

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

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE ZOOTECNIA**



**INFLUENCIA DEL DÍA Y LA NOCHE EN LA EMISIÓN DE METANO EN LLAMAS AL PASTOREO EN EPOCA DE LLUVIAS EN EL CENTRO EXPERIMENTAL LA RAYA.**

**Tesis presentada por el bachiller**

**en Ciencias Agrarias:**

**MARCO ANTONIO QUISPE HUAIHUA,**

**Para optar al título profesional de**

**INGENIERO ZOOTECNISTA.**

**Asesor: Ing. Mgt.Sc. JUAN E. MOSCOSO MUÑOZ**

**UNSAAC – 2019**

## **AGRADECIMIENTO**

En primera mención al Ing. Mgt.Sc. Juan E. Moscoso Muñoz Por impartirme sus conocimientos en la las aulas universitarias y fuera de ellas, y por aceptar asesorarme con la tesis.

A la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Por ser integrante de esta casa de estudios; expreso mis más sinceros agradecimientos a los docentes de la facultad de Agronomía y Zootecnia, Escuela Profesional de Zootecnia, por sus enseñanzas impartidas durante mi vida profesional gracias a todos ellos.

Al centro de investigación de producción en camélidos sudamericanos.

(CICAS – La Raya –UNSAAC), del distrito de Marangani, provincia de Canchis, departamento del cusco. Al Dr. Virgilio y a todos los trabajadores quienes fueron de apoyo indispensable para la realización de la tesis.

A mis padres Antonio y Felipa por su apoyo en mi formación académica, mis queridas hermanas Luz Karen y Karen Yenny, y mis estimados amigos con quienes compartí momentos gratos y complicados en la realización de la tesis. Wilber, Mianu, Russian, Elizbeth, Adrian, Rodrigo, Isidro, Fede y al gran amor de mi vida Lisbeth.

## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO.....	i
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	ivx
RESUMEN.....	vi
INTRODUCCIÓN.....	1

### CAPÍTULO I

1 OBJETIVO Y JUSTIFICACIÓN .....	2
1.1 OBJETIVO GENERAL.....	2
1.2 OBJETIVO ESPECIFICO.....	2
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	3

### CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL .....	4
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
2.1. 1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	4
2.1.2 ANTECEDENTES LOCALES.....	5
2.2 BASES TEÓRICAS.....	6
2.2.1 GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI).....	6
2.2.2 CAMBIO CLIMÁTICO Y CRIANZA DE CAMÉLIDOS.....	7
2.2.3 EMISIONES DE METANO EN EL PERÚ.....	9
2.2.4 METANO ATMOSFÉRICO.....	9
2.2.5 FISIOLÓGÍA DIGESTIVA DE LA LLAMA.....	11

2.2.5.1 DIGESTIÓN EN LA BOCA. ....	11
2.2.5.2 SISTEMA DIGESTIVO .....	11
2.2.5.3 MOTILIDAD.....	13
2.2.5.4 FERMENTACIÓN. ....	14
2.2.5.5 FERMENTACIÓN Y METANOGENESIS RUMINAL. ....	14
2.2.5.6 METANO ENTÉRICO.....	17
2.2.5.7 RETENCIÓN DE LOS ALIMENTOS.....	18
2.2.6 FACTORES QUE AFECTAN LA EMISION DE METANO.....	19
2.2.6.1 FACTOR DIETA:.....	19
2.2.6.2 FACTOR AMBIENTE: .....	20
2.2.6.3 FACTOR PRODUCCIÓN:.....	20
2.2.6.4 FACTOR FISIOLÓGICO: .....	20
2.2.6.5 FACTOR GENÉTICO:.....	21
2.2.7 TÉCNICAS DE MEDICIÓN DE METANO. ....	21
2.2.7.1 MÉTODO DE MEDICION DE METANO MEDIANTE LA TÉCNICA DEL HEXAFLORURO DE AZUFRE (SF6) .....	21
2.2.8 ALIMENTACIÓN DE LAS LLAMAS. ....	26

### **CAPÍTULO III**

3. MATERIALES Y MÉTODOS .....	28
3.1 UBICACIÓN.....	28

3.1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA. ....	28
3.2 DURACIÓN DEL TRABAJO. ....	29
3.3. MATERIALES. ....	29
3.3.1 MATERIALES DE CAMPO. ....	29
3.3.2 MATERIAL BIOLÓGICO. ....	30
3.3.3 EQUIPOS DE LABORATORIO. ....	31
3.4 METODOLOGÍA. ....	31
3.5 ANALISIS ESTADISTICO. ....	32
3.4.1 DISEÑO EXPERIMENTAL. ....	32
3.4.2 ETAPA PRE-EXPERIMENTAL. ....	32
3.4.2.1 SELECCIÓN DEL LUGAR DEL EXPERIMENTO. ....	32
3.4.2.2. SELECCIÓN DE ANIMALES. ....	32
3.4.2.3 TANQUES USADOS PARA LA COLECCIÓN DE METANO. ....	32
3.4.2.4 DESCRIPCION DE LINEAS CAPILARES. ....	34
3.4.2.5 ELAVORACION DE LA LINEA CAPILAR. ....	34
3.4.2.6 ADIESTRAMIENTO DE ANIMALES. ....	35
3.4.2.7 APLICACIÓN DE LOS TUBOS DE PERMEACION. ....	37
3.4.3 ETAPA EXPERIMENTAL. ....	37
3.4.3.1 MUESTREO DE GASES. ....	37
3.4.3.2 ANÁLISIS DEL CROMATOGRAFO DE GASES. ....	39
3.4.3.3 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN. ....	40

3.4.3.4 ANÁLISIS DEL ALIMENTO (PASTIZAL).....	40
3.4.3.5 CALCULO DEL CONSUMO DE ALIMENTO.....	40
3.4.3.5.1 MATERIA SECA.....	42
3.4.3.5.2. MATERIA ORGÁNICA.....	41
3.4.3.5.3 ENERGÍA BRUTA.....	41
3.4.3.5.4 PROTEÍNA.....	41
3.4.3.6 CALCULO DE METANO CH <sub>4</sub> .....	41
3.5. ANALISIS ESTADISTICO.....	42
<b>CAPÍTULO IV</b>	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	43
4.1 EMISIONES DE METANO DURANTE EL DÍA.....	43
4.1.1 Emisiones de metano durante el día en gramos de metano y peso vivo.....	43
4.2 EMISIONES DE METANO DURANTE LA NOCHE.....	44
4.2 .1 Emision de metano emitido durante la noche, en gramos de metano y peso vivo.....	44
4.3 VARIACIÓN DE METANO EN LAS EMISIONES DIURNAS Y NOCTURNAS... 46	
4.3.1 Emision de metano diurno y nocturno en gramos de metano.....	46
4.3.2. Emision de metano diurno y nocturno en gramos de metano por peso vivo.....	46
4.3.3 Cantidad de metano emitido por consumo de materia seca por peso vivo.....	53

4.4. RESULTADO GENERAL DEL VALOR NUTRICIONAL DE LAS MUESTRAS DE PASTOS .....	54
4.5 CONSUMO DE ALIMENTOS.....	55
<b>CAPÍTULO V</b>	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	55
5.1 CONCLUSIONES. ....	55
5.2 RECOMENDACIONES.....	56
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>57</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>57</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparacion de tiempo de retencion de particulas de alimento en el estomago de llamas y ovinos .....	59
Tabla 2. Caracteristicas de las llamas evaluadas .....	60
Tabla 3. Registro de llamas evaluadas y su utiizacion .....	63
Tabla 4. Caracteristicas de los tubos de permeacion .....	40
Tabla 5. Modelo de registro utilizado para la evaluacion turno dia .....	40
Tabla 6. Modelo de registro utilizado para la evaluacion turno noche.....	41
Tabla 7. Rendimiento y disponibilidad forrajera.....	43
Tabla 8. Analisis en la emision de metano diurno en gramos de metano y peso vivo .....	47

Tabla 9. Emisiones de metano emitido durante la noche expresado en gramos de metano y peso vivo.....	49
Tabla 10. Comparacion de las emisiones diurnas y nocturnas en gramos de metano .....	50
Tabla 11. Compacion en las emisiones de metano diurno y nocturno por animal .....	52
Tabla 12. Comparacion de datos de emision de metano diurno y nocturno en gramos de metano por peso vivo.....	54
Tabla 13. Emisiones de metano según el peso vivo en gramos de metano por peso vivo ..	55
Tabla 14. Metano emitido por peso vivo .....	57
Tabla 15. Valoracion nutricional del pastizal .....	58
Tabla 16. Analsis nutricional de los pastos en vase seca obtenidos en el area de pastoreo	58
Tabla 17. Consumo de alimento .....	59

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Análisis de metano turno diurno en gramos de metano y peso vivo.....	46
Gráfico 2: Emisión de metano turno nocturno en gramos de metano y peso vivo.....	47
Grafico 3: Comparación de emisión de metano diurno y nocturno en gramos de metano...48	
Gráfico 4: Variación en la emision de metano por las llamas durante el dia y la noche.....	51
Gráfico 5: Emisión de metano por dias expresado en gramos de metano.....	51
Gráfico 6: Variación de metano durante el dia y la noche en gramos de metano. ....	51
Gráfico 7: Variación de metano durante el dia y la noche expresado en gramos de metano por peso vivo .....	52

Gráfico 8: Gráfico de dispersión entre peso vivo y emisión de metano en gramos por peso vivo de metano. ....	53
Gráfico 9: Regresión lineal entre el peso vivo y las emisiones de metano .....	54

## ÍNDICE DE IMAGENES

Imagen 1: líneas capilares y los filtros que retienen la humedad .....	25
Imagen 2: Tanques de colección y sus respectivas líneas capilares. ....	34
Imagen 3: Llamas con sus respectivas mochilas, tanques y líneas capilares. ....	35
Imagen 4: Capilar y la línea capilar.....	35
Imagen 5: Tanques y sus líneas capilares en evaluación.....	36
Imagen 6: Adaptación de las llamas en el uso de las mochilas colectoras. ....	37
Imagen 7: Llamas usando los implementos de colección de metano. ....	38
Imagen 8: Llenado de los tanques con nitrógeno para su mantenimiento y su posterior traslado hacia el laboratorio de cambio climático y producción animal.....	41
Imagen 9: Cromatógrafo de gases analizando los tanques colectados. ....	42

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Componentes de los alimentos y la obtención de metano (CH <sub>4</sub> ). ....	16
--	----

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo I. Base de datos de la emisión de metano.....	67
---	----

Anexo II. Análisis de metano día en gramos .....	69
Anexo III. Análisis de metano día g/pv .....	69
Anexo IV. Análisis de metano noche g/d .....	70
Anexo VI. Análisis de metano durante el día y la noche en gramos de metano.....	71
Anexo VII. Emisión de metano durante el día y la noche expresado en gramos de metano por peso vivo por 12 horas.....	71
Anexo VIII. Análisis de metano correlación peso vivo y emisión de metano.....	72

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

**SF6:** Hexafluoruro De Azufre

**CO2:** Dióxido De Carbono

**N<sub>2</sub>O:** Óxido Nitroso

**CH4:** Metano

**DCA:** Diseño Completamente Al Azar

**CV:** Coeficiente De Variabilidad

**DE:** Desviación Estándar

**EB:** Energía Bruta

**EN:** Energía Neta

**MO:** Materia Orgánica

**MS:** Materia Seca

**PC:** Proteína Cruda

**AGV:** Ácidos Grasos Volátiles

**PV:** Peso Vivo

**GEI:** Gases De Efecto Invernadero

**IPCC:** Panel Intergubernamental De Expertos Sobre El Cambio Climático

**CONAM:** Consejo Nacional Del ambiente

**CSA:** Camélidos Sudamericano

**C1:** Compartimiento 1

**C2:** Compartimiento 2

**C3:** Compartimiento 3

**MBAR:** Mili bares

**UNICEN:** Universidad Nacional del centro de la provincia de Buenos Aires

**UNFCCC:** Convención marco de las naciones unidades sobre el cambio climático

## RESUMEN

El objetivo de la investigación fue evaluar la influencia del día y la noche en la emisión de metano en llamas al pastoreo en pastizales altoandinos del Perú. (Puna seca) a 4146 m.s.n.m en la época de lluvias (enero – marzo) en el Centro de Investigación de Camélidos Andinos CICAS LA Raya. El pastizal empleado para la evaluación fue un pajonal de ladera (*Festuca rigida* – *Calamagrostis amoena*). Para la investigación se utilizaron 10 llamas machos con una edad y peso en promedio de 3 años y 93 kilos; la medición de la emisión de metano se realizó con la técnica del hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>); la colección de metano fue de 6 días, con una frecuencia de colección de 12 horas (diurno y nocturno); el consumo estimado de materia seca fue de 1,79 Kg/animal/día, con la siguiente calidad nutricional de pastizal : materia seca (%MS) 89,21 ± 0,45, materia orgánica (%MO) 94,86 ± 1,33, proteína cruda (%PC) 6,13 ± 1,31 y la energía bruta (EB) 4,13 ± 0,06 Kcal/Kg. El mayor contenido de MS se registró en el *Calamagrostis amoena* con 89,61 %, el mayor contenido de MO se registró en la *Festuca dolichophylla* con 96,31 %, el mayor contenido de PC en la *Stipa mucronata* con 8,31 % y para la EB en la *Stipa ichu* con 4,21 Kcal/Kg. La cantidad de metano emitido fue de 22.40± 4.64 g/12hrs para el día (diurno) y la emisión de metano de noche (nocturno) fue de 20.26±5.32 g/12hrs; en función de kilo por peso vivo fue de 0.24±0.05 g/kg P.V/12hrs para el tratamiento del día y 0.22±0.005 g/kg P.V/12hrs para la noche, no encontrándose diferencias en las emisiones diurnas y nocturnas.

**Palabras clave:** metano, diurno, nocturno, pastizal, alpaca, SF<sub>6</sub>.

## INTRODUCCIÓN

El metano (CH<sub>4</sub>), es un gas de efecto invernadero (GEI), considerado como uno de los gases con mayor repercusión en el cambio climático, después del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), que es el gas carbonado más potente de los gases de efecto invernadero que está en la atmósfera, cuya concentración va aumentando intensamente en las últimas décadas; a comparación de otros gases de efecto invernadero; el metano (CH<sub>4</sub>) es uno de los gases con mayor repercusión en el cambio climático (Knapp *et al.*, 2014). El 70% de las emisiones de metano son de origen antropogénico; donde la actividad ganadera contribuye al calentamiento global, mediante las fermentaciones entéricas, el cual es un producto final de la fermentación que sufren los alimentos en el rumen que en términos de energía constituye una pérdida y en términos ambientales contribuye al calentamiento global y al cambio climático, y por ello se considera uno de los mayores contribuyentes de las emisiones de gases de efecto invernadero en el mundo (Shrestha *et al.*, 2013).

El metano emitido por los animales en su mayor parte es por el proceso de la rumia y la eyección de las heces, donde el tiempo total dedicado a la rumia varía según al alimento ingerido, el tiempo oscila entre 7 a 11 horas por día en promedio de 8 horas por día (Relling, A., Mattioli, G., 2002). El nivel de emisión y la cantidad de metano emitido en función al tiempo varía dependiendo de la cantidad de alimento ingerido y las características del alimento, y estos están directamente relacionadas, con la actividad microbiana dentro del rumen y el tiempo de retención del alimento.

## **CAPÍTULO I**

### **1 OBJETIVO Y JUSTIFICACIÓN**

#### **1.1 OBJETIVO GENERAL.**

Evaluar la emisión de metano durante el día y la noche en llamas bajo condiciones de pastoreo (*Festuca rigida* – *Calamagrostis amoena*) en época de lluvias en el Centro de Investigación en Camélidos Sudamericanos “La Raya” – UNSAAC a 4136 m.s.n.m. en época de lluvias.

