diferencias entre ambos métodos, donde el método de marcador muestra un promedio de 51.8 g/PW0.75/día y para excreción fecal 48.5 g/PW0.75/día.

En ambos casos (llamas y alpacas) se aprecia que los valores de consumo registrado por ambos métodos no guardan mayores diferencias, con excepción de la expresión en gramos por día y gramos por unidad metabólica en alpacas, donde se muestra la efectividad de estos métodos para conocer el consumo bajo condiciones de pastoreo.

#### 4.3.2. Diferencias entre el consumo de materia orgánica en llamas y alpacas

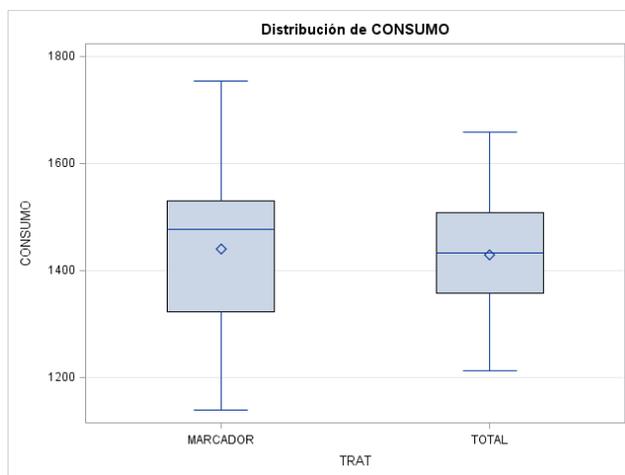


Figura 15. Consumo de materia orgánica en llamas (g/día)

La figura 15 muestra las diferencias entre ambos métodos, donde el método de marcador muestra un promedio de 1495 g/día y para excreción fecal 1425 g/día.

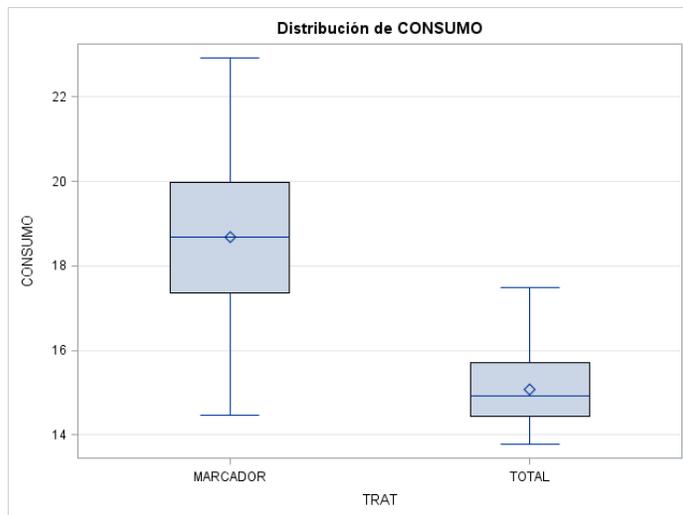


Figura 16. Consumo de materia orgánica en llamas (g/kg PV/día)

La figura 16 muestra las diferencias entre ambos métodos, donde el método de marcador muestra un promedio de 18.7 g/kg PV/día y para excreción fecal 14.8 g/kg PV/día.

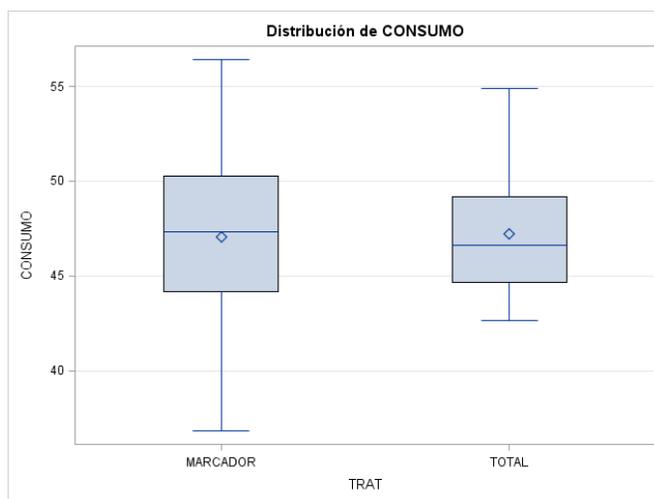


Figura 17. Consumo de materia orgánica en llamas (g/PW0.75/día)

La figura 17 muestra las diferencias entre ambos métodos, donde el método de marcador muestra un promedio de 47.7 g/PW0.75/día y para excreción fecal 46.5 g/PW0.75/día.

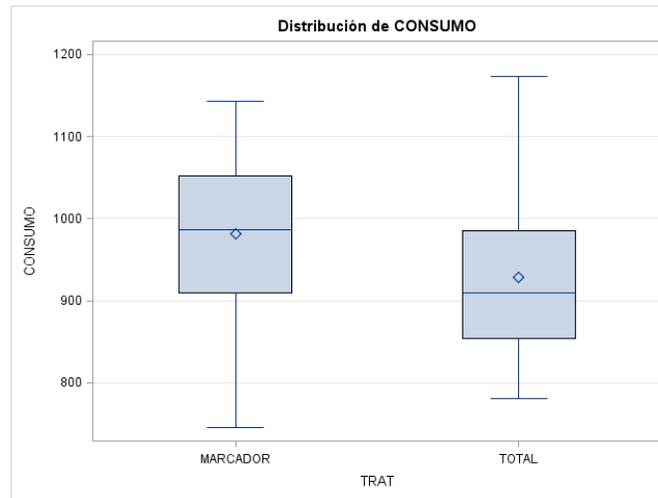


Figura 18. Consumo de materia orgánica en alpacas (g/día)

La figura 18 muestra las diferencias entre ambos métodos, donde el método de marcador muestra un promedio de 980 g/día y para excreción fecal 908 g/día.

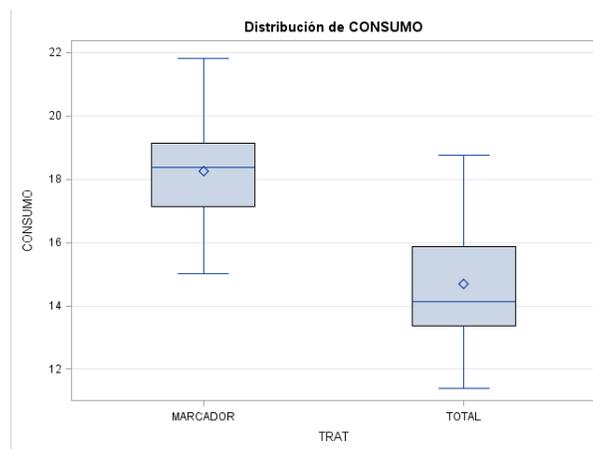


Figura 19. Consumo de materia orgánica en alpacas (g/kg PV/día)

La figura 19 muestra las diferencias entre ambos métodos, donde el método de marcador muestra un promedio de 18.4 g/kg PV/día y para excreción fecal 14.5 g/kg PV/día.

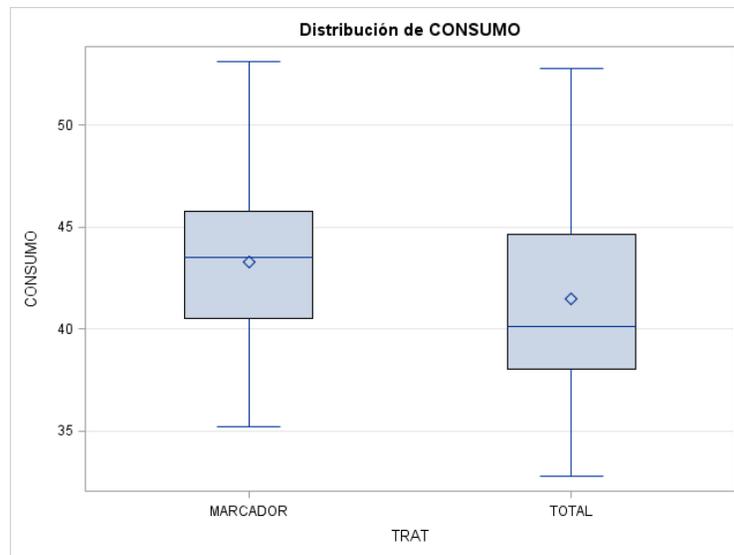


Figura 20. Consumo de materia orgánica en alpacas (g/PW0.75/día)

La figura 20 muestra las diferencias entre ambos métodos, donde el método de marcador muestra un promedio de 43.8 g/PW0.75/día y para excreción fecal 40.3 g/PW0.75/día.

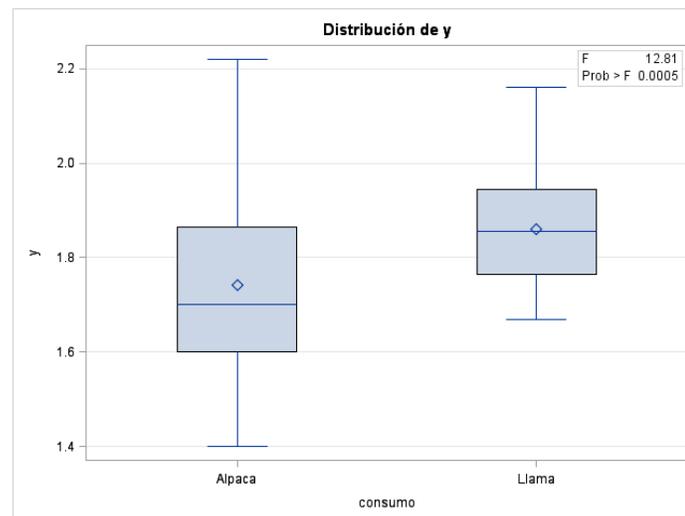


Figura 21. Diferencia entre el consumo total de llama y alpaca (g/kg PV/día)

La figura 21 muestra las diferencias entre alpacas y llamas, donde las alpacas muestran un promedio de 1.7 g/kg PV/día y para llamas muestran un promedio de 1.88 g/kg PV/día. También se muestra que existe diferencias altamente significativas entre ambas especies.