#### **1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO.**

- Evaluar la emisión de metano durante el Día (6:00 am hasta las 18:00).
- Evaluar la emisión de metano durante la Noche (18:00 hasta las 6:00 am)
- Evaluar la variación, en la emisión metano entre el día y la noche.
- Evaluar la composición nutricional de los pastos empleados.

### 1.3 JUSTIFICACIÓN

La crianza de camélidos es un medio de sustento para las familias de las zonas alto andinas en la sierra sur peruana, por encima de los 4000 m.s.n.m donde la crianza de otras especies es limitada, por las condiciones medio ambientales extremas donde las variaciones de temperatura, precipitación pluvial y disponibilidad de oxígeno afecta directamente en el rendimiento de la calidad y cantidad de los pastizales y por e la producción animal. Siendo esta las condiciones donde la crianza de camélidos se desarrolla, por lo tanto la crianza de camélidos constituye un recurso indispensable para los productores y/o familias que habitan esta zona.

Las características fisiológicas de los camélidos muestran un grado de adaptación hacia el consumo de pastos con cantidades elevadas de fibra (pastos naturales), consecuentemente la emisión de metano se vería incrementada, a la fecha no han sido claramente establecidos (línea base) para condiciones de crianza al pastoreo a más de 4000 m.s.n.m así como tampoco se tiene claramente definido en que momentos del día la emisión de metano es mayor y así poder entender y establecer estrategias de mitigación, en que momento del día se incrementa la emisión de metano si es de día o de noche para así poder plantear estrategias de mitigación.

Los camélidos difieren de los otros rumiantes en cuanto al desarrollo de los procesos fermentativos en el compartimiento 1 y 2, es sabido que los procesos de rumia se produce principalmente durante la noche a diferencia de los otros rumiantes por lo que existe la necesidad de establecer hasta qué punto esta diferencia fisiológica determina cambios en las emisiones de metano diurno y nocturno.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

#### 2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.

##### 2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES.

Pinares Patiño *et al.*, (2003) en su estudio comparativo entre ovejas y alpacas usando la técnica de hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>) y tres tipos de dietas(3 experimentos), N°1 alimentadas con heno de alfalfa la emisión de metano fue de: 14,90 y 18,80 g/día de CH<sub>4</sub> alpacas y ovejas respectivamente, experimento N°2 alimentadas al pastoreo con reygrass perenne y trébol blanco fue de : 22,60 y 31,10 g/día de CH<sub>4</sub> para alpacas y ovejas, experimento N°3 alimentadas con Lotus la emisión fue de 19,10 y 22.00 g/día de CH<sub>4</sub> respectivamente.

Ruiz (2012) en su estudio en cabras lecheras en el interior de una cámara dinámica reporta que la producción de CH<sub>4</sub> varia de por lo menos en un 92 % durante el día ( $2,27 \pm 0,48$  l/kg) comparando con las emisiones de CH<sub>4</sub> durante la noche ( $1,16 \pm 0,34$  l/kg).

Amon B. *et al.*, (2001) realizaron estudios en vacas lecheras en una cabina de atar, utilizando el método de espectroscopia FTIR, determinaron la variación diurna clara de metano estaban estrechamente correlacionados la emisión de CO<sub>2</sub>, emisiones máximas se midieron por la mañana y por la tarde poco después de la alimentación.

### **2.1.2 ANTECEDENTES LOCALES.**

Jordán (2017) evaluó la cantidad de metano emitido en llamas bajo condiciones de pastoreo en el CICAS – LA RAYA, en época de lluvias, utilizando el método del gas trazador SF<sub>6</sub> se determinó la emisión de metano en cual fu de 36,68 g/d de CH<sub>4</sub>; 0,41g/kgpv de CH<sub>4</sub>; 1,25g/kg w<sup>0,75</sup> de CH<sub>4</sub> y 20,32 g/CH<sub>4</sub> /kg ms.

Ttito (2017) realizó el estudio en: efecto del uso de taninos condensados de castaño (97% de pureza), en las emisiones de metano en llamas al pastoreo en época seca en CICAS- LA RAYA, utilizando la técnica del gas trazador SF<sub>6</sub>, determinando así las emisiones de metano T1: pasto natural fue de 27,35±10,47g/d de CH<sub>4</sub> y T2: pasto natural + tanino fue de 19,32±6,84 g/d de CH<sub>4</sub>.

Choquemamani (2017) la emisión entérico en llamas al pastoreo en pradera nativas a 4200 m.s.n.m el trabajo realizado fue la comparación de macho y hembra en donde, estos fueron analizados durante 20 min, donde el promedio en machos fue de 93,1 CH<sub>4</sub>/l/día y en hembras fue de 83,3 l/día CH<sub>4</sub>.

Machaca *et al.*,(2015) realizaron un estudio en alpacas, utilizando un equipo portátil de medición de gases Gasmeter DX-4030 Analyser y dos tipos de dieta, grupo A (alimento fibroso ofrecido en forma entera) y el grupo B (alimento fibroso ofrecido en forma molida), bajo condiciones de estabulación en corrales individuales, determinaron que no hay diferencia significativas en la emisión de metano comparando las dos dietas, ni en el momento en el que se realiza la medición de emisiones de metano (día o noche) no tiene influencia significativa en la producción de metano.

Picalayco (2017), las Emisiones de metano en alpacas en el presente estudio fue (24.4 ± 9.0 vs 24.0 ± 8.5 g/d/alpaca de CH<sub>4</sub>, para lluvia y seca, en un pastizal de ryegrass/ trébol blanco (*Lolium perenne*/ *Trifolium repens*) en época de lluvias y seca. Se

plantearon dos tratamientos T1: pastura cultivada en época de lluvia (diciembre 2015) y T2: pastura cultivada en época seca, La estación del año no tuvo efecto en la emisión de CH<sub>4</sub>.

Queccaño (2017), realizó un estudio en las emisiones de metano entérico en ovinos bajo consumo de pastizales naturales alto - andinos y suplementados con un concentrado nutricional. La emisión diaria de CH<sub>4</sub> en el grupo pastos naturales y pastos naturales más suplementación fue de 39.30 y 28.80 g/ día.

Olazabal y Moscoso (2017), las emisión de metano entérico de alpacas en condiciones de pastoreo en praderas naturales altoandinas usando el trazador hexafluoruro de azufre(SF<sub>6</sub>) realizado en el Centro Experimental "La Raya" a 4146 m.s.n.m, trabajo con 14 alpacas, machos, adultos y con peso promedio de  $40.5 \pm 10.5$  kg, pastoreados en dos pastizales típicos; siete en pajonal (*Calamagrostis amoena*, *Festuca rigida*, *Calamagrostis antoniana*) y siete en bofedal (*Distichia muscoides*, *Hypochoeris* sp, *Calamagrostis eminens*). Con un periodo de 7 días consecutivos. La emisión de CH<sub>4</sub> fue de  $21.0 \pm 7.4$ g/alpaca en pajonal y  $22.9 \pm 6.8$  g/d/alpaca en y bofedal.

## **2.2 BASES TEÓRICAS.**

### ***2.2.1 GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI)***

En los últimos años, las concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano CH<sub>4</sub> y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) han aumentado a niveles sin precedentes. Las concentraciones de dióxido de carbono han aumentado en un 40% desde la era preindustrial debido, en primer lugar, a las emisiones derivadas de los combustibles fósiles y, en segundo lugar, a las emisiones netas derivadas del cambio de uso del suelo.(*IPCC,2013*)

El total de las emisiones de GEI provenientes de las cadenas de suministro ganadero se estima en 7,1 Giga toneladas de CO<sub>2</sub>-eq por año para el período de referencia de 2005. Este total representan el 14,5% de todas las emisiones inducidas por el ser humano según las estimaciones más recientes del IPCC relativas al total de las emisiones antropógenas 49 giga toneladas de CO<sub>2</sub>-eq para el año 2004(IPCC, 2007)

Las concentraciones atmosféricas de los gases de efecto invernadero, a saber, el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>) y el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), han aumentado desde 1750 debido a la actividad humana. En 2011, las concentraciones de estos gases de efecto invernadero eran de 391 ppm<sup>11</sup>, 1 803 ppmm y 324 ppmm, respectivamente, valores que excedían los niveles preindustriales en aproximadamente el 40%, el 150% y el 20%, respectivamente. (Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, IPCC (2013).

### ***2.2.2 CAMBIO CLIMÁTICO Y CRIANZA DE CAMÉLIDOS.***

La producción ganadera contribuye a la seguridad alimentaria y nutricional de la población mundial, mediante la transformación de alimentos fibrosos en leche, carne y despojos útiles para la alimentación humana (Randolph et al., 2007).

El cambio climático es uno de los problemas ambientales más graves que se enfrenta la humanidad. El calentamiento global es un problema que amenaza a los ecosistemas mundiales, comprometiendo el desarrollo sostenible y el bienestar de la Humanidad (IPCC, 2017).

Según la contribución del Grupo de trabajo al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) publicado en el año 2013, se ha detectado la influencia humana en el calentamiento global de la atmósfera y el océano, en alteraciones en el ciclo global del agua, en reducciones de la cantidad de nieve

y hielo, en la elevación media mundial del nivel del mar y en cambios en algunos fenómenos climáticos extremos. Esta evidencia de la influencia humana es mayor desde que se elaborara el Cuarto Informe de Evaluación. Es sumamente probable que la influencia humana haya sido la causa dominante del calentamiento observado desde mediados del siglo XX.

Sin embargo el sector pecuario representa una fuente significativa de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en todo el mundo, al generar dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) a lo largo del proceso productivo. El ganado contribuye con el cambio climático al emitir GEI, bien sea directamente (fermentación entérica o el estiércol) o indirectamente (actividades desarrolladas durante la producción de piensos y la conversión de bosques en pastizales). Se ha calculado, con base en el análisis del ciclo de vida (ACV), que el sector emite aproximadamente 7,1 Gt de CO<sub>2</sub>-eq/año, o cerca del 18 por ciento del total de las emisiones de los GEI antropogénicas. (Steinfeld et al., 2009).

Existe buena cantidad de investigaciones sobre el impacto del cambio climático sobre cultivos pero muy limitados en relación a la producción ganadera. Haciendo uso de metodología específica, el impacto económico del cambio climático sobre la ganadería pastoril en Kenya. Los resultados indicaron que la producción ganadera es altamente sensible y que existía una relación no lineal entre cambio climático y productividad animal. El animal es más sensible conforme al nivel de producción tanto como leche y carne y es mayor cuando se asocia a un ambiente adverso entonces en animal entra en más riesgo. Kabubo-Mariara (2008).

### **2.2.3 EMISIONES DE METANO EN EL PERÚ.**

En el Perú la emisión de gases que contribuyen con el efecto invernadero proveniente de fuentes antropogénicas para el año 1994 fue de 720 megatoneladas de equivalente de dióxido de carbono (metodología Nivel-1 del IPCC). Sin embargo, al realizar la actualización de esta información para el año 2006 la producción de CH<sub>4</sub> proveniente de diferentes sistemas de producción animal fue de 472 Gg que representa un incremento de 25% respecto al año 1994. (Gómez *et al.*, 2008).

El metano proveniente de la fermentación entérica y del estiércol fueron los principales contribuyentes. El ganado vacuno es el mayor contribuyente (64%) al total de emisión de CH<sub>4</sub> en el país (García *et al.*, 2007). Algunas estrategias que ayudan a mejor utilización de los alimentos y por lo tanto a la reducción de la emisión de CH<sub>4</sub> incluyen: mejora de la calidad de las pasturas, incremento en uso de carbohidratos de alta fermentabilidad, tratamiento físico- químico de forrajes y uso de compuestos modificadores del medio ambiente ruminal, Gómez *et al.*, (2008).

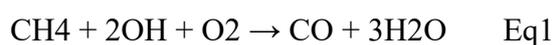
En el Perú, la alta emisión de CH<sub>4</sub> proveniente de ganado bajo sistemas al pastoreo es explicado por la baja calidad del forraje (pasturas nativas alto andinas) que en muchos casos limita los sistemas de producción debido a las condiciones medioambientales desfavorables y pobre manejo, los bajos consumos así como por la baja eficiencia de utilización de nutrientes para producir carne o leche. (Flórez y Malpartida, 1998).

### **2.2.4 METANO ATMOSFÉRICO.**

Las fuentes de metano se pueden agrupar en tres categorías: metano biogénico, producido por los microbios (metanógenos) a partir de la descomposición de la materia orgánica en condiciones anaeróbicas (humedales, rumiantes, cultivos y depósitos de desechos, etc.); metano termogénico, formado en los procesos geológicos a temperaturas elevadas (combustibles fósiles); y metano pirogénico, producido por el proceso de combustión

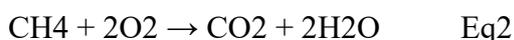
incompleta de la biomasa durante los incendios forestales y de los biocombustibles y combustibles fósiles (Kirschke et al., 2013). El metano atmosférico (CH<sub>4</sub>) aumentó desde 900 ppb (partes por billón, o nanomoles por mol de aire seco) en el año 1900 hasta 1800 ppb en el año 2010 en una tasa sin precedentes en los registros de observación (Ghosh et al., 2015). Los estudios satelitales (GOSAT) han estimado una emisión global de 539Tg de metano por año, de los cuales 39% procede de los humedales, 22% de la ganadería, 12% de petróleo/gas, 12% del estiércol, 8% del arroz y 6% de la minería del carbón (Turner et al., 2015).

La principal forma de remoción del metano atmosférico es la oxidación por el radical hidroxilo (OH), sobre todo en la tropósfera, la misma que representa el 90% de la remoción global de metano (Kirschke *et al.*, 2013). El proceso incluye una secuencia de reacciones químicas, donde el metano es convertido en monóxido de carbono y agua (Eq1). El monóxido de carbono es también oxidado por OH en CO<sub>2</sub> y agua. La tasa de remoción de metano atmosférico es de 500 Tg/año. El radical OH se forma por foto disociación del ozono troposférico (O<sub>3</sub>) por la luz ultravioleta en presencia de vapor de agua. A diferencia del CO<sub>2</sub> cuya vida media es mayor a 100 años, la vida media de una molécula de CH<sub>4</sub> en la tropósfera es de solo 8-12 años, de manera que las reducciones en las emisiones de hoy pueden disminuir las concentraciones en una o dos décadas, un período de tiempo crítico para frenar el calentamiento especialmente en las regiones más vulnerables del planeta, tales como los polos (Fiore, 2014).



La otra forma de remoción está a cargo de los metanótrofos, que son las únicas bacterias gram-negativas que pueden utilizar metano como fuente de carbono y energía (Trotsenko y Murrell, 2008). La oxidación por esta vía ocurre en los suelos aireados, donde el CH<sub>4</sub>

reacciona con el oxígeno y produce dióxido de carbono y agua (Eq2) , siendo el suelo el mayor sumidero de metano atmosférico (Kirschke *et al.*, 2013).



La concentración atmosférica de CH<sub>4</sub> resulta de la diferencia entre la tasa de emisión y la tasa de remoción en el mismo período.

## 2.2.5 FISIOLÓGÍA DIGESTIVA DE LA LLAMA

### 2.2.5.1 DIGESTIÓN EN LA BOCA

Utilizan los labios delgados y móviles el propio que sus incisivos mandibulares y el rodete dentario superior bastante duro para la prehensión de los alimentos. Cada lado del labio tiene movimiento de forma independiente, los alimentos son sometidos luego a la división y trituración por acción de los premolares, molares y de los movimientos de la mandíbula tanto en sentido vertical, como horizontal (San Martín *et al.*, 2014).

### 2.2.5.2 SISTEMA DIGESTIVO

En la alimentación y nutrición de los CSA es necesario tener en cuenta la total dependencia alimenticia de estos animales a los pastizales naturales de especies altoandinas, lo anterior significa que están adaptados al consumo de pastos estacionales, muy toscos, de baja calidad nutricional y de una relativa baja variedad y disponibilidad, hecho que sufre importantes variaciones al modificar su hábitat, lo que frecuentemente ocurre cuando son trasladados a otras regiones del país. Entre las características de la anatomía y fisiología digestiva que evidencian una adaptación al recurso vegetal de los pastizales del altiplano se encuentran los labios que son relativamente delgados y el superior está dividido por un surco medio; esta característica les brinda una gran movilidad lo que facilita la selección de las plantas. Los dientes son de crecimiento continuo lo que protege del desgaste a que están sometidos al consumir pastos muy leñosos y lignificados. La lengua no es protrible por lo que no pueden lamer. (Relling, y Mattioli, G., 2002).

Los camélidos en general, al igual que los rumiantes domésticos más conocidos (bovino, ovino, caprino) tienen un compartimento digestivo muy espacioso y compartimentalizado. Sin embargo, estructuralmente, su sistema digestivo difiere considerablemente de otros rumiantes. La estructura macroscópica de los pre-estómagos y del estómago de la llama y el guanaco, homologable al de la vicuña y alpaca, utilizando técnicas in vivo e in vitro. Estos autores describen una división en tres compartimentos. El primer compartimento (C1), frecuentemente comparado con el rumen, es el más voluminoso (83% del volumen total pre gástrico y gástrico), ventralmente posee un prominente surco transversal que lo divide en un saco craneal y uno caudal, ambos poseen saculaciones las que, aparte de proveer de una mayor superficie de contacto, poseen mucosa glandular que permite la secreción de tamponadores que contribuyen con la saliva en la mantención de un pH favorable para la acción de microorganismos celulolíticos. El resto del epitelio es escamoso estratificado no glandular que al igual que en otros rumiantes tiene una función dedicada a la absorción. Vallenas y col. (1971)

En el compartimento 2 también se describen ambos tipos de epitelio y la mucosa superficial de las paredes de la curvatura mayor de este compartimento está dividida en forma reticular; en general el contenido de este compartimento es muy líquido y tanto su forma como su función se homologan frecuentemente con el retículo de otros rumiantes. El (C2) se comunica con el tercer compartimento (C3) a través de un pasaje estrecho cubierto por epitelio escamoso estratificado; sin embargo el C3 está completamente recubierto de mucosa glandular, pero la disposición de ella varía a lo largo de este compartimento que tiene forma tubular. El quinto inicial tiene su mucosa dispuesta en forma reticular en su curvatura menor y en la curvatura mayor se distribuye en forma de pliegues no permanentes y aunque anatómicamente no poseen una estructura similar al omaso de otros rumiantes, se compara este quinto con un omaso funcional. En los siguientes tres quintos

medios, la mucosa se dispone en forma de pliegues longitudinales permanentes, mientras que en el quinto final la mucosa se engrosa sensiblemente correspondiendo esta área a la mucosa propiamente gástrica (Raggi y Crossley, 1990).

La tasa de contracciones de los pre estómagos es mayor a la observada en otros rumiantes, sin embargo la velocidad de tránsito por el digestivo es menor, estos dos hechos fisiológicos favorecen una mezcla eficiente con un mayor tiempo de retención, lo que sumado a una fermentación en un ambiente favorable a microorganismos celulolíticos hace a estas especies más eficientes en fermentación de pastos toscos y marginales que otros rumiantes como la oveja y la cabra (Raggi y Crossley, 1990).

#### *2.2.5.3 MOTILIDAD*

Los ciclos de rumia de los primeros son más frecuentes y las funciones de secreción, absorción y mezcla de los alimentos asignados de las bolsas glandulares están ausentes en los rumiantes, donde el epitelio del rumen, retículo y omaso no tienen funciones secretoras (Van Soest, 1982).

#### *2.2.5.4 FERMENTACIÓN*

Los CSA están previstas por mecanismos tamponantes más eficientes que el ovino, y además se basan en el hecho de que el ovino y la alpaca a similares concentraciones de AGV tuvieron diferentes valores de pH siendo el pH en ovinos más bajo que en la alpaca (Vallenas, 1973). Este factor permitiría a los CSA, tener una mayor producción bacteriana debido a que las condiciones acídicas incrementan los requerimientos energéticos de mantenimiento de las bacterias presentes en el estómago y además las bacterias celulolíticas son más sensibles y tienen una menor producción a un bajo pH (Russell, 1985).

Con respecto a la concentración de los diferentes AGV, no existen mayores diferencias en las concentraciones de estos ácidos como se observaron en un estudio de la producción de

AGV producidos por la fermentación bacteriana en el C1 y C2 en llamas y guanacos, encontrando altos niveles de concentración de AGV, entre 1.5 y 2 horas después de la ingesta, luego de 5 horas la concentración de AGV permanecía todavía por encima de los niveles de pre-ingestión de alimento, como los observados en los rumiantes avanzados (Vallenas et al. 1973).

#### 2.2.5.5 FERMENTACIÓN Y METANOGENÉISIS RUMINAL.

El metano y el dióxido de carbono son sub productos naturales de la fermentación microbiana de los carbohidratos y de los aminoácidos en el rumen y el intestino grueso de los animales de granja (FAO, 2013).

En procesos de fermentación, la energía de sustratos orgánicos es transferida a ATP exclusivamente por fosforilación a nivel de sustrato. Como las fermentaciones no requieren de oxígeno y éstas pueden llevarse a cabo en ausencia de aire, este proceso es anaeróbico. Los productos finales de fermentaciones en ecosistemas naturales varían dependiendo esencialmente de las capacidades metabólicas de los organismos presentes y a la naturaleza de la fuente de carbono inicial (FAO 2005).

Un ejemplo clásico es la biodegradación de materia orgánica en sedimentos anaeróbicos donde el primer grupo de poblaciones (aquellas que pueden utilizar directamente la materia orgánica disponible) hidrolizan ésta a azúcares y compuestos menos complejos. Los productos metabólicos de este grupo sirven como alimento a un segundo grupo de fermentadores que generan diferentes ácidos orgánicos (ej. butirato, acetato, lactato, etc.), CO<sub>2</sub> e hidrógeno. Finalmente, el acetato, CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub> sirven como materia prima para que bacterias metanogénicas actúen produciendo este último grupo gas que es el metano (metano es el producto final de la descomposición anaeróbica). (FAO 2005).

Se reportan que el 87% de la producción de metano se da en el rumen y el 13% en el tracto digestivo posterior de este último aproximada mente el 89% es absorbido hacia la sangre y

espirado a través de los pulmones esto indica que el 98% del total de metano producido por rumiantes puede ser espirado a través de la boca y los orificios nasales. Mc Caughey, et al., (1997).

La eliminación de metano vía eructo se inicia a las cuatro semanas de vida, cuando los alimentos sólidos empiezan a ser retenidos en el retículo- rumen y a medida de que este se va desarrollando la fermentación y la producción de gases va en aumento (Carmona et al, 2005).

La emisión de metano, producto de la fermentación ruminal depende principal mente de la cantidad y calidad de alimento que afecta la tasa de digestión y la velocidad de paso en el proceso de fermentación (Van Soest, 1982).

La metanogénesis cuenta aproximadamente como el 90% de la emisión de metano originado por rumiantes (Murray et al, 1976).

La dependencia de pH de las bacterias metanógenas, aporta un factor importante para la predicción de la producción de metano. Dietas con forrajes (fibra) de baja calidad no causan una significativa disminución en el pH ruminal y están asociadas a una alta producción de metano. Mientras que dietas con altos contenidos de alimentos concentrados, generalmente disminuyen la producción de metano, pero sólo si el consumo es lo suficientemente alto para causar una reducción en el pH ruminal. Moss *et al.*, (2000) indican, que en dietas basadas en forrajes, pero con bajo pH, si disminuye la metanogenesis, independiente de la formación de Propionato.

De forma similar Van Keulen y Russell (1977), señalan tres aspectos:

- 1) las bacterias metanógenas son sensibles a pH bajos,
- 2) la disminución en la relación acetato - Propionato dependiente del pH es posiblemente causada por una inhibición de la metanogénesis,

3) la inhibición de la metanogénesis es causada por la toxicidad de los ácidos de la fermentación que se produce a un pH bajo.

El metano es producido por microorganismos del rumen durante la fermentación anaeróbica de carbohidratos solubles y estructurales principalmente, siendo estos últimos preponderantes en dietas basadas en forrajes.

El metano es producido por las bacterias metanógenas *archaea*, un grupo microbial filogenéticamente distinto de las eubacterias (verdaderas bacterias). Moss *et al.*, (2000) señalan que unas y otras divergen en algunos aspectos, entre los que resaltan que las *Archaea* no tienen polímeros de peptidoglicanos en su pared celular y los lípidos intracelulares son diferentes en composición.

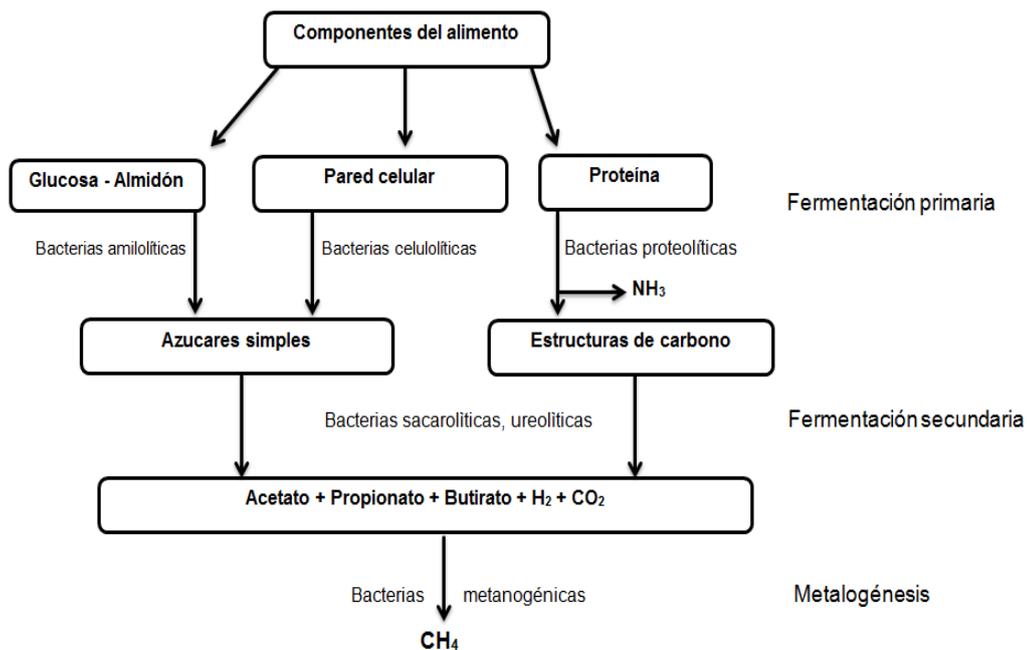


Figura 1: Componentes de los alimentos y la obtención de metano ( $\text{CH}_4$ )

Fuente: Vlaming (2008).

#### 2.2.5.6 METANO ENTÉRICO

El metano entérico (por fermentación en el tubo digestivo) es el gas digestivo más abundante que eliminan los animales rumiantes, como producto del trabajo bioquímico de un grupo de microorganismos del dominio Archaea que viven en el rumen, con predominio

del género *methanobrevibacter*, un grupo anaerobio estricto, capaz de crecer utilizando H<sub>2</sub> como fuente de energía y electrones que derivan del H<sub>2</sub> para reducir CO<sub>2</sub> a CH<sub>4</sub> (Janssen y Kirs, 2008). En el rumen, la formación de metano es la principal forma de eliminación de hidrógeno (Moss *et al.*, 2000). La metanogénesis es el paso final de la descomposición de la biomasa. Los archaea son un grupo filogenético distinto a los eucariotas y bacterias, a pesar de vivir en estrecha asociación con bacterias anaeróbicas (Hook *et al.*, 2010; Min *et al.*, 2014). Las archaeas metanógenas no utilizan oxígeno para respirar (el oxígeno inhibe su crecimiento), carbono usa como aceptor final de electrones. El carbono puede derivar de un pequeño número de compuestos orgánicos, todos con bajo peso molecular. En términos fisiológicos, hay tres rutas de metanogénesis: (1) a partir de la reducción de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) con hidrógeno (H<sub>2</sub>) (ruta hidrogenotrófica), (2) a partir de compuestos metilados tales como el metanol y aminas metiladas (ruta metilotrófica), y (3) a partir de la escisión del acetato (ruta acetoclástica) (Thauer *et al.*, 2008).

La metanogénesis se puede ver afectada por numerosos factores como el Ph, la concentración de ácidos grasos volátiles en el rumen, el tipo de dieta, la forma de alimentación del animal, la especie animal o el estrés ambiental (Johnson y Johnson, 1995). El Ph ruminal es uno de los principales factores que puede afectar la conformación de la población microbiana y los niveles de ácidos grasos producidos en el rumen. En el rumen hay dos grupos grandes de bacterias que actúan en diferentes niveles de Ph. El de digestoras de fibra, las cuales son más activas a Ph de 6,2 a 6,8. Las bacterias celulolíticas y metanogénicas pueden verse reducidas cuando el Ph comienza a caer por debajo de 6. Por su parte, el grupo de los digestores de almidón prefieren un ambiente más ácido a pH de 5,2 a 6 (Ishler *et al.*, 1994).

El pH más bajo se registra 1 hora después de la alimentación (Richter *et al.*, 2010). En rumiantes, un 90% de la emisión de metano ocurre en el tracto anterior, con la tasa más

alta de producción después de la alimentación (kebreab et al., 2006). El 90% del metano producido en el tracto posterior es absorbido y espirado a través de los pulmones, mientras que el 10% restante se excreta a través del recto (Murray *et al.*, 1976). La pérdida rectal de metano es de 7% en vacas (Grainger et al., 2007) comparado al 1% en ovinos (Murray et al., 1976).

#### 2.2.5.7 RETENCIÓN DE LOS ALIMENTOS

El tiempo de retención del alimento en el estómago de los CSA es mayor que en ovinos y bovinos (Héller et al., 1986), (cuadro 1) en un estudio realizado por Flórez (1998) se encontró que las alpacas presentan un mayor tiempo de retención del alimento (50,3 h) y los ovinos (43,2 h), así mismo San Martín (2014), en un estudio que realizó encontró que hay un mayor tiempo de retención en llamas (62,3 h) que en ovinos (40,9 h). además Clemens (2006), en un estudio comparativo entre 10 especies de mamíferos, encontraron que las llamas retienen partículas grandes por mayor tiempo que el vacuno y equino también mencionan que el tiempo de retención en el estómago está directamente relacionado con la densidad de las partículas alimenticias, más que con su tamaño, con referencia a esto el tiempo de retención en llamas para partículas de 0.2 y 1.0 cm es de 52 hrs, mientras que para partículas de 2.5 y 4.0 cm es de 60 hrs. (Héller *et al.*, 1986)

*Tabla 1. Comparación del tiempo de retención de partículas de alimento en el Estómago de llamas y ovinos*

<b>Parámetros</b>	<b>Llama</b>	<b>Oveja</b>
Rumen-retículo(%h)	3,50	4,60
Ciego-colon(%h)	9,30	17,30
Tiempo de tránsito(h)	18,90	12,00
Tiempo de retención	62,30	40,90

*Fuente San Martin, 2014*

En el pasaje de líquidos entre los compartimientos C1 y C2 en los CSA comparadas con las ovejas, San Martin (2014), encontró una tasa de pasaje más rápida en llamas (10,4 %/h) que en ovinos (7,7%/h). Lo que corrobora los estudios realizados por Clemens et al., (2006).

La más rápida tasa de pasaje de la fase líquida de los CSA comparada con los rumiantes avanzados, puede ser producto de la alta relación entre el flujo salival y el tamaño del C1 y C2 (San Martin, 2014).