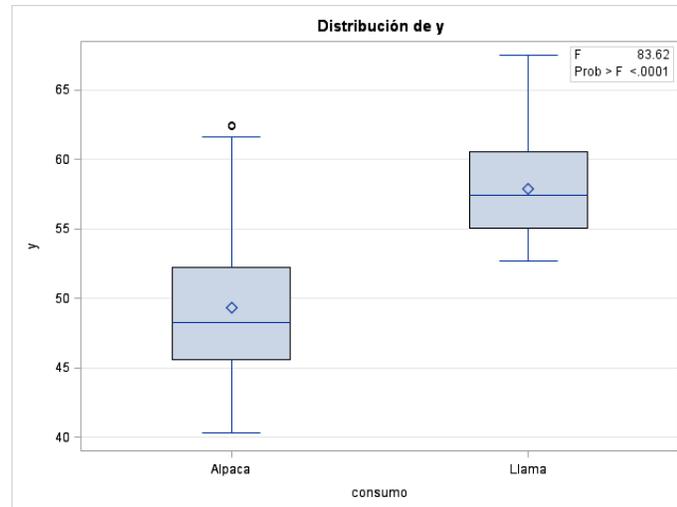


Figura 22. Diferencia entre el consumo total de llama y alpaca (g/PW0.75/día)

La figura 22 muestra las diferencias entre alpacas y llamas, donde las alpacas muestran un promedio de 48.5 g/PW0.75/día y para llamas muestran un promedio de 57.5 g/PW0.75/día. También se muestra que existe diferencias significativas entre ambas especies.

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES

- El consumo de materia seca es significativo para alpacas, con un P valor de 0.021 para g/día y 0.014 para g/PW0.75/día, con valores de  $1176.4 \pm 117.34$  y  $53.42 \pm 7.24$  g/día, para el método del marcador y  $1113.65 \pm 116.33$  y  $49.75 \pm 5.62$  g/PW0.75/día
- El consumo de materia orgánica para llamas es altamente significativo con un P valor de 0.000 para g/kg PV/día, donde se obtuvo resultados de  $19.49 \pm 3.42$  y  $15.15 \pm 0.96$  g/kg PV/día para marcador y excreción fecal respectivamente. En el caso de alpacas se tiene diferencias significativas para g/día y g/kg PV/día, con un P valor de 0.020 y 0.000 respectivamente; los resultados fueron  $981.89 \pm 98.02$  y  $927.99 \pm 101.42$  g/día, también se obtuvo  $18.26 \pm 1.58$  y  $14.50 \pm 1.89$  g/kg PV/día para los métodos de marcador y excreción fecal respectivamente.
- Se concluye que al comparar los consumos entre alpacas y llamas existen diferencias significativas de (Pvalor=0.0005<0.05) para (g/kg PV/día) y (Pvalor=0.001<0.05) para (g/PW0.75/día)

## RECOMENDACIONES

- Realizar estudios sobre el consumo de materia seca y materia orgánica en llamas y alpacas con pastos cultivados bajo las condiciones de CICAS La Raya de la UNSAAC.
- Realizar más estudios sobre el uso de Dióxido de Titanio ( $\text{TiO}_2$ ) como marcador de digestibilidad para determinar el consumo de llamas y alpacas en otras condiciones similares a las del CICAS LA Raya UNSAAC, para tener otros puntos de referencia.
- Realizar estudios similares en grupos heterogéneos de camélidos sudamericanos con diferentes estados fisiológicos para determinar el consumo en materia seca y materia orgánica empleando métodos como los marcadores de digestibilidad.
- Realizar estudios comparativos sobre el consumo de camélidos sudamericanos en diferentes estaciones del año, para tener más puntos de referencia y comparación con este presente trabajo de investigación.

## BIBLIOGRAFÍA

- AAFCO. (1996). Association of American Feed Control Officials: Official Publication.
- Agapito, J., Rodriguez, J., & Bailon. (2007). Simposium Internacional de biotecnología aplicada en camélidos sudamericanos.
- Alagón, G. (2007). Nutricion animal.
- Ayantunde, A. A., Fernandez, A., Hiernaux, P., Van Keulen, H., & And udo, H. M. J. (1999). Forage intake and feeding behaviour of day and/or night grazing cattle in Sahelian rangelands.
- Basurto, R., & Tejada, I. (1992). Digestibilidad aparente de la pulpa deshidratada de limón: Comparación de métodos para estimarla. Técnica Pecuaria México.
- Bullock, J. M., Franklin, J., Stevenson, M. J., Silvertown, J., Coulson, S. J., Gregory, S. J., & Tofts, R. (2001). A plant trait analysis of responses to grazing in a long-term experiment.
- Burns, J. C., Pond, K. R., & Fisher, D. S. (1994). Measurement of forage intake. Forage quality, evaluation, and utilization.
- Burns, J., Pond, K., & Fisher, D. (1991). Effects of grass species on grazing steers: II. Dry matter intake and digesta kinetics.
- Bustinza, V. C. (2001). La alpaca: Crianza, manejo y mejoramiento.
- Camargo, R. J. (2019). Estimación de excreción fecal total en alpacas (*Vicugna pacos*) bajo condiciones estabuladas usando dióxido de titanio como marcador externo.
- Cañas, R. (1995). Colección en agricultura: Alimentación y nutrición animal.
- Cebra, C., Anderson, D., Tibary, A., Van Saun, R., & Johnson, L. (2014). Llama and Alpaca Care Medicine, Surgery, Reproduction, Nutrition, and Herd Health.
- Chamberlain, A., & Wilkinson, V. (2002). Consumo voluntario de pienso. En: Alimentación de la vaca lechera.
- Common, T. G., Hunter, E. A., Floate, M. J. S., Eadie, J., & Hodgson, J. (1991). The long-term effects of a range of pasture treatments applied to three seminatural hill.
- Corbett, J. L., & Freer, M. (1995). Ingestion et digestion chez les ruminants au pâturage.
- Cottle, D. J. (2013). The trials and tribulations of estimating the pasture intake of grazing animals.

- Decruyenaere, V., Buldgen, A., & Stilmant, D. (2009). Factors affecting intake by grazing ruminants and related quantification methods.
- Delagarde, R., Pérez, E., & Peyraud, J. L. (2010). Ytterbium oxide has the same accuracy as chromic oxide for estimating variations of faecal dry matter output in dairy cows fed a total mixed ration at two feeding levels.
- Domingo, R. (2019). Síntesis de nanoestructuras de TiO<sub>2</sub> modificadas con tierras raras aplicadas en la degradación fotocatalítica de rodamina B.
- Dove, H., & Mayes, R. W. (2006). Protocol for the analysis of n-alkanes and other plant-wax compounds and for their use as markers for quantifying the nutrient supply of large mammalian herbivores.
- FAO. (2005). Situación actual de los camélidos sudamericanos en Perú.
- Flores, E., & Gutierrez, G. A. (1995). Ingestive Mastication and forage fragmentation in sheep, alpacas and llamas.
- Forbes, J. M. (2007). Voluntary food intake and diet selection in farm animals.
- García, W., San Martín, F., Novoa, C., & Franco, E. (2002). Engorde de llamas bajo diferentes regímenes alimenticios.
- Glindemann, T. (2007). Effect of grazing intensity on feed intake and productivity of sheep in the Inner Mongolian steppe.
- Glindemann, T., Tas, B. M., Wang, C., Alvers, S., & Susenbeth, A. (2009). Evaluation of titanium dioxide as an inert marker for estimating faecal excretion in grazing sheep.
- Greenhalgh, J. F. D. (1982). An introduction to herbage intake measurements. In: Leaver JD (ed). Herbage intake handbook.
- Hammeleers, A. (2010). Metodos para estimar el consumo voluntario de forraje por rumiantes en pastoreo.  
<http://prodanimal.fagro.edu.uy/cursos/NUTRICION/TEORICOS/2010.Material%20de%20lectura%20consumoIII.pdf>
- Haro, J. M. (2002). Consumo voluntario de forraje por rumiantes en pastoreo.
- INEI. (2012). IV Censo Nacional Agropecuario 2012 (IV CENAGRO).
- Jagger, S., Wiseman, J., Cole, D. J. A., & Craigon, J. (1992). Evaluation of inert markers for the determination of ileal and faecal apparent digestibility values in the pig. *British Journal of Nutrition*.

- kotb, A. R., & Luckey, T. D. (1972). Markers in nutrition. *Nutrition abstracts and reviews*.
- Lascano, C. (1990). Recomendaciones sobre metodología para la medición de consumo y digestibilidad in vivo. *Nutrición de Rumiantes: Guía metodológica de investigación*.
- Lizarazo, F. (2022). Relación entre el consumo de materia seca y agua en tres esquemas de alimentación en alpacas (vicugna pacos) en confinamiento [Universidad Católica de Santa María].  
<https://apps.ucsm.edu.pe/UCSMERP/Docs/Tesis/006948.pdf>
- Llanto, H. (2009). Evaluación de la composición florística y la condición de los pastizales del CICAS LA RAYA.
- Lopez, A., Maiztegui, J., & Cabrera, R. (1998). Voluntary intake and digestibility of forages with different nutritional quality in alpacas.
- 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).
- Mayes, R. W., & Dove, H. (2000). Hugh. Measurement of dietary nutrient intake in freeranging mammalian herbivores.
- Mayes, R. W., Dove, H., Chen, X. B., & Guada, J. A. (1995). Advances in the use of faecal and urinary markers for measuring diet composition, herbage intake and nutrient utilisation in herbivores.
- Maynard, L. A., Loosli, J. K., Hintz, H. F., & Warner, R. G. (1992). *Nutrición Animal* (7a ed.). McGraw-Hill.
- MIDAGRI. (2015). MIDAGRI: El 87% de la población mundial de alpacas se encuentra en el Perú. <https://www.gob.pe/institucion/midagri/noticias/636546-midagri-el-87-de-la-poblacion-mundial-de-alpacas-se-encuentra-en-el-peru>
- MINAGRI. (2014). Población de ganado vacuno, alpacas y llamas, según unidad agraria, 2008 – 2014.
- MIDAGRI, (2022). El 87% de la población mundial de alpacas se encuentra en el Perú.
- Minson, J. D. (1990). *Forage in Ruminant Nutrition*.
- NRC. (2001). *Nutrients requirements of dairy cattle*. 7th ed. National Academy Press, WA, USA.