## **2.2.6 FACTORES QUE AFECTAN LA EMISION DE METANO**

### **2.2.6.1 FACTOR DIETA**

La cantidad y calidad del alimento consumido, el tipo de glúcidos en la dieta, el grado de procesamiento del alimento, la adición de lípidos o ionóforos a la dieta y las alteraciones en la microflora ruminal, son los factores que influyen la producción de metano. Los dos principales factores responsables de las variaciones en la producción de metano son la cantidad de glúcidos fermentados en el rumen, lo cual implica diversas interacciones dieta-animal, que afectan el balance entre las tasas de fermentación de estos glúcidos y la tasa de pasaje (Johnson y Johnson, 1995). La calidad del forraje tiene un impacto directo sobre las emisiones entéricas de metano, así se ha comprobado tanto en modelos *in vitro* como en modelos *in vivo* (Boadi *et al.*, 2002; Ominski y Wittenberg, 2004). Las dietas altas en granos (más de 90% de concentrado), en niveles de consumo próximos al ad libitum pueden reducir las pérdidas de metano en 2-3%. Según algunos autores, los rumiantes que consumen dietas ricas en almidón producen mayor cantidad de Propionato, menor relación de acetato y Propionato, y menor emisión de metano. Johnson y Johnson (1995).

#### 2.2.6.2 FACTOR AMBIENTE

La emisión de metano por unidad de materia seca digerida es mayor para los rumiantes alimentados con pastos subtropicales (C4) que con pastos de climas templados (C3), lo cual se atribuye al mayor contenido de lignocelulosa de los pastos C4 (Ulyatt *et al.*, 2002).

En conclusión, las emisiones de metano entérico son las más altas cuando los animales son sometidos a forrajes de baja calidad y con limitadas oportunidades para la selección, es decir, forraje escaso y de pobre calidad (Ominski y Wittenberg, 2004).

#### 2.2.6.3 FACTOR PRODUCCIÓN

Algunos autores indican que el sistema de producción, así como la raza animal juegan un papel importante en las emisiones de metano entérico (Pedreira *et al.*, 2009).

#### 2.2.6.4 FACTOR FISIOLÓGICO

A menor digestibilidad o la mayor retención ruminal incrementa la producción de metano por unidad digerida; y de manera inversa, la mayor tasa de pasaje ruminal disminuye la producción de metano (McAllister *et al.*, 1996).

En general, los factores que se asocian con un aumento en la tasa de pasaje son los alimentos en el rumen asociados a su vez con una disminución en la cantidad de CH<sub>4</sub> formado por unidad de alimento digerido, también están asociados con un aumento en la proporción de Propionato de entre los productos de fermentación en el rumen. Hay una fuerte correlación negativa entre la importancia de la formación de Propionato en el rumen y la cantidad de CH<sub>4</sub> producido (Janssen, 2010).

#### 2.2.6.5 FACTOR GENÉTICO

La selección genética de animales que consumen menos alimento o producen menos metano por unidad de alimento es otra estrategia de manejo que se puede emplear para reducir las emisiones de metano entérico (Boadi *et al.*, 2002). Dos aspectos que están siendo activamente investigados como medio para identificar los animales genéticamente

superiores son la eficiencia alimenticia neta y el tiempo medio de retención de la ingesta en el rumen (Hegarty, 2002).

## 2.2.7 TÉCNICAS DE MEDICIÓN DE METANO

Las técnicas analíticas para la determinación del CH<sub>4</sub> comprenden:

Espectroscopia, infrarroja, cromatografía de gases, espectroscopia de masa y técnicas de diodo laser (Jhonson y Jhonson, 1995). Es importante comprender las ventajas y desventajas de los diferentes métodos en uso. Los métodos mejor sabidos son las cámaras de respiración, la técnica del SF<sub>6</sub>, CO<sub>2</sub> y la estimación in vitro.

### 2.2.7.1 MÉTODOS DE MEDICIÓN DE METANO MEDIANTE LA TÉCNICA DEL HEXAFLUORURO DE AZUFRE (SF<sub>6</sub>)

Este método es relativamente nuevo y fue descrito por primera vez en 1993-1994 (Johnson *et al.*, 1994; Zimmerman. 1993). El principal propósito de este método fue para investigar la eficacia energética en ganado al pastoreo (Zimmerman, 1993), a causa de esto los resultados obtenidos en las cámaras de respiración no pueden ser aplicadas en ganado al pastoreo (Johnson *et al.*, 1994; Okelly, 1992), esta es una de las ventajas de esta técnica (Pinares Patiño *et al* 2007).

Sin embargo algunos investigadores han cuestionado si existen diferencias en los valores obtenidos en pastoreo, para lo cual han realizado comparaciones entre ambas técnicas (Pinares Patiño *et al*, 2011 Johnson johnson1995; Johnson *et al.*, 1994).

El método de hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>) es usada ampliamente en nueva Zelanda (Lassey *et al.*, 2011 y 1997; Vlaming *et al*,2007,2008; Ramírez Restrepo *et al.*,2010; Pinares Patiño *et al.*, 2011), Canadá (Mc Ginn *et al.*, 2009; Mc Caughey *et al.*,1997), Australia (Grainger *et al.*, 2010;Goopy y Hegarty,2004), Brasil (Pedreira *et al.*, 2009), Francia (Pinares Patiño *et al.*, 2007;Morgavi *et al.*,2008),Irlanda (Wims *et al.*, 2010) y estados unidos (Johnson *et al.*, 1994; Tekippe *et al.*, 2011) y también países del norte de Europa como Suecia y noruega emplean este método.

La idea básica detrás del método es que la emisión de metano puede ser medida si la tasa de liberación del gas trazador del rumen es conocida. Para este propósito un gas no tóxico, (Lester y Greenberg, 1950; Johnson et al., 1992) fisiológicamente inerte y estable es requerido, además el gas debe ser mezclado con el aire del rumen de la misma forma como el metano, el SF<sub>6</sub> fue escogido porque desempeña todas las funciones mencionadas, es barato, tiene una baja limitación de detección y es simple de analizar (Primavest et al., 2004; Zimmerman, 1993) en la metodología descrita por (Johnson et al., 1994), es asumido que la emisión de SF<sub>6</sub> simula exactamente la emisión de metano CH<sub>4</sub> de esa manera, la tasa de dilución para SF<sub>6</sub> y CH<sub>4</sub> son idénticas, el transporte del gas del rumen fuera de la boca es dominada por concentraciones energéticas y eructo así que la difusión molecular es un componente irrelevante en el proceso de emisión. La tasa de emisión de metano puede ser luego calculada a partir de las concentraciones medidas de CH<sub>4</sub> y SF<sub>6</sub> y tasa liberada de SF<sub>6</sub>.

Formula empírica para el cálculo de metano

$$Q_{CH_4} = Q_{SF_6} \times \left[ \frac{CH_4}{SF_6} \right]$$

Dónde:

$Q_{CH_4}$  = capsula de metano.

$Q_{SF_6}$  = capsula de SF<sub>6</sub>.

CH<sub>4</sub> = gas de metano.

SF<sub>6</sub> = hexafluoruro de azufre (gas trazador).

**a) Capsula emisora de SF<sub>6</sub>:** el SF<sub>6</sub> líquido es llenado en pequeños tubos de acero inoxidable y sellado con una tuerca de ¼ que contiene un disco permeable de teflón. Los tubos de permeación recientemente preparados son ubicados en un baño de temperatura a 39°C y pesado rutinariamente hasta una tasa de pérdida exacta determinada (500-1000ng

de SF<sub>6</sub>/min), estos dispositivos son colocados en el rumen del animal con un disparador de bolos (Johnson et al., 1994).

**b) Aparato de muestreo:** el aparato de muestreo consiste de un contenedor de colección de acero inoxidable de 1L y un tubo capilar extendido desde el recipiente de colección a justo por encima de la boca y fosas nasales del animal. El recipiente es sujetado a un collar alrededor del cuello; el tubo de acero inoxidable con un diámetro interno de 0,005 sirve como una línea transmisora. Antes de tomar las muestras se genera vacío en el tubo de colecciones menores a 200um. Para iniciar la colección de muestras, el recipiente colector es sujeto al collar y conectado a la línea transmisora, y una válvula en el recipiente de colección es abierta. El recipiente vaciado fue llenado a una tasa constante hasta que este alcance cerca de 0.5atm, y cuando el tiempo de colección es finalizado la válvula del recipiente es cerrada. El tiempo de muestreo es controlado por el largo de la línea capilar para proteger del taponamiento. Antes de analizar el metano y SF<sub>6</sub>, el recipiente debe ser presurizado a 1.5atm aproximadamente con nitrógeno.

A través de los años por facilidades de manejo y costo el aparato de muestreo ha tenido algunas adaptaciones a partir del modelo propuesto por (Johnson 1994); se vienen probando diferentes diseños en términos de materiales como es el PVC y acero inoxidable con diferentes formas (tanques “U”, tanques en V, cilíndrico y tubos) con capacidades o volúmenes que van desde 0.5 a 2.5 lt. Los cuales han sido utilizados por la mayoría de investigadores (Lasseby et al., 1997; Lovett et al., 2003; McGinn et al., 2006, Grainger et al., 2007) e instituciones en diferentes partes del mundo, han modificado sus recipientes según la especie animal y forma de utilización, material empleado y tiempo de colección.

Otra modificación de gran interés de la técnica del SF<sub>6</sub> es el empleo del capilar diferente, en la técnica original ya descrita, se usa un capilar de acero inoxidable en donde la restricción está dada por la longitud y diámetro del capilar (Johnson et al., 2007) si el

muestreo es en periodos cortos 1hr si usa un capilar pequeño, pero si el periodo de muestreo es de 24 hrs este debe ser más largo 1mtr una modificación fue realizado por físico-químico ambiental de la universidad nacional del centro de la provincia de buenos aires UNICEN, la modificación propuesta radica en el uso de dispositivos ajustados por la comprensión de una bolilla de acero contra el borde de un orificio cilíndrico, al disminuir la tasa de ingreso de aire al recipiente, genero la posibilidad de extenderlos periodos de muestreos por varios días. Gere y Gratton 2010. También hicieron una modificación al capilar usado por Johnson et al., 1994, el capilar es corto y ajustado en uno de sus extremos para reducir la tasa de flujo recomendado por el AFBI (vacunos; 0.45-0.55 ml/ min;0.35-0.45ml/min) el capilar se introduce a un litro de humedad.



*Imagen 1.* Líneas capilares y filtros que retienen la humedad.

**c) Análisis de metano;** el aire del recipiente de colección se pasa a través de un circuito de muestreo adjunto a un cromatografía de gas (GC). El sistema del GC consiste en un circuito de muestreo una columna de 1/8 de diámetro interno x 4 pies, y un detector de ionización de flama, las corridas de los análisis se duplican o triplican con una reproductibilidad generalmente menor de 2%. La calibración del GC está basada en

estándares secundarios (1.83ppm de metano) para los chequeos de rutina. (Johnson et al., 2007)

**d) Análisis de SF<sub>6</sub>**; un cromatografo de gas de captura de electrones es empleado para este análisis, el sistema emplea un circuito de muestreo de gas de 1.0ml, una columna colador molecular,(1/8 diámetro interno x 6 pies), y un detector de laminilla de tritio, el GC tiene un bajo límite de detección de alrededor de 5pptv, la calibración del sistema para analizar el SF<sub>6</sub> es finalizado con un aserie de estándares de diferentes niveles de SF<sub>6</sub> es finalizado con una serie de estándares de diferentes niveles de SF<sub>6</sub> (rango de 29 a 3000 pptv SF<sub>6</sub>).

La técnica tiene la ventaja de que pueda usarse en condiciones normales de pastoreo y se puede obtener información individual de los animales, lo cual permite efectuar diversos tipos de comparaciones; es una buena herramienta para países cuyas emisiones de metano deriven principal mente del ganado en pastoreo, ya que se pueden obtener estimados precisos de las emisiones y desarrollar así opciones apropiadas de mitigación (Ulyatt et al., 1999, sin embargo las técnicas con gases trazadores están asociadas a mayor variación que las técnicas calorimétricas estandarizadas (Pinares, Patiño *et al.*,2008).

### **2.2.8 ALIMENTACIÓN DE LAS LLAMAS**

La ingestión de los pastos naturales en los CSA es selectiva, se ha observado que las llamas prefieren los pastos más toscos, macollados y de porte alto, los mismos que general mente son de baja calidad, expresando una mayor ventaja de subsistencia; mientras tanto, las alpacas se comportan más selectivas aunque menos que los ovinos (San Martin 1991).

A diferencia de las alpacas que ingieren una alta proporción de hojas especial mente en terrenos húmedos, las llamas prefieren terrenos más secos donde hacen una selección de gramíneas altas y fibrosas. Además realizan una masticación superficial, suficiente solo para mesclar el alimento con la saliva para formar un bolo que regurgitan y vuelven a masticar, como hacen los rumiantes, pero son mucho más eficientes que estos en la

extracción de proteína y energía de los forrajes de baja calidad (San Martín y Bryant, 1989).

San Martín (1994), en un estudio comparativo entre llama, alpacas y ovino al pastoreo, observo que la llama tiene una mayor preferencia por gramíneas altas y el ovino por gramíneas bajas, mientras que las alpacas tuvieron una alta selectividad, en ambas estaciones, por herbáceas. Así mismo, al estudiar la similaridad entre la composición botánica de las dietas seleccionadas y el forraje disponible, observo un mayor índice de similaridad en llamas, intermedia en alpacas y menor en ovinos. Este mayor índice en llama indica que esta especie es menos selectiva que la alpaca y ovino. Esto fundamenta que en un sistema de pastoreo complementario, llamas y ovinos ofrecen la mejor alternativa de utilizar eficiente mente el recurso forrajero.

El consumo de materia seca en alpacas y llamas es de aproximadamente 1,8% y 2% del peso vivo respectiva mente, menor que el de la oveja (aprox. 2,5%) (San Martín y Van Saun, 2014), por otra parte el consumo promedio de materia orgánica por kg de peso metabólico en llamas es de 53g. Es decir que el consumo diario de los CSA es menor que del ovino. Este menor consumo de alimento por llamas es el resultado del mayor tamaño corporal y el relativo menor requerimiento de energía, además de la menor selectividad, el menor volumen del estómago por unidad de peso metabólico y el mayor tiempo de retención del alimento ingerido (San Martín, 1991).

Así mismo San Martín (1987) indica que el consumo de materia seca en los CSA, por unidad metabólica, bajo condiciones de pastoreo va desde 38 g a 67 g, dependiendo del tipo de pastura y de estación del año. La relativa menor capacidad selectiva de los CSA se ve reflejada en la selección de tallos (material fibroso), observado por San Martín (1987),

estos tallos son retenidos por un mayor tiempo en el estómago que las hojas, causando una reducción en el consumo.

## **CAPÍTULO III**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 UBICACIÓN**

El trabajo de investigación se realizó en el Centro Experimental “La Raya” cuya ubicación geográfica es: en el distrito de Marangani de la Provincia de Canchis, a 178 km de la ciudad del Cusco, se halla a 4 146 m.s.n.m.

Región : Cusco

Departamento : Cusco

Provincia : Canchis

Distrito : Marangani

#### **3.1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA**

Altitud: 4146 msnm

Latitud: 14°28'38.47”S

Longitud: 71°2'31.41” O

#### **Limites**

Norte : Marangani

Sur : Layo

Este : La Raya UNA-PUNO

Oeste : Comunidad Campesina de Occobamba.

#### **3.2 DURACIÓN DEL TRABAJO**

El presente trabajo tuvo una duración de 03 meses. Iniciando en el mes de Enero del 2016 y finalizando en marzo del mismo año, la fase de selección y adiestramiento se realizó en

Enero, periodo en el cual se tomaron los datos respectivos como: pesos, edad, asignación al área de pastoreo y adiestramiento de las llamas al equipo de colección. La fase de preparación de materiales se realizó en el mes de febrero donde se ensambló y probó las líneas capilares, mochilas, tanques, etc. La inserción de tubos de permeación se efectuó en el mes de febrero 10 días previos a la evaluación. La fase de evaluación se realizó en la época de lluvias en el mes de febrero y continuando con la fase de análisis de datos en el mes de marzo.