- Owens, F. N., & Hanson, C. F. (1992). External and Internal Markers for Appraising Site and Extent of Digestion in Ruminants.
- Prigge, B., Varga, G., Vicini, J., & Reid, R. (1981). Comparison of Ytterbium Chloride and Chromium Sesquioxide as Fecal Indicators.
- Raggi, L., Jiliberto, E., & Urquieta, B. (1994). Feeding and foraging behaviour of alpaca in Northern Chile.
- Ramírez, J. E. (2017). Efecto del nivel de consumo de alimento sobre la retención de energía en llamas y alpacas.
- Sampaio, C. B., Detmann, E., Valente, T. N. P., Souza, M. A. D., Valadares, S. D. C., & Paulino, M. F. (2001). Evaluation of fecal recovering and long term bias of internal and external markers in a digestion assay with cattle.
- San Martín, F. (1994). Avances y alternativas de alimentación para los camélidos sudamericanos. Investigaciones pecuarias.
- San Martín, F. A., Bryant, F. C., Arbiza, T., & Huisa, T. (1988). Composición de la selectividad de forraje y nutrición entre camélidos sudamericanos y ovinos.
- San Martín, F., & Bryant, F. (1987). Nutrición de los CSA, estado actual de nuestro conocimiento.
- San Martín, H. F. (1987). Comparative forage selectivity and nutrition of South American Camelids and sheep. Texas Tech University.
- San Martín, H. F. (1987). Comparative forage selectivity and nutrition of South American Camelids and sheep. Doctoral thesis. Lubbock, TX. Texas Tech University.
- San Martín, H. F. (1996). Nutrición de camélidos sudamericanos y su relación con la reproducción.
- Short, F., Gorton, P., Wiseman, J., & Boorman, K. (1996). Determination of titanium dioxide added as an inert marker in chicken digestibility studies.
- Sudekum, K. H., Ziggers, W., Roos, N., Sick, H., Tamminga, S., & Stangassinger, M. (1995). Estimating the passage of digesta in steers and wethers using the ratio of  $^{13}\text{C}$  to  $^{12}\text{C}$  and titanium (IV)-oxide.
- Surichaqui, E. A. (2022). Caracterización social, productiva y económica de las unidades productivas de alpaca en cuatro provincias de la región de huancavelica.

- Swain, D. L., Handcock, R. N., Bishop, G. J., & Menzies, D. (2013). Opportunities for improving livestock production with e-Management systems. In *Revitalising Grasslands to Sustain our Communities*.  
<https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3940/camargo-hurtado-rosina-julieta.pdf?sequence=1>
- Titgemeyer, E. C. (1997). Design and interpretation of nutrient digestion studies. *Journal of Animal Science*.
- Titgemeyer, E. C., Armendariz, C. K., Bindel, D. J., Greenwood, R. H., & Löest, C. A. (2001). Evaluation of titanium dioxide as a digestibility marker for cattle.
- Tobal, C. (1997). Evaluación de los alimentos a través de los diferentes métodos de digestibilidad.
- Trabalza, M., Stelletta, C., Beghelli, D., & Morgante, V. (2001). Feeding behavior and energy metabolism of alpaca in central Italy during late pregnancy and early lactation.
- Trejo, P. M. (2020). La digestibilidad y sus beneficios en la nutrición de las mascotas.  
<https://www.vanguardiaveterinaria.com.mx/beneficios-nutricion-mascotas>
- Van Keulen, J., & Young, B. A. (1977). Evaluation of Insoluble ash a natural marker in ruminant digestibility studies.
- Van Saun, r. J. (2006). Nutrient requirements of South American camelids: A factorial approach. *Small Ruminant Research*.
- Vidal, O. (1996). Selección y clasificación de fibra de alpaca.  
[https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/1086/5/Ramos-et-al\\_2019\\_Alpaca\\_Fibra.pdf](https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/1086/5/Ramos-et-al_2019_Alpaca_Fibra.pdf)

## ANEXOS

### Anexo I. Consumo de materia seca en llamas sin datos atípicos expresados en (g/día)

Tabla 9.

*ANVA Consumo de materia seca en llamas sin datos atípicos expresados en (g/día)*

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	9	628529.06	69836.562	3.44	0.0016
Error	67	1360784.8	20310.221		
Total corregido	76	1989313.8			

Nota: Elaboración propia, en base a datos de campo.

Tabla 10.

*Resumen datos de materia seca en llamas expresados en (g/día)*

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	CONSUMO Media
0.315953	8.104813	142.5139	1758.386

Nota: Elaboración propia, en base a datos de campo.

Tabla 11.

*Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para consumo MS en (g/día).*

Alpha	Grados de error de libertad	Error de cuadrado medio	Valor crítico del rango estudentizado	Diferencia significativa mínima	Media armónica de tamaño de celdas
0.05	8	78560.23	3.26117	147.43	38.44156

Nota: Elaboración propia, en base a datos de campo.

Tabla 12.

*Agrupamiento Tukey (HSD) para consumo MS en (g/día).*

Tukey	Media	N	TRAT
A	1759.2	37	MARCADOR
A	1757.63	40	TOTAL

Nota: Elaboración propia, en base a datos de campo.

**Anexo II. Consumo de materia seca en llamas sin datos atípicos expresados en (g/kg PV/día)**

Tabla 13.

*ANVA Consumo de materia seca en llamas sin datos atípicos expresados en (g/kg PV/día)*

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	9	29.4808845	3.2756538	1.78	0.0882
Error	65	119.316916	1.8356449		
Total corregido	74	148.7978			

Nota: Elaboración propia, en base a datos de campo.

Tabla 14.