### **3.3. MATERIALES**

#### **3.3.1 MATERIALES DE CAMPO**

- Tubos de ensayo
- Recipientes de colección (yugos) de PVC
- Tubos de permeación de FS6
- Líneas capilares
- Filtros
- Tanques de Nitrógeno líquido
- Kit de SF6
- Gas nitrógeno (35 kg/tanque)
- Mochilas para adaptar los tanques y colección de muestras
- Jáquimas
- Cinta metálica
- Paquete de herramientas (alicate, tijeras, segaderas, desarmadores, etc)
- Bolsas de papel

### 3.3.2 MATERIAL BIOLÓGICO

El trabajo de investigación se realizó con 10 llamas machos debidamente identificados (aretados) y adiestrados, todos fueron machos con aproximadamente 3 años de edad como se muestra en la tabla N°2.

- Muestras de pastos naturales y cultivados
- Muestras de gases provenientes del rumen de las especies animales en mención

*Tabla 2:* Registro de las llamas evaluadas

<b>Arete</b>	<b>Numero</b>	<b>Color</b>	<b>Peso (Kg)</b>	<b>Fecha de nacimiento</b>	<b>Edad /años</b>	<b>Condición</b>
<b>L 1055</b>	1	D/C	97,50	12-Ene-13	3	saca
<b>L 1070</b>	2	D/C	91,00	13-Feb-13	3	saca
<b>L 1058</b>	3	D/C	91,00	25-Ene-13	3	saca
<b>L 1072</b>	4	D/C	95,00	04-Feb-13	3	saca
<b>L 1001</b>	5	D/C	92,50	08-Marzo-13	3	saca
<b>S/N(50)</b>	6	D/C	86,00	-	3	saca
<b>L 1023</b>	7	D/C	93,00	21-Dic-12	3	saca
<b>L 1062</b>	8	D/C	78,00	12-Feb-13	3	saca
<b>L 1098</b>	9	D/C	81,00	08-Marzo-13	3	saca
<b>L 1037</b>	10	D/C	91,50	21-Dic-12	3	saca

Fuente: Elaboración propia

Nota: D/C: Llamas de color

### **3.3.3 EQUIPOS DE LABORATORIO**

- Destilador y des ionizador
- Estufa de secado
- Horno Mufla
- Autoclave
- Centrífuga
- Cromatógrafo de gases equipado con detector de captura de electrones e ionización de flama (Perkin Elmer modelo Clarus 680)
- Congeladora - 20°C
- Balanza electrónica de precisión de 0,001 g
- Balanza digital de precisión 5kg/1 g
- Balanza digital de plataforma para campo (1000 kg)
- Bomba de vacío
- GPS
- Flujómetro

### **3.4. METODOLOGÍA**

El trabajo consistió en realizar las mediciones de las emisiones de metano (CH<sub>4</sub>) durante el día y la noche en llamas al pastoreo en praderas nativas. Se tomó el método del gas trazador con el SF<sub>6</sub> de (Jhonson *et al.*, 1994), donde se trabajó en dos etapas: pre-experimental y experimental.

### 3.4.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACION:

En el trabajo realizado se utilizó el diseño experimental DCA anidado

### 3.4.2. ETAPA PRE-EXPERIMENTAL

#### 3.4.2.1. SELECCIÓN DEL LUGAR DEL EXPERIMENTO

Se tuvo como lugar de experimento el centro experimental CICAS- La Raya, con un pastizal con predominancia de *Festuca rigida* y *Calamagrostis amoena*, por la adaptación que tienen las llamas a estos pastos, el área designado fue de 9,16 ha a 4000 m.s.n.m.

#### 3.4.2.2. SELECCIÓN DE ANIMALES

Las llamas utilizadas en el experimento fueron seleccionados según la edad y peso promedio, se usaron 10 llamas de los cuales, 8 llamas fueron para el muestreo directo de gases y 2 para el muestreo de ambiente.

Tabla 3: Registro de llamas evaluadas y su utilización

N° de arete	Código de trabajo	Utilización
L1058	1	Muestreo con marcador
L 1072	2	Muestreo con marcador
L1070	3	Muestreo con marcador
L1091	4	Muestreo con marcador
L1055	5	Muestreo con marcador
S/N	6	Muestreo con marcador
L1062	7	Muestreo con marcador
L1023	8	Muestreo con marcador
L1098	9	Muestreo ambiente
L1037	10	Muestreo ambiente

Fuente: elaboración propia.

Nota:S/N: llama sin numero

#### 3.4.2.3. TANQUES PARA LA COLECCIÓN DE METANO

- El Tanque de muestreo consistió en un recipiente de PVC similar a un cilindro que sirvió para almacenar el gas metano y puestas en mochilas colectoras a su

vez estos fueron atados en el lomo de las llamas. El tanque es un tubo de PVC de 3'' (7.62 cm) de diámetro y 30 cm de longitud conteniendo un volumen de 1.5 L con dos Tapas de PVC para los extremos. Se utilizaron 40 tanques para la colección.



*Imagen 2 . Tanques de colección y sus respectivas líneas capilares.*

- El tanque se sometió a 600 mbar de presión negativa (con ayuda de una bomba de vacío que está conectada al loop) y se conectó con la línea capilar donde fue evaluado durante 24h, luego a las 48, y 72 h (3 días), para el estudio se utilizó los tanques que conservaron un promedio del 60% como mínimo de presión negativa.



*Imagen 3. Llamas con sus respectivas mochilas, tanques y líneas capilares.*

#### **3.4.2.4. DESCRIPCIÓN DE LA LÍNEA CAPILAR**

El capilar es un tubo de acero inoxidable de 3 cm de longitud, con flujo regulado de acuerdo a las condiciones de trabajo en el CICAS – La Raya. Se considera que los capilares deben tener una longitud de 3cm de largo (Imagen 4), empleando un flujometro y un regulador de flujo (crimpeador), se regula el flujo permitiendo un paso de 0.650 a 0.750 ml/min.



*Imagen 4. Capilar y la línea capilar.*

#### **3.4.2.5. ELAVORACION DE LA LINEA CAPILAR**

Para la elaboración de las líneas capilares se comenzó por realizar uniones entre el conector macho con la manguera de nylon transparente de 1/8”, ayudados con ferules también de 1/8” para un mejor ajuste, en el otro extremo de la manguera se colocó el capilar calibrado y el filtro de humedad y para terminar la elaboración de la línea capilar se usó un conector “Y” de plástico y se cubrió con cinta metálica (cinta adhesiva) (Imagen 10) pudiendo ser esta antes o después. La evaluación de la línea capilar es mediante un tanque vaciado ya probado, teniendo en cuenta que el flujo de la línea capilar depende del capilar calibrado. Por lo que los tanques debían tener una pérdida de entre el 40 y 60% siendo más aceptables los que tuvieron el promedio 50% de pérdida de la presión inicial.

La línea capilar se construyó a partir de una manguera de nylon de 1/8” de diámetro (proveniente del instituto AgResearch-Nueva Zelanda). La línea capilar tiene en uno de sus extremos al capilar ya calibrado inserto dentro de un filtro de humedad unido a un conector “Y” de plástico. En el otro extremo de la manguera se colocó un conector swagelok (conector macho), el cual se unió con el tanque.



*Imagen 5. Tanques y sus líneas capilares en evaluación.*

Este proceso de calibración de la línea capilar y capilar fue durante 5 días. Siendo el tiempo total de preparación y evaluación 30 días.

#### **3.4.2.6. ADIESTRAMIENTO DE ANIMALES**

El adiestramiento de los animales consistió en la selección de 10 llamas machos de una edad promedio de 3 años haciendo de que el lote sea homogéneo con una duración de 3 semanas.

- Primero se les colocó una mochila de tela en el lomo, esta actividad fue evaluado por una semana.



*Imagen 6. Adaptación de las llamas en el uso de las mochilas colectoras.*

- Después de la adaptación de las mochilas, se prosiguió con la adaptación de los tanques, puesto que se usaron tubo de PVC del tamaño de los tanques colectores simulando el peso y tamaño de los tanques colectores, juntamente con las jaquimas y las líneas capilares, este proceso tuvo una duración de una semana.



*Imagen 7. Llamas usando los implementos de colección de metano.*

### 3.4.2.7. APLICACIÓN DE LOS TUBOS DE PERMEACIÓN

Los tubos de permeación ya calibrados fueron puestos en las 8 llamas. la calibración se realizó en el laboratorio de la Ciencia de la Producción Animal y Cambio Climático y, luego fueron trasladados al lugar de experimentación CICAS –La Raya. Donde se prosedió con la inserción de estos tubos de permeación en el C1 de las llamas con la ayuda de un aplicador de bolos, este trabajo se realizó durante la mañana, una semana antes de iniciar con el experimento, después de la aplicación de los bolos las llamas estuvieron en observación por 24 hrs, tiempo necesario para ver si los bolos podrían ser expulsados por el proceso de regurgitación.

*Tabla 4: Características de los tubos de permeación*

<b>Cód. animal</b>	<b>COD. Tb SF6</b>	<b>Carga inicio (mg)</b>	<b>Tasa de permeación(mg/día)</b>	<b>r2</b>
L 1058	Z 87	543,9	0,577	0,99964
L 1072	Z 08	522,0	0,564	0,99972
L 1070	Z 70	543,6	0,583	0,99985
L 1091	Z 94	626,2	0,650	0,99980
L 1055	Z 09	610,0	0,592	0,99973
S/N	Z 85	613,7	0,540	0,99976
L 1062	Z 92	503,3	0,595	0,99965
L 1023	Z 76	555,7	0,557	0,99963

Fuente: elaboración propia

Nota: s/n llama sin número

### 3.4.3. ETAPA EXPERIMENTAL

#### 3.4.3.1. MUESTREO DE GASES

Los gases colectados del rumen de las llamas fueron almacenados en los tanques de colección por 12 horas y luego presurizados con nitrógeno a 450 mbar.

Y posteriormente transportados al laboratorio de Cambio Climático y Producción Animal ubicado en el Centro Agronómico k'ayra.

El periodo de muestreo de gases fue realizado en dos turnos de día y de noche teniendo como periodo de muestreo 6 días, comenzando el 13 al 19 de febrero del 2016.

*Tabla 5: Modelo de registro utilizado para la evaluación Turno día*

Tanque	Vacío día-	Vacío inicio	Animal	Hora – inicio	Jáquima	Hora - final	Vacío final	Presión N2
	1							
	01/02/2016			02/02/2016			03/02/2016	
M1	599	518	L 1091	07:17: a.m.	1	06:11:00 p.m.	52	456
M2	598	526	L 1062	07:30:00 a.m.	2	06:01:00 p.m.	425	425
M3	597	525	L 1023	07:25:00 a.m.	5	06:15:00 p.m.	465	432
M4	599	528	L 1072	07:20:00 a.m.	4	06:07:00 p.m.	358	509
M6	597	526	L 1070	07:13:00 a.m.	6	06:19:00 p.m.	445	422
M7	596	520	L 1055	07:44:00 a.m.	7	06:26:00 p.m.	512	471
M8	601	528	S/N	07:40:00 a.m.	3	06:43:00 p.m.	1	486
M9	601	524	L 1058	07:51:00 a.m.	8	06:53:00 p.m.	457	405

*Fuente: Elaboración propia*

*Tabla 6: Modelo de registro para la evaluación turno noche*

Tanque	Vacío día-	Vacío inicio	Animal	Hora – inicio	Jáquima	Hora - final	Vacío final	Presión N2
	1							
	01/02/2016			02/02/2016			03/02/2016	
N01	597	522	L 1091	06:26:00 p.m.	7	07:15:00 a.m.	486	428
N02	600	525	L 1062	06:56:00 p.m.	8	06:55:00 a.m.	461	412
N04	599	523	L 1023	06:04:00 p.m.	2	06:06:00 a.m.	414	482
N05	599	524	L 1072	06:12:00 p.m.	1	06:24:00 a.m.	482	439
N06	597	522	L 1070	06:07:00 p.m.	4	06:15:00 a.m.	326	407
N07	597	522	L 1055	06:25:00 p.m.	6	06:52:00 a.m.	514	688
N08	600	525	S/N	06:16:00 p.m.	5	06:41:00 a.m.	456	460
OV27	594	520	L 1058	05:46:00 p.m.	3	06:32:00 a.m.	302	459

*Fuente: Elaboración propia*

Es un modelo de registro empleado para la colección de datos donde los valores de evaluación deben cumplirse de acuerdo al cronograma, donde cada una de estas etapas corresponde al proceso de evaluación del tanque que tiene un tiempo de duración de 2 días, el día 1 (01/02/2016) corresponde a la carga inicio de vacío 24 horas antes. Esto se realizó en el Laboratorio de Cambio Climático K'ayra.

Después de 24 horas transcurridas día 2 (02/02/2016), en la mañana se hizo una medida de presión donde se decidió si el tanque es utilizado o no; una vez colocados a los animales transcurridos las 12 horas (03/02/2016), se hace la recolección de los tanques y fue el mismo proceso realizado en el turno noche, teniendo cuidado con los tiempos y al final se midió la presión final para luego ser presurizado con nitrógeno, una vez realizado esto tienen que pasar 3 horas promedio para tener un adecuado mezclado de los gases internos con el nitrógeno, después de ser recolectados los tanques fueron trasladados al laboratorio donde fueron analizados en el Cromatografo de gases.



*Imagen 8. Llenado de los tanques con nitrógeno y su posterior traslado hacia el laboratorio de cambio climático y producción animal.*

#### 3.4.3.2. ANÁLISIS DEL CROMATÓGRAFO DE GASES

El laboratorio de Cambio Climático y Producción Animal cuenta con un cromatografo de gases marca Perkin Elmer, modelo clarus 680. El análisis del SF<sub>6</sub> y CH<sub>4</sub> es determinado en un periodo de 3 minutos por muestra.



*Imagen 9. Cromatógrafo de gases analizando los tanques colectados.*

### 3.4.3.3. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

La alimentación de las llamas fue a base de pasto natural, en el sector Planta Ccucho, con predominancia de los pastos de *Festuca rigida* – *Calamagrostis Amoena* al cual se hizo el cálculo de rendimiento y disponibilidad forrajera.

*Tabla 7: Rendimiento y disponibilidad forrajera del sector Planta Ccucho*

Tipo de pastizal	Rendimiento, kg/MS/Ha	Área, Ha
<i>Feri-Caam</i>	6390	9,1625

### 3.4.3.4. ANÁLISIS DEL ALIMENTO (PASTIZAL)

El análisis se realizó en el Laboratorio de Cambio Climático y Producción Animal K'ayra, en la que se determinó la energía bruta, materia seca, materia orgánica y proteína de las muestras.

### 3.4.3.5. CÁLCULO DEL CONSUMO DE ALIMENTO

Para el cálculo de consumo se utilizó la estimación propuesta por San Martin y Van Saun (2014). Donde señalan que la llama consume el 2% de su peso vivo y es en base a eso que se hizo el ajuste del consumo de materia seca.

#### 3.4.3.5.1. MATERIA SECA

Las muestras obtenidas del lugar de pastoreo se sometieron a distintos trabajos los cuales facilitaron el trabajo en su obtención de nutrientes, las muestras fueron picadas en trozos homogéneos para que puedan ser secados, teniendo en cuenta el peso húmedo y el peso seco para poder expresarlo en porcentajes (materia seca y húmeda)

#### 3.4.3.5.2. MATERIA ORGÁNICA

Después del secado de muestras se procedió a moler dos veces como mínimo y posteriormente se pesó en un crisol 1 gr. en promedio. Luego se colocó en una mufla con programación que alcance los 750 °C por 48 horas, pasado el tiempo se pesaron nuevamente dichas muestras para realizar el cálculo respectivo y almacenar las cenizas adecuadamente en un desecador.

#### 3.4.3.5.3. ENERGÍA BRUTA

Las muestras de pastos previamente peletizados con un peso promedio de 0,500 a 1,000gr fueron analizados por duplicado en una bomba calorimétrica (Pekin 600) durante 10 min; los resultados fueron expresados en Kcal/g.

#### 3.4.3.5.4. PROTEÍNA

Para este análisis se realizó el pesado de las muestras molidas en una porta muestra de papel aluminio en una ultra balanza, donde el peso promedio por muestra fue de 2.000 mg estas muestras fueron empacadas y analizadas en un analizador elemental (método de Dumas). Este análisis tuvo una duración de 3 minutos por muestra, del cual se obtuvo como resultado el porcentaje de nitrógeno con el que se determina el porcentaje de proteína con el factor 6,25.

#### 3.4.3.6. CALCULO DE METANO CH<sub>4</sub>

Para determinar la cantidad de metano emitido de día y de noche se utilizó el modelo de cálculo siguiente (INIA Remehue- Chile).

$$CH_4 \left( \frac{g}{dia} \right) = \frac{[CH_4 \text{ tanque} - CH_4 \text{ ambiente}]}{[SF_6 \text{ tanque} - SF_6 \text{ ambiente}]} * SF_6 TP$$

### 3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis de los resultados se hizo en base a la estadística descriptiva, se aplicó el diseño experimental de DCA anidado y prueba de significancia de Tukey al ( $p > 0.05$ ) (Cervantes 2007).

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_{j(i)} + E_{ijk}$$

Donde

$y_{ijk}$  = Variable respuesta (producción de metano)

$\mu$  = La media general de las emisiones de metano

$\alpha_i$  = El efecto del i-enésimo tratamiento (día y noche)

$\beta$  = Efecto del animal (llama)

$E_{ijk}$  = El efecto del error experimental.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 EMISIONES DE METANO DURANTE EL DÍA

##### 4.1.1. EMISIONES DE METANO DURANTE EL DÍA: EN GRAMOS DE METANO Y GRAMOS DE METANO POR PESO VIVO (g/CH<sub>4</sub> Y g/CH<sub>4</sub>/P.V).

La emisión de metano promedio emitido durante el día, expresado en gramos de metano por 12 horas fue de 22.40 g/día CH<sub>4</sub>, con un mínimo y máximo de 11.82 y 29.78 g/CH<sub>4</sub>, con un coeficiente de variación 19.35 g/CH<sub>4</sub> y con un error estándar 0.1090 a la prueba de Tukey al 0.05% no es significativo. La emisión de metano expresado en gramos de metano por peso vivo fue de 0,20 g/CH<sub>4</sub> con datos mínimos y máximos 0.13 y 0.25 g/día CH<sub>4</sub>, con una desviación estándar de 0.05, y con un error estándar 0.7447 a la prueba de Tukey al 0.05% no es significativo.

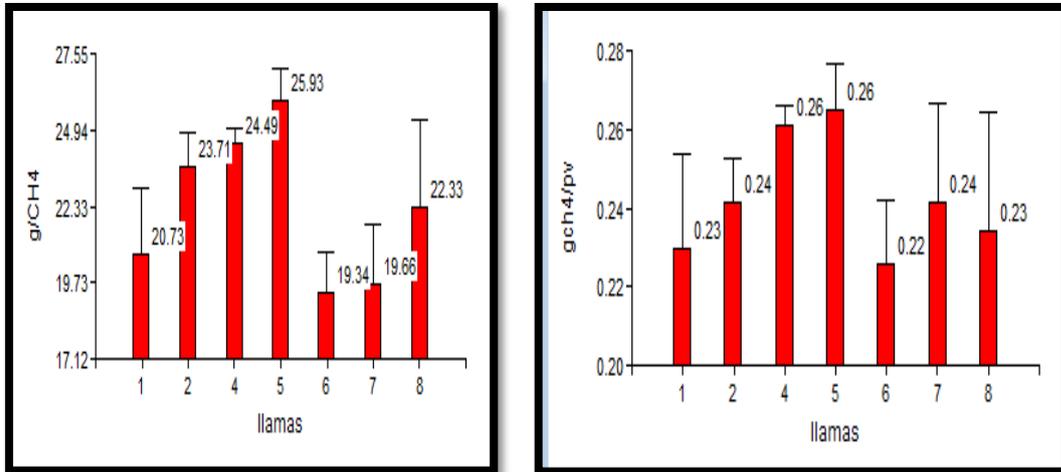
Tabla 8: Análisis en la emisión de metano diurno expresado en g/CH<sub>4</sub>/12hrs y g CH<sub>4</sub>/PV/12hrs.

	N°	MEDIA	MÍN	MÁX	MODA	D.S	C.V	E.E
g/CH <sub>4</sub>	39	22.40	11.82	29.78	21.52	4.64	19.35	0.1090
g/ CH <sub>4</sub> /Kg /PV	39	0.242	0.13	0.31	0.25	0.05	19.68	0.7447

Fuente: Elaboración propia

Para el tratamiento diurno no existe significancia entre llamas y emisión de metano tanto para gramos de metano y gramos de metano por peso vivo.

Gráfico 1. Analisis de metano turno diurno en gramos de metano y gramos de metano por peso vivo por 12 horas por cada llama.



Como se observa en el gráfico 1 la llama número 5 con una media de 25.93 g/CH<sub>4</sub> fue el de mayor emisión y la llama numero 6 fue el de menor emisión con una media de 19.34 g/CH<sub>4</sub>, esto para ambas medidas expresado en; gramos de Metano por 12 horas y gramos de metano por peso vivo.

## 4.2. EMISIONES DE METANO DURANTE LA NOCHE

### 4.2.1. EMISIÓN DE METANO EMITIDO DURANTE LA NOCHE, EN GRAMOS DE METANO Y GRAMOS POR PESO VIVO (g/CH<sub>4</sub> Y g/CH<sub>4</sub>/P.V)

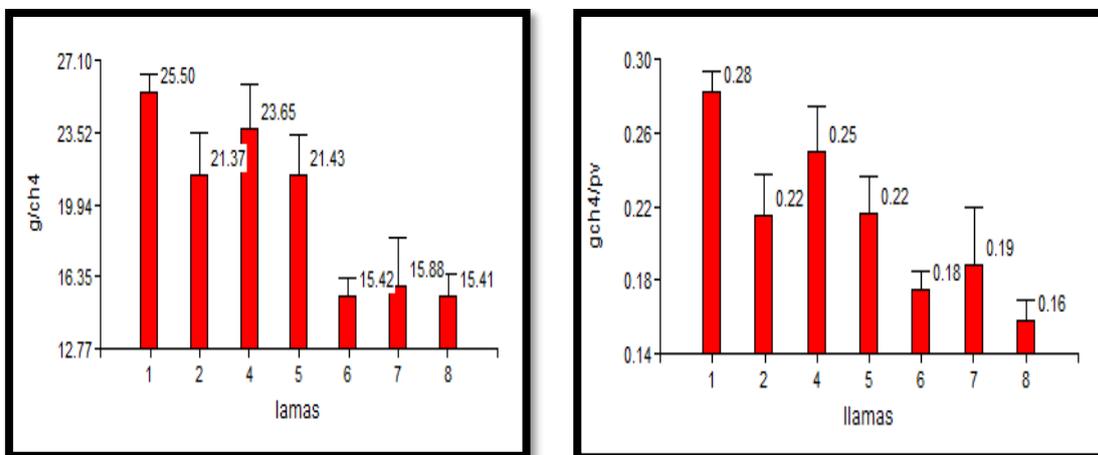
La emisión de metano durante la noche expresado en gramos de metano por 12 horas fue de 20,26 g/CH<sub>4</sub> con emisiones mayores y mínimos de 28.51 y 11.67 g/CH<sub>4</sub>, con un coeficiente de variación de 19.55g/CH<sub>4</sub> y un error estándar de 0.0007 y expresado en gramos de metano por kilogramos de peso vivo fue de 0,18 g/CH<sub>4</sub>/pv. Con datos mayores y mínimos de 0.31 y 0.13 g/CH<sub>4</sub>/pv, con una desviación estándar de 0.005, con un coeficiente de variación 19.41 y con un error estándar de 0.0015

Tabla 9. Emisiones de metano emitido durante la noche expresada en g/CH<sub>4</sub>/12 hrs y g CH<sub>4</sub>/kg PV/12hrs

	N°	MEDIA	MÍN	MÁX	MODA	D.E	C.V	E.E
g/CH <sub>4</sub>	35	20.26	11.67	28.51	21.1	5.32	19.55	0.0007
g CH <sub>4</sub> /kg PV	35	0.18	0.13	0.31	0.27	0.005	19.41	0.0015

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 2. Emisión de metano turno nocturno en gramos de metano y peso vivo por 12 horas por cada llama.



En el gráfico 2 la llama número 1 fue quien emitió mayor metano con una media de 0.28 g/CH<sub>4</sub> y la llama número 8 el de menor emisión con una media de 0.16g/CH<sub>4</sub>, para ambos casos en gramos de metano y gramos de metano por peso vivo en horas de la noche.

En la tabla 9 para el tratamiento nocturno existe significancia, en gramos de metano y kilogramos de metano por peso vivo.

### 4.3. VARIACIÓN DE METANO EN LAS EMISIONES DIURNAS Y NOCTURNAS

#### 4.3.1. EMISIÓN DE METANO DIURNO Y NOCTURNO EXPRESADO EN GRAMOS (G/CH<sub>4</sub>/12 HRS)

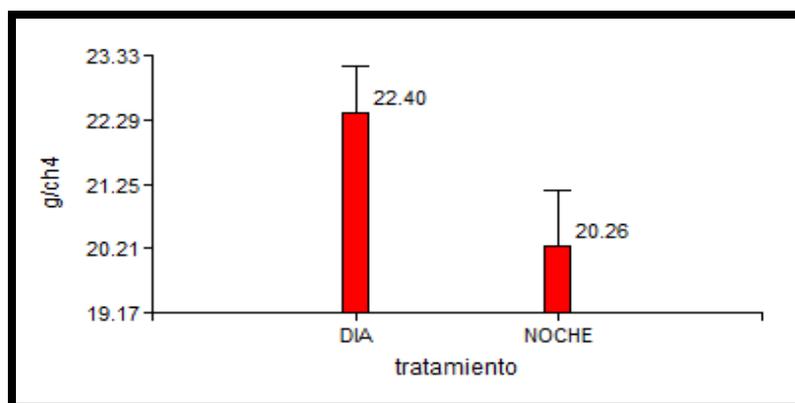
En la emisión de metano diurno y nocturno emitido por las llamas al pastoreo expresado en gramos de metano por 12 horas fue de 22,40 y 20,26 g/CH<sub>4</sub>/12 hrs, Al análisis de varianza (ANVA) no se encuentran diferencias significativas entre tratamientos ( $p < 0.05$ ) de error estándar, lo que implicaría que las emisiones son constantes durante el día y la noche.

Tabla 10: Comparación de las emisiones de metano diurnos y nocturnos en (CH<sub>4</sub> g/12hrs).

TRATAMIENTO	N°	MEDIA	MÍN	MÁX	MODA	D.E	C.V	E.E	P
Noche	35	20.26 <sub>a</sub>	11.67	28.51	21.1	5.32	19.55	1.79	0.0687
DÍA	39	22.40 <sub>a</sub>	11.82	29.78	21.52	4.64	19.35	1.83	

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

Gráfico 3. Comparación de emisiones de metano diurno y nocturno en gramos de metano.



Se observa en el gráfico N°3 la emisión de metano diurna expresado en gramos de metano por 12 horas; es mayor a la emisión nocturna y según a la prueba de Tukey al 0.05% de error estándar no se encuentran diferencias estadísticas significativas.

los estudios realizados por Pinares Patiño *et al.*, (2011) mediante el trazador del hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>) determino la emisión de metano con forrajes en alpacas y

ovejas realizando 3 experimentos, el primero con heno de alfalfa obteniendo 14.9 y 18.8 g/d/CH<sub>4</sub> , para alpacas y ovejas, segundo pastizales con trébol blanco obteniendo 26.6 y 31.1 g/d/CH<sub>4</sub> para alpacas y ovejas y el tercer experimento fue en pastos de Lotus 19.1 y 22.0 g/d/CH<sub>4</sub> para alpacas y ovejas respectivamente, así mismo Swainson 2007 reporto una emisión de metano de 18.3g/d en ovinos adultos (más de 1 año de edad) que fueron alimentados con ensilado. Las diferencias en los resultados podrían atribuirse a la especie animal, los diferentes tipos de dieta y diferentes metodologías empleadas.

Dittmann et al., (2014) en su investigación de las emisiones de metano entérico en camélidos de distintas especies (vicuña, llama y camello) alimentados con alfalfa en pellets, en Zürith-Suiza a 408 m.s.n.m, el promedio de las tres especies de emisión de metano fue de 20.1 l/kg. Con relación a los valores encontrados en el presente trabajo se deduce que la emisión de metano es influenciada por el nivel del piso ecológico, la presión atmosférica y el volumen de los gases puesto que el presente trabajo se realizó a más de 4000 m.s.n.m.

Ttito (2017) en su estudio en, efecto del uso de taninos condensados de castaño (97% de pureza), pasto natural + tanino fue de  $19,32 \pm 6,84$  g/d. El metano influye en el calentamiento global, debido a diversos factores como el tipo y niveles de consumo de alimento, tipo de carbohidratos, lípidos o ionóforos en la dieta, procesamiento del alimento y las alteraciones en la microflora ruminal. Determinando que la manipulación de estos factores, puede reducir o incrementar las emisiones de CH<sub>4</sub>.

Ruiz (2012) en su estudio en cabras lecheras en el interior de una cámara dinámica alimentadas con dos tipos de dietas T1 alimentadas con cebada rica en almidón (ALM) y T2 alimentadas con cebada rica en fibra detergente neutro (FND), reporta que la emisión de CH<sub>4</sub> varia por lo menos en un 192 % durante el día ( $2,27 \pm 0,48$  l/kg pm día) comparando con las emisiones de CH<sub>4</sub> durante la noche ( $1,16 \pm 0,34$  l/kg pm día).

Entonces la emisión de metano es incrementada o disminuida por el nivel proteico de los alimentos, el momento de colección de muestras y el método de colección.

*Tabla 11.* Comparación en las emisiones de metano diurno y nocturno por animal en g/CH<sub>4</sub>/12 hrs

Tratamiento	llama 1	llama 2	llama 4	llama 5	llama 6	llama 7	llama 8
Día	20.73	23.71	24.49	25.93	19.34	19.66	22.33
Noche	25.5	21.37	23.65	21.43	15.42	15.88	15.41
D/N	46.23	45.09	48.14	47.37	34.77	35.53	37.74

Fuente: elaboración propia

Fluctuación en las emisiones de metano durante el día y la noche por cada animal expresado en gramos de metano por 12 horas, el animal 5 fue quien emitió mayor metano con un media de 25,93 g/CH<sub>4</sub> y en el turno noche fue el animal 1 con 25,50 g/CH<sub>4</sub> y el animal 6 emitió menor metano en el turno día con una media de 19,34 g/CH<sub>4</sub> y en el turno noche fue el animal 8 con 15,41 g/CH<sub>4</sub>.