*Resumen datos de materia seca en llamas expresados en (g/kg PV/día)*

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	CONSUMO Media
0.198127	7.26388	1.35486	18.652

Nota: Elaboración propia, en base a datos de campo.

Tabla 15.

*Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para consumo MS en (g/kg PV/día)*

Alpha	Grados de error de libertad	Error de cuadrado medio	Valor crítico del rango estudentizado	Diferencia significativa mínima	Media armónica de tamaño de celdas
0.05	8	3.6773	3.26117	1.0235	37.3333

Nota: Elaboración propia, en base a datos de campo.

Tabla 16.

*Agrupamiento Tukey (HSD) para consumo MS en (g/kg PV/día)*

Tukey Agrupamiento	Media	N	TRAT
A	18.6829	35	MARCADOR
A	18.625	40	TOTAL

Nota: Elaboración propia, en base a datos de campo.

**Anexo III. Consumo de materia seca en llamas sin datos atípicos expresados en (g/PW<sup>0.75</sup>/día)**

Tabla 17.

*ANVA Consumo de materia seca en llamas sin datos atípicos expresados en (g/PW<sup>0.75</sup>/día)*

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	9	271.84005	30.20445	1.71	0.1055
Error	65	1150.8413	17.70525		
Total corregido	74	1422.6813			

Nota: Elaboración propia, en base a datos de campo.

Tabla 18.

*Resumen datos de materia seca en llamas expresados en (g/PW<sup>0.75</sup>/día)*

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	CONSUMO Media
0.191076	7.241825	4.207761	58.1036

Nota: Elaboración propia, en base a datos de campo.

Tabla 19.

*Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) en llamas para consumo MS en (g/PW<sup>0.75</sup>/día)*

Alpha	Grados de error de libertad	Error de cuadrado medio	Valor crítico del rango estudentizado	Diferencia significativa mínima	Media armónica de tamaño de celdas
0.05	8	33.93355	3.26117	3.1091	37.33333

Nota: Elaboración propia, en base a datos de campo.

Tabla 20.

*Agrupamiento Tukey (HSD) en llamas para consumo MS en (g/PW<sup>0.75</sup>/día)*

Tukey Agrupamiento	Media	N	TRAT
A	58.179	35	MARCADOR
A	58.038	40	TOTAL

Nota: Elaboración propia, en base a datos de campo.

#### **Anexo IV. Consumo de materia seca en alpacas sin datos atípicos expresados en (g/día)**

Tabla 21.

*ANVA Consumo de materia seca en alpacas sin datos atípicos expresados en (g/día)*

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	9	343399.83	38155.537	3.38	0.0018
Error	67	756046.92	11284.282		
Total corregido	76	1099446.8			

Nota: Elaboración propia, en base a datos de campo.

Tabla 22.

*Resumen datos de materia seca en alpacas expresados en (g/día)*

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	CONSUMO Media
0.312339	9.2806	106.2275	1144.619

Nota: Elaboración propia, en base a datos de campo.

Tabla 23.

*Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) en alpacas para consumo MS en (g/día)*

Alpha	Grados de error de libertad	Error de cuadrado medio	Valor crítico del rango estudentizado	Diferencia significativa mínima	Media armónica de tamaño de celdas
0.05	8	33450.63	3.26117	96.135	38.49351

Nota: Elaboración propia, en base a datos de campo.

Tabla 24.

*Agrupamiento Tukey (HSD) en alpacas para consumo MS en (g/día)*

Tukey Agrupamiento	Media	N	TRAT
A	1176.4	38	MARCADOR
A	1113.65	39	TOTAL

Nota: Elaboración propia, en base a datos de campo.

**Anexo V. Consumo de materia seca en alpacas sin datos atípicos expresados en (g/kg PV/día)**

Tabla 25.

*ANVA Consumo de materia seca en alpacas sin datos atípicos expresados en (g/kg PV/día)*

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	9	62.04266	6.8936289	2.29	0.0266
Error	66	198.82653	3.0125232		
Total corregido	75	260.86919			

Nota: Elaboración propia, en base a datos de campo.

Tabla 26.

*Resumen datos de materia seca en alpacas expresados en (g/kg PV/día)*

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	CONSUMO Media
0.237831	9.684975	1.735662	17.92118

Nota: Elaboración propia, en base a datos de campo.

Tabla 27.

*Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) en alpacas para consumo MS en (g/kg PV/día)*

Alpha	Grados de error de libertad	Error de cuadrado medio	Valor crítico del rango estudentizado	Diferencia significativa mínima	Media armónica de tamaño de celdas
-------	-----------------------------	-------------------------	---------------------------------------	---------------------------------	------------------------------------

0.05	8	6.759288	3.26117	1.3773	37.89474
------	---	----------	---------	--------	----------

Nota: Elaboración propia, en base a datos de campo.

Tabla 28.

*Agrupamiento Tukey (HSD) en alpacas para consumo MS en (g/kg PV/día)*

Tukey Agrupamiento	Media	N	TRAT
A	18.2625	36	MARCADOR
A	17.614	40	TOTAL

Nota: Elaboración propia, en base a datos de campo.

### **Anexo VI. Consumo de materia seca en alpacas sin datos atípicos expresados en (g/PW<sup>0.75</sup>/día)**

Tabla 29.