*Gráfico 4.* Variación en la emisión de metano por las llamas durante el día y la noche en g/CH<sub>4</sub>/12 horas

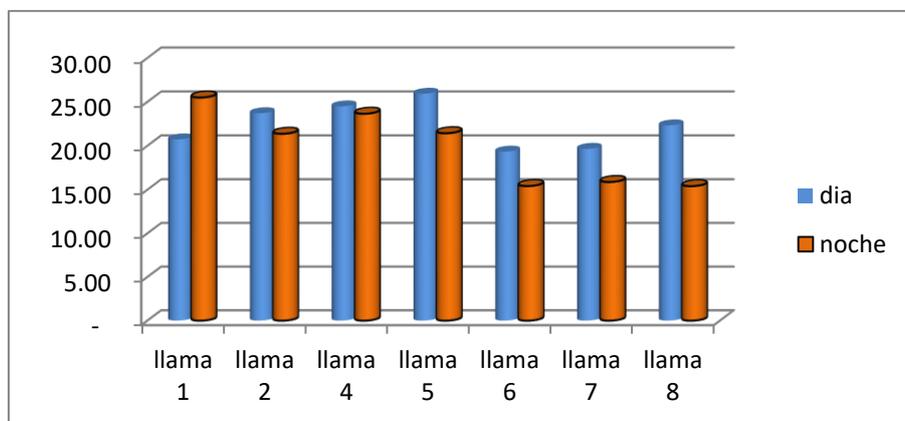


Gráfico 5. Emisión de metano por días en gramos de metano

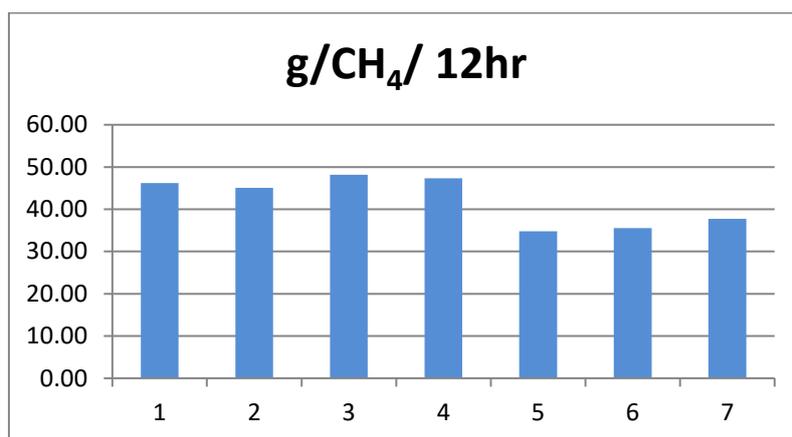
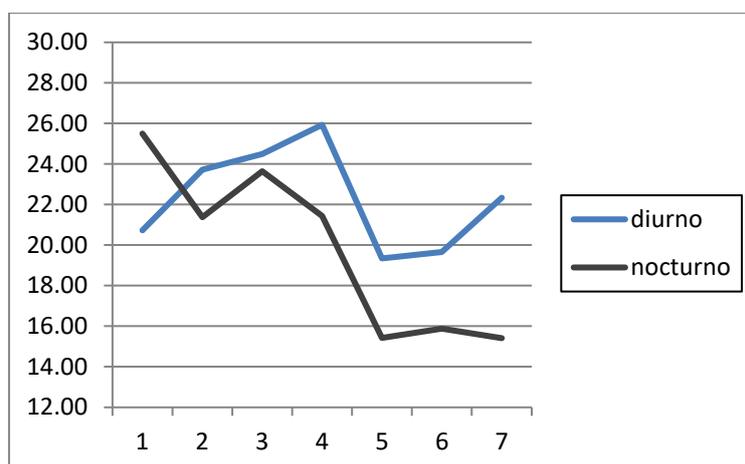


Gráfico 6. Variación de metano durante el día y la noche en gramos de metano (g/CH<sub>4</sub>).



#### 4.3.2. EMISIÓN DE METANO DIURNO Y NOCTURNO EXPRESADO EN GRAMOS DE METANO POR PESO VIVO (G/CH<sub>4</sub>/P.V)

En la emisión de metano diurno y nocturno emitido por las llamas al pastoreo expresado en gramos de metano por kilo gramos de peso vivo por 12 horas fue de 0,24 y 0,22 g CH<sub>4</sub>/kg PV/12hrs respectivamente y, al análisis de varianza (ANVA) es (p<0.05) lo que indicaría es que no se encuentran diferencias estadísticas significativas entre tratamientos diurno y nocturno.

Tabla 12: Comparación de datos de emisión de metano diurnos y nocturnos en g CH<sub>4</sub>/kg PV/12hrs

TRATAMIENTO	Nº	MEDIA	MÍN	MÁX	MODA	D.S	C.V	E.E	P
DIA	39	0.24 <sub>a</sub>	0.13	0.31	0.25	0.050	19.68	0.01	0.0048
Noche	35	0.22 <sub>a</sub>	0.13	0.31	0.27	0.005	19.41	0.01	

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

Gráfico 7: Variación de Metano durante el día y la noche expresado en gramos de Metano por peso vivo por 12 horas

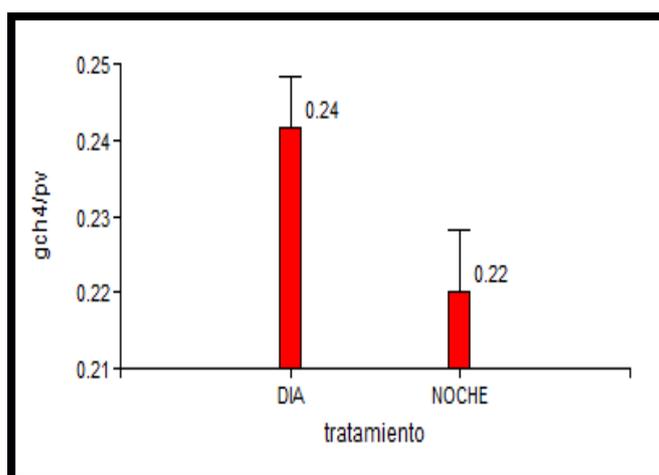


Tabla 13. Emisiones de metano de todos los animales según el peso vivo en gramos de metano por peso

Vivo de cada llama.

LLAMAS	PESO KG	MEDIA	E.E	SIGNIFICANCIA
6	86.00	0.20	0.02	A
8	78.00	0.21	0.02	A
7	93.00	0.22	0.02	A
2	91.00	0.23	0.02	A
5	92.50	0.24	0.01	A
4	95.00	0.25	0.01	A
1	97.50	0.26	0.01	A

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 8. Gráfico de dispersión entre peso vivo y emisión de metano en gramos por peso vivo de metano.

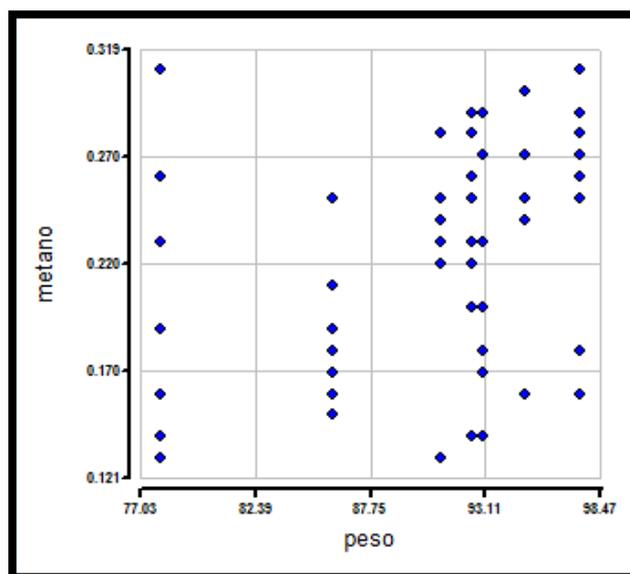
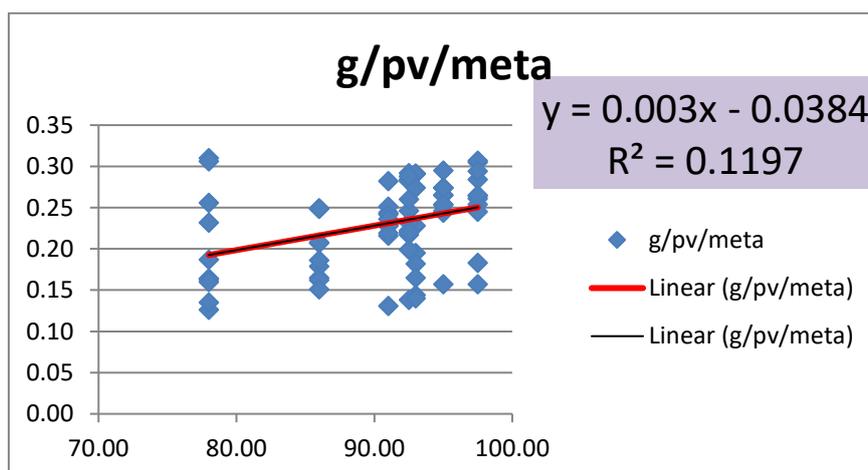


Gráfico 9. Regresión lineal entre el peso vivo y las emisiones de metano.



Según Johnson la cantidad y calidad del alimento consumido, el tipo de glúcidos en la dieta, el grado de procesamiento del alimento, son los factores que influyen en la emisión de metano.

En los valores obtenidos en esta investigación no se observa un efecto significativo ( $p > 0,05$ ), en los tratamientos día y noche, sobre los valores de emisión de metano, resultados similares han sido obtenidos en diferentes especies y por diferentes autores.

Machaca *et al.*, 2015 demostraron que el momento en el que realiza la medición de emisiones de metano no tiene influencia significativa. En la emisión de metano, Ruiz (2012) reporta que la emisión de metano varía en 192% durante el día comparando con las emisiones durante la noche lo cual no concuerda con nuestros resultados obtenidos.

Yuan Z. P. *et al.*, (2007) indica que la mayor emisión de metano durante el día puede estar asociado con la diferencia en la actividad animal durante el día y la digestión entre el día y la noche lo cual no concuerda con nuestros datos obtenidos que no existe diferencias en las emisiones diurnas y nocturnas.

La mayor producción de metano (19 g/h) ocurre después de la alimentación, mientras que la menor producción (8 g/h) ocurre justo antes de la alimentación en vacas lecheras alimentadas con raigrás fresco y grano de cebada (Grainger *et al.*, 2007).

#### **4.3.3 CANTIDAD DE METANO EMITIDO POR CONSUMO DE MATERIA SECA POR PESO VIVO (g/CH<sub>4</sub>/kg MS)**

La emisión de metano por consumo de kilogramo de materia orgánica fue de 12.39 y al análisis de varianza no se encuentran diferencias significativas.

*Tabla 14: Metano emitido por peso vivo (g/CH<sub>4</sub>/Kg MS)*

LLAMAS	MEDIA	E.E
7	10.57 <sub>a</sub>	1.03
1	10.63 <sub>a</sub>	1.13
6	11.25 <sub>a</sub>	1.13
4	12.89 <sub>a</sub>	1.03
2	13.03 <sub>a</sub>	1.13
5	14.02 <sub>a</sub>	1.03
8	14.31 <sub>a</sub>	1.03

*Fuente: Elaboración propia*

Respaldo con los datos de emisión de metano no es afectada por el consumo de materia seca por peso vivo del animal.

#### 4.4. RESULTADO GENERAL DEL VALOR NUTRICIONAL DE LAS MUESTRAS DE PASTOS

El valor nutricional que se obtuvo del pastizal contiene un promedio de 89.21 % de materia seca, 94.86 % para la materia orgánica, 6.13 % de proteína cruda y 4.23 Kcal/g de energía bruta.

Tabla 15: Valoración nutricional del pastizal

Pastos	Media	D.E.	Mín.	Máx.	Mediana
%MS	89,21	0,45	88,29	89,61	89,33
%MO	94,86	1,33	92,74	96,31	94,99
%PC	6,13	1,31	4,69	8,31	6,00
EB kcal/g	4,13	0,06	4,06	4,21	4,13

Fuente: Elaboración propia

El mayor contenido de MS se encontró en el *Calamagrostis amoena* con 89,61 %, el mayor contenido de MO se encontró en la *Festuca dolichophylla* con 96,31 %, para la PC se registró en la *Stipa mucronata* con 8,31 % y el mayor contenido de EB se registró en la *Stipa ichu* con 4,21 Kcal/g.

Tabla 16: Análisis nutricional de los pastos en base seca obtenidas en el área de pastoreo

ESPECIE	%MS	%MO	%PC	EB, kcal/g
<i>Festuca dolichophylla</i>	89,17	96,31	6,56	4,19
<i>Festuca rígenses</i>	89,59	95,99	5,38	4,09
<i>Festuca rigida</i>	89,33	93,91	6,00	4,06
<i>Stipa ichu</i>	88,29	95,97	7,13	4,21
<i>Stipa mucronata</i>	89,37	94,10	8,31	4,13
<i>Stipa obtusa</i>	89,14	94,99	4,81	4,16

Fuente: elaboración propia

%MS: porcentaje de materia seca

%MO: porcentaje de materia orgánica,

%PC: porcentaje de proteína cruda,

%EB: energía bruta.

#### 4.5. CONSUMO DE ALIMENTOS

El consumo de materia seca estimado en el presente trabajo fue de  $1,79 \pm 0,12$

Kg/MS/animal tabla 18. Llamas con peso promedio de  $89,65 \pm 6,5$  kg.

Tabla 17. Consumo de alimento (Kg /MS/animal/día).

<b>Arete</b>	<b>Peso (Kg)</b>	<b>Consumo Kg</b>
L 1055	97,50	1,95
L 1070	91,00	1,82
L 1058	91,00	1,82
L 1072	95,00	1,90
L 1001	92,50	1,85
S/N(50)	86,00	1,72
L 1023	93,00	1,86
L 1062	78,00	1,56
L 1098	81,00	1,62
L 1037	91,50	1,83
<b>PROMEDIO</b>	<b>89,65</b>	<b>1,79</b>

El mayor peso registrado fue de 97,50 Kg al que corresponde un consumo estimado de 1,95 Kg de MS. Y el menor peso registrado fue de 78,00 Kg cuyo consumo estimado fue de 1,56 Kg de MS.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. CONCLUSIONES.

De acuerdo a los objetivos planteados y los resultados obtenidos se arribó a las siguientes conclusiones.