*ANVA Consumo de materia seca en alpacas sin datos atípicos expresados en (g/PW<sup>0.75</sup>/día)*

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	9	404.89563	44.988404	1.87	0.0716
Error	66	1585.4291	24.021654		
Total corregido	75	1990.3248			

Nota: Elaboración propia, en base a datos de campo.

Tabla 30.

*Resumen datos de materia seca en alpacas expresados en (g/PW<sup>0.75</sup>/día)*

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	CONSUMO Media
0.203432	9.676683	4.901189	50.64947

Nota: Elaboración propia, en base a datos de campo.

Tabla 31.

*Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) en alpacas para consumo MS en (g/PW<sup>0.75</sup>/día)*

Alpha	Grados de error de libertad	Error de cuadrado medio	Valor crítico del rango estudentizado	Diferencia significativa mínima	Media armónica de tamaño de celdas
0.05	8	42.13355	3.26117	3.4387	37.89474

Nota: Elaboración propia, en base a datos de campo.

Tabla 32.

*Agrupamiento Tukey (HSD) en alpacas para consumo MS en (g/PW<sup>0.75</sup>/día)*

Tukey Agrupamiento	Media	N	TRAT
A	51.645	36	MARCADOR
A	49.753	40	TOTAL

Nota: Elaboración propia, en base a datos de campo.

### **Anexo VII. Consumo de materia orgánica en llamas sin datos atípicos expresados en (g/día)**

Tabla 33.

*ANVA Consumo de materia orgánica en llamas sin datos atípicos expresados en (g/día)*

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	9	472538.02	52504.224	4.23	0.0002
Error	66	818289.48	12398.325		
Total corregido	75	1290827.5			

Nota: Elaboración propia, en base a datos de campo.

Tabla 34.

*Resumen datos de materia orgánica en llamas expresados en (g/día)*

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	CONSUMO Media
0.366074	7.761794	111.3478	1434.562

Nota: Elaboración propia, en base a datos de campo.

Tabla 35.

*Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) en llamas para consumo MO en (g/día)*

Alpha	Grados de error de libertad	Error de cuadrado medio	Valor crítico del rango estudentizado	Diferencia significativa mínima	Media armónica de tamaño de celdas
0.05	8	58796.59	3.26117	128.46	37.89474

Nota: Elaboración propia, en base a datos de campo.

Tabla 36.

*Agrupamiento Tukey (HSD) en llamas para consumo MO en (g/día)*

Tukey Agrupamiento	Media	N	TRAT
A	1440.19	36	MARCADOR
A	1429.5	40	TOTAL

Nota: Elaboración propia, en base a datos de campo.

### **Anexo VIII. Consumo de materia orgánica en llamas sin datos atípicos expresados en (g/kg PV/día)**

Tabla 37.

*Consumo de materia orgánica en llamas sin datos atípicos expresados en (g/kg PV/día)*

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	9	271.5679	30.174211	14.83	<.0001
Error	66	134.25348	2.0341436		
Total corregido	75	405.82137			

Nota: Elaboración propia, en base a datos de campo.

Tabla 38.

*Resumen datos de materia orgánica en llamas expresados en (g/kg PV/día)*

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	CONSUMO Media
0.669181	8.473163	1.426234	16.83237

Nota: Elaboración propia, en base a datos de campo.

Tabla 39.

*Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) en llamas para consumo MO en (g/kg PV/día)*

Alpha	Grados de error de libertad	Error de cuadrado medio	Valor crítico del rango estudentizado	Diferencia significativa mínima	Media armónica de tamaño de celdas
0.05	8	3.070429	3.26117	0.9273	37.97368

Nota: Elaboración propia, en base a datos de campo.

Tabla 40.

*Agrupamiento Tukey (HSD) en llamas para consumo MO en (g/kg PV/día)*

Tukey Agrupamiento	Media	N	TRAT
A	18.6832	37	MARCADOR
B	15.0764	39	TOTAL

Nota: Elaboración propia, en base a datos de campo.

### **Anexo IX. Consumo de materia orgánica en llamas sin datos atípicos expresados en (g/PW<sup>0.75</sup>/día)**

Tabla 41.

*ANVA Consumo de materia orgánica en llamas sin datos atípicos expresados en (g/PW<sup>0.75</sup>/día)*

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	9	196.26613	21.807347	1.47	0.1763
Error	66	976.7141	14.798698		
Total corregido	75	1172.9802			

Nota: Elaboración propia, en base a datos de campo.

Tabla 42.

*Resumen datos de materia orgánica en llamas expresados en (g/PW<sup>0.75</sup>/día)*

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	CONSUMO Media
0.167323	8.161035	3.846908	47.1375

Nota: Elaboración propia, en base a datos de campo.

Tabla 43.

*Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) en llamas para consumo MO en (g/PW<sup>0.75</sup>/día)*

Alpha	Grados de error de libertad	Error de cuadrado medio	Valor crítico del rango estudentizado	Diferencia significativa mínima	Media armónica de tamaño de celdas
0.05	8	24.4841	3.26117	2.6214	37.89474

Nota: Elaboración propia, en base a datos de campo.

Tabla 44.

*Agrupamiento Tukey (HSD) en llamas para consumo MO en (g/PW<sup>0.75</sup>/día)*

Tukey Agrupamiento	Media	N	TRAT
A	47.206	40	TOTAL
A	47.062	36	MARCADOR

Nota: Elaboración propia, en base a datos de campo.

### **Anexo X. Consumo de materia orgánica en alpacas sin datos atípicos expresados en (g/día)**

Tabla 45.

*ANVA Consumo de materia orgánica en alpacas sin datos atípicos expresados en (g/día)*

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	9	215730.39	23970.043	2.74	0.0088
Error	67	586481.59	8753.4565		
Total corregido	76	802211.98			

Nota: Elaboración propia, en base a datos de campo.

Tabla 46.

*Resumen datos de materia orgánica en alpacas expresados en (g/día)*

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	CONSUMO Media
0.268919	9.801056	93.55991	954.5901

Nota: Elaboración propia, en base a datos de campo.

Tabla 47.

*Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) en alpacas para consumo MO en (g/día)*

Alpha	Grados de error de libertad	Error de cuadrado medio	Valor crítico del rango estudentizado	Diferencia significativa mínima	Media armónica de tamaño de celdas
0.05	8	19978.77	3.26117	74.296	38.49351

Nota: Elaboración propia, en base a datos de campo.

Tabla 48.

*Agrupamiento Tukey (HSD) en alpacas para consumo MO en (g/día)*

Tukey Agrupamiento	Media	N	TRAT
A	981.89	38	MARCADOR
A	927.99	39	TOTAL

Nota: Elaboración propia, en base a datos de campo.

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

### **Anexo XI. Consumo de materia orgánica en alpacas sin datos atípicos expresados en (g/kg PV/día)**

Tabla 49.

*ANVA Consumo de materia orgánica en alpacas sin datos atípicos expresados en (g/kg PV/día)*

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	9	301.87812	33.542014	13.28	<.0001

Error	66	166.75277	2.5265571
Total corregido	75	468.63089	

Nota: Elaboración propia, en base a datos de campo.

Tabla 50.

*Resumen datos de materia orgánica en alpacas expresados en (g/kg PV/día)*

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	CONSUMO Media
0.64417	9.701192	1.589515	16.38474

Nota: Elaboración propia, en base a datos de campo.

Tabla 51.

*Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) en alpacas para consumo MO en (g/kg PV/día)*

Alpha	Grados de error de libertad	Error de cuadrado medio	Valor crítico del rango estudentizado	Diferencia significativa mínima	Media armónica de tamaño de celdas
0.05	8	7.587513	3.26117	1.4593	37.89474

Nota: Elaboración propia, en base a datos de campo.

Tabla 52.

*Agrupamiento Tukey (HSD) en alpacas para consumo MO en (g/kg PV/día)*

Tukey Agrupamiento	Media	N	TRAT
A	18.2625	36	MARCADOR
B	14.6948	40	TOTAL

Nota: Elaboración propia, en base a datos de campo.

## **Anexo XII. Consumo de materia orgánica en alpacas sin datos atípicos expresados en (g/PW<sup>0.75</sup>/día)**

Tabla 53.

*ANVA Consumo de materia orgánica en alpacas sin datos atípicos expresados en (g/PW<sup>0.75</sup>/día)*

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	9	410.59698	45.621886	2.38	0.0212
Error	67	1285.6459	19.188744		
Total corregido	76	1696.2429			

Nota: Elaboración propia, en base a datos de campo.

Tabla 54.

*Resumen datos de materia orgánica en alpacas expresados en (g/PW<sup>0.75</sup>/día)*

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	CONSUMO Media
0.242063	10.33943	4.380496	42.36688

Nota: Elaboración propia, en base a datos de campo.

Tabla 55.

*Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) en alpacas para consumo MO en (g/PW<sup>0.75</sup>/día)*

Alpha	Grados de error de libertad	Error de cuadrado medio	Valor crítico del rango estudentizado	Diferencia significativa mínima	Media armónica de tamaño de celdas
0.05	8	43.46446	3.26117	3.4677	38.44156

Nota: Elaboración propia, en base a datos de campo.

Tabla 56.

*Agrupamiento Tukey (HSD) en alpacas para consumo MO en (g/PW<sup>0.75</sup>/día)*

Tukey Agrupamiento	Media	N	TRAT
A	43.306	37	MARCADOR
A	41.498	40	TOTAL

Nota: Elaboración propia, en base a datos de campo.

**Anexo XIII. Comparación consumo llamas alpacas expresados en (g/PW<sup>0.75</sup>/día)**

Tabla 57.

*ANVA Comparación entre consumo llamas y alpacas expresadas en (g/PW<sup>0.75</sup>/día)*

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	1769.8548	1769.8548	83.62	<.0001
Error	94	1989.4697	21.164572		
Total corregido	95	3759.3245			

Nota: Elaboración propia, en base a datos de campo.

Tabla 58.

*Resumen comparación entre consumo llamas y alpacas expresadas en (g/PW<sup>0.75</sup>/día)*

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	y Media
0.470791	8.580217	4.600497	53.61749

Nota: Elaboración propia, en base a datos de campo.

Tabla 59.

*ANVA resumen a en (g/PW<sup>0.75</sup>/día).*

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
consumo	1	1769.8548	1769.8548	83.62	<.0001

Nota: Elaboración propia, en base a datos de campo.

Tabla 60.

*ANVA resumen b en (g/PW<sup>0.75</sup>/día).*

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
consumo	1	1769.8548	1769.8548	83.62	

Nota: Elaboración propia, en base a datos de campo.