- La emisión de metano de día en llamas al pastoreo en época de lluvias fue de:  $22.40 \pm 4.64$  g/12hrs, en la expresión de kilogramo por peso vivo fue de  $0.24 \pm 0.05$ .
- La emisión de metano de noche en llamas al pastoreo en época de lluvias fue de  $20.26 \pm 5.32$  g/12hrs y en la expresión de kilogramo por peso vivo fue de  $0.22 \pm 0.005$  g/kg PV/12hrs.
- La emisión de metano no es influenciada por el día y la noche.
- El contenido del valor nutricional del pastizal fue de 89,21 % de MS, 94,86 % de MO, 6,13 % de PC y 4,23 kcal/g de EB. El mayor contenido de MS fue en *calamagrostis amoena* con 89,61 %, el mayor contenido de MO se encontró en la *festuca dolichophyla* con 96,31 %, para la PC se registró en la *stipa mucronata* con 8,31 % y el mayor contenido de EB se registró en la *stipa ichu* con 4,21 kcal/g.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda seguir con el trabajo de investigación tomando otros métodos de muestreo puesto que aún no se tiene información suficiente en la emisión de metano en llamas en zonas altoandina del Perú.
- Se recomienda realizar investigaciones en diferentes pastizales
- Se sugiere realizar trabajos de investigación tomando en cuenta la edad, estado fisiológico, raza y sexo del animal.
- Se recomienda realizar estudios similares en época de sequias.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Amon, B., Amon, th., Boxberger, J. 2001. *Emissions of NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O and CH<sub>4</sub> from dairy cows housed in a farmyard manure tying stall (Housing, Manure Storage, Manure Spreading)*. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 60: pp. 103-113.
2. Boadi, D. A., & Wittenberg, K. M. 2002. *Methane production from dairy and beef heifers fed forages differing in nutrient density using the sulphur hexafluoride (SF<sub>6</sub>) tracer gas technique*. *Canadian Journal of Animal Science*, 82(2), 201-206.
3. Carmona J. C., Bolívar D. M., Giraldo L. A. 2005. *El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo*.
4. Cervantes, S., y Marques, D,S., (2007).*Diseño de Experimentos Curso Práctico*. *Univerdidad Nacional Autónoma de Mexico*.
5. Chaves, AV., He ML, Yang, WZ., Hristov, AN, and. McAllister, TA. (2008). *Effects of essential oils on proteolytic, deaminative and methanogenic activities of mixed ruminal bacteria*; 88(1): 117- 122.
6. Choquemamani, M. (2017). *Emisión entérico en llamas al pastoreo en pradera nativas a 4200 m.s.n.m.* (tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
7. Clemens, J., M. Trimborn, P. Weiland, and B. Amon. (2006). *Mitigation of greenhouse gas emissions by anaerobic digestion of cattle slurry*.
8. Dittmann, MT., Runge, U., Lang Ra, Moser D., Galeffi, C., Kreuzer, M., Clauss, M. (2014).*Methane Emission by Camelids*. 9(4),131-136

9. Engelhardt, W., Lechner-Doll, M., Heller, Schwartz, H.J., Ruagwenda, T., y schuktka,W. (1986 ).*Physiology of fore stomach of camelids with particular reference to adaptation to extreme dietary contions*. Zoologische Beitrage N. F. 30: 1-15
10. FAO, 2005: Situación Actual De Los Camélidos Sudamericanos En Perú.
11. FAO.2013. World Agriculture towards 2030/2050. Interim report. Global Perspective Studies Unit. FAO, Rome.
12. Fiore, A. M. (2014). *Sources and sinks of hydroxyl (OH) radicals*.*Nature*, 513:176-178.
13. Florez, A., y E. Malpartida. (1998). *Informe de investigación años 1970-1972 Programa de Forrajes*. Universidad Agraria La Molina Lima-Perú
14. García,M., Malpartida., Efraín, y Gómez, C. (2007).*Estimate of methane emissions enteric fermentation and manure management from livestock in Peru*.climatechange.html.
15. Gere, J. y Gratton, R. (2010). *Simple, low-cost controllers for time averaged atmospheric sampling and other applications*. *Latin Amer. Appl. Res.* 40, 377–381.
16. Ghosh, A., P. K. Patra, k., Ishijima, T., Umezawa, A., Ito, D. M., Etheridge, s., Sugawara, k., Kawamura, J. B., Miller, E. J., Dlugokencky, P. B., Krummel, P. J., Fraser, L. P., Steele, R. L., Langenfelds, C. M., Trudinger, J. W. C., White, B., Vaughn, T., Saeki, S., Aoki, y Nakazawa, T. (2015). *Variations in global methane sources and sinks during 1910-2010*. *Atmos. Chem. Phys.*
17. Gómez, C., Fernández, M., y García, O. (2008). *Methane emissions from enteric fermentation of representative dairies in Peru in relation to economic performance*.IFCN DairyReport. International FarmComparison Network (poster).

18. Boopy, J.P y Hegarty, R.S. (2004). *Repeatability of methane production in cattle fed concentrate and forage diets. J. Anim. Feed Sci.* 13, 75–78.
19. Grainger, C., Williams, R., Clarke, T., Wright, A.D.G y Eckard, R.J. (2010). *Supplementation with whole cottonseed causes long-term reduction of methane emissions from lactating dairy cows offered a forage and cereal grain diet. J. Dairy Sci.* 93, 2612–2619.
20. Grainger, C., Clarke, T., Mcginn, S. M., Auldism, M. J., Beauchemin, K. A., Hannah, M. C., Waghorn, G. C., Clark, H. y Eckard, R. J. (2007). *Methane Emissions from Dairy Cows Measured Using the Sulfur Hexafluoride (SF6) Tracer and Chamber Techniques.* Journal of Dairy Science. 90, 2755-2766.
21. Hegarty, R.S. (2002). *Strategies For Mitigating Methane Emissions From Livestock – Australian Options And Opportunities.* In: Takahashi J, Young Ba (Eds) *Ghges And Animal Agriculture.* Elsevier, Dordrecht".
22. Heller, R., Cercasov, V. y Engelhardt, W. V. (1986). *Retention of fluid and particles in the digestive tract of the llama (Lama guanacoe F. glama).* Comparative Biochemistry and Physiology 83A, 687–691.
23. Hook, S. E., A. D. G. Wright, y B. W. McBride. (2010). *Methanogens: Methane producers of the rumen and mitigation strategies.* Archaea. 2010:1-11.
24. IPCC, Climate Change. (2013): *The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, Ny, USA. pp. 1535.
25. IPCC, (2016) *Annex II Glossary Intergovernmental Panel on Climate Change.*

26. Ishler, V; J. Heinrichs, y G. Varga. (1994). *from Feed to Milk: Understanding rumen function; Extension circular No. 422*, Pennsylvania State University, College Of Agricultural Sciences: Pages 5
27. Janssen, P.H. (2010). "*Influence Of Hydrogen On Rumen Methane Formation And Fermentation Balances Through Microbial Growth Kinetics And Fermentation Thermodynamics.*" *Animal Feed Science And Technology* 160(1-2):1-22.
28. Janssen, P.H., y M. Kirs, (2008). *Structure of the archaeal community of the rumen. Applied and environmental microbiology.* 74:3619-3625.
29. Johnson, K.A. (1995). *Methane emissions from cattle.* *J AnimSci*,;2483-2492.
30. Johnson, K.A., Huyler, M., Westberg, H., Lambar, B. y Zimmerman, P. (1994). *Measuremet of methane emissions from ruminant livestock using a SF6 tracer technique.* *Environmental Science and Technology.*28: 359,362.
31. Johnson, K.A., Westberg, H., Michal, J. y Cossalman, M. (2007). *The sf6 tracer technique: methane measurement from ruminants.* *Bookmakkar y veercoe* , 33-67.
32. Jordán, L. A. (2017). *Evaluación de la emisión de metano en la crianza de llamas al pastoreo en época de lluvias, en el centro experimental la raya.* Tesis de pregrado. Universidad Nacional de San Antonio Abad Del Cusco.
33. Kabubo Mariara J. (2008). *The Economic Impact of Global Warming on Livestock Husbandry in Kenya: A Ricardian Analysis.* *Proceedings African Economic Conference on Globalization, Institutions and Economic Development of Africa.* Tunis
34. Kebreab, E., K. Clark, C., Wagner-riddle, y J. France. (2006). *Methane and nitrous oxide emissions from Canadian animal agriculture: A review.* *Can. J. Anim. Sci.*, 86:135-158.

35. Kirschke, S., P. Bousquet, P. Ciais. (2013). Three decades of global methane sources and sinks. *Nature Geosci.*, 6:813-823.
36. Knapp, J. R., G. L. Laur, P. A. Vadas, W. P. Weiss, y J. M. Tricarico. (2014). *Invited review: Enteric methane in dairy cattle production: Quantifying the opportunities and impact of reducing emissions.* *J. Dairy Sci.* 97:3231-3261
37. Lassey, K., Ulyatt, M., Martin, R., Walker, C. y Shelton, I. (1999). *Methane emissions measured directly from grazing livestock in New Zealand.* *Atmospheric Environment.* 31: 2905-2914.
38. Lassey, K. R., Walker, C, F., Mcmillan, A. M. S., y Ulyatt, M. J. (2011). *On the performance of SF 6 permeation tubes used in determining methane emission from grazing livestock.* *Chemosphere-Global Change Science*, 3(4), 367-376.
39. Lovett, D., Lovell, S., Stack, L., Callan, J., Finlay, M., Conolly, J. y O'mara, F.P, (2003). *Effect of forage/concentrate ratio and dietary coconut oil level on methane output and performance of finishing beef heifers.* *Livest. Prod. Sci.* 84, 135–146.
40. Machaca, M. C., Quispe, A., Castro, G., Arroyo, T., Huanca, B., Roque, y W. Huanca.(2015). *Efecto de Dos Dietas Fibrosas en la Producción de Metano en Alpacas.* Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima – Perú.
41. Mc Caughey, W., Wittenberg, K., y Corrigan, D. (1997). *Methane production by steers on pasture.* *Can J An SC*; 76(3): 519,524.
42. Mc Ginn, S.M., Beauchemin, K.A., Coates, T. y Colombatto, D. (2006). *Methane emissions from beef cattle. Effects of monensin, sunflower oil, enzymes, yeast, and fumaric acid.* *Journal of Animal Science* 82, pp 3346-3356.
43. Moss, A. R., J. P. Jouany, y C. J. Newbold. (2000). *Methane production by ruminants: Its contribution to global warming.* *Ann. Zootech.* 43: 231-253.

44. Murray, R., Bryant, A. y Leng, R. (1976). *Rates of production of methane in the rumen and large intestine of sheep*. British Journal of Nutrition. 36: 1-14.
45. Olazabal, L.Juan. y Moscoso, M, Juan. (2017). *Emisión de metano entérico de alpacas en condiciones de pastoreo en praderas naturales altoandinas usando el trazador hexafluoruro de azufre*. realizado en el Centro Experimental "La Raya" a 4,200 m.s.n.m, Tesis de pregrado. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima
46. Ominski, K.D, Boadi, D.A y Wittenberg, K.M. (2004). *Enteric methane emissions from backgrounded cattle consuming all-forage diets*. Can. J. Anim. Sci. 86(3), 393-400.
47. Pedreira, M., Dos Santos, O., Primavesi, M., Aparecida, R., Frighetto, S., Gisele de Oliveira, y T. T. Berchielli. (2013). "*Ruminal methane emission by dairy cattle in southeast Brazil*."Scientia Agricola 66:742-50.
48. Piccalayco,F, Nayruth. (2017). *Emisiones de metano de alpacas al pastoreo en un pastizal de ryegrass/ trébol blanco en cicas la raya*. Tesis de pregrado. Universidad Nacional de San Antonio Abad Del Cusco.
49. Pinares – Patiño, C., Ulyatt, M., Waghorn, G., Lassey, K., Barry, T., Holmes, C, y Johnson, D. (2003). *Methane emission by alpaca and sheep fed on lucerne hay or grazed on pastures of perennial ryegrass/whit clover or birdsfoot trefoil*. Journal of agricultural science.
50. Pinares-Patiño, C., Hour, P., Jouany, J, y Martin, C. (2007).*Effects of stocking rate on methane and carbon dioxide emissions from grazing cattle*. Agriculture, Ecosystems and Environment. 121: 30-46.

51. Pinares-Patiño, C.S., Waghorn, G.C., Hegarty, R.S, y Hoskin, S.O., (2008). *Effects of intensification of pastoral farming on greenhouse gas emissions in New Zealand*. N.Z. Vet. J. 57, 252–261.
52. Raggi, L.A. y J. Crossley. (1990). *Características del proceso digestivo en camélidos sudamericanos*. Monografías de medicina veterinaria.
53. Randolph, T. F., E. Schelling, D. Grace, C. F. Nicholson, J. L. Leroy, D. C. Cole, M. W. Demment, A., Omore, J., Zinsstag, y M. Ruel. (2007). *Role of livestock in human nutrition and health for poverty reduction in developing countries*. J. Anim. Sci., 85:2788-2800.
54. Relling, A. y Mattioli, G. (2002). *Fisiología Digestiva y Metabólica de los Rumiantes*.
55. Richter, M., L. Křížová, J. Trínáctý. (2010). *The effect of individuality of animal on diurnal pattern of pH and redox potential in the rumen of dry cows*. Czech J. Anim. Sci., 55:401-407.
56. Ruiz, D. (2012). *Efecto del pienso sobre el comportamiento de cabras lecheras en el interior de una Cámara Dinámica*. *Producción Animal*. Universidad Politécnica de Valencia, Universidad Politécnica de Valencia.
57. Russell, J. B. (1985). *Factors influencing competition and composition of the rumen bacterial flora in: Herbivore nutrition in the subtropic and tropic (ed) E.M.C. Gillchrist and R.I. Mackie*. The science press. 222-243.
58. Russell, J.B., Sniffen, C.J. y Van Soest, P.J. (1983). *Effect of carbohydrate limitation on degradation and utilization of casein by mixed rumen bacteria*. Journal of Dairy Science 66, 763–775.

59. San Martín, F. (1987). *Comparative Forage Selectivity and Nutrition of South American Camelids and Sheep*. Ph.D. thesis, Texas Tech University, Lubbock, Texas, USA
60. San Martín, F., and F.C. Bryant. (1989). *Nutrition of domesticated South American llamas and sheep*. Small Ruminant Res. 2:191-216.
61. San Martín, f. (1991). *Alimentación y nutrición en avances y perspectivas del conocimiento de los CSA*. Edit. Fernandez, B. FAO Santiago-Chile.
62. San Martín, f. (1994). *Avances y alternativas de alimentación para camélidos sudamericanos*. *Investigaciones pecuarias*. Revista de investigación pecuaria de Perú (RIVEP).
63. San Martín, T. and Van Saun, R., J. (2014). *Llama and alpaca care: Medicine, surgery, reproduction, nutrition, and herd health, chapter 8; Applied Digestive Anatomy and Feeding Behavior*. Elsevier Health Sciences.
64. Shrestha, s., Y. R. Bindari, N., Shrestha, and T. N. Gaire. (2013). *Methane gas emission in relation to livestock: a Review*. J. Anim. Prod. Adv., 3:187-191.
65. Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M. y De Haan, C. (2009). *La Larga Sombra del Ganado: Problemas ambientales y opciones*. FAO. Roma. pp. 464.
66. Swainson nm, Hoskin so, Clark H, Pinares-Patiño cs, and Brookes Im. (2007). *Comparative methane production and yields from adult cattle, red deer and sheep*. GGAAC. New Zeland.
67. Tekippe, J.A., Hristov, A.N., Heyler, K.S., Cassidy, T.W., Zheljzakov, V.D., Ferreira, J.F.S, karnati, S.K and Varga, G.A. (2011). *Rumen fermentation and production effects of Origanum vulgare L. leaves in lactating cows*. J. Dairy Sci. 94, 5065-5079.

68. Thauer, R. K., A. K. Kaster, H., Seedorf, W., Buckel, and R. Hedderich. (2008). *Methanogenic archaea: ecologically relevant differences in energy conservation*. Nat. Rev. Microb., 6:579-591.
69. Trotsenko, Y. A., J. C. Murrell. (2008). *Metabolic aspects of aerobic obligate methanotrophy*. Adv. Appl. Microb., 63:183-229. 2014.
70. Ttito, M. (2017). *Efecto del uso de taninos de castaño en las emisiones de metano en llamas al pastoreo en época seca*. En el centro experimental la raya. Tesis pre grado. Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco.
71. Turner, A. J., D. J. Jacob, K. J. Wecht. (2015). *Estimating global and North American methane emissions with high spatial resolution using GOSAT satellite data* Atmos. Chem. Phys., 15:7049-7069.
72. Ulyatt, M. J., K. R. Lassey, I. D. Shelton, and C. F. Walker. (2002). *"Methane emission from dairy cows and wether sheep fed subtropical grass- dominant pastures in midsummer in New Zealand."* New Zealand Journal of Agricultural Research 45(4):227-34.
73. UNFCCC. (2009). COP 15. *Convención Marco sobre el Cambio Climático. Conferencia de las Partes Informe de la Conferencia de las Partes sobre su 15º período de sesiones, Copenhague*. Organización de las Naciones Unidas. FCCC/CP/2009/11/Add.1.
74. Vallenas, A., Cummings, J.F, and Munnell, J.F. (1971). *Motilidad del estómago de la llama y el Guanaco* Am. J. Physiol; 220: 275 – 282 y *Concentración de Ácidos Grasos Volátiles y pH de la Llama y el Guanaco*. CornellVet, 61: 239 – 252.
75. Van Keulen, J. V., and B. A. Young. (1977). *Evaluation of acid insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies*. J. Anim. Sci., 44:282-290.

76. Van Soest, P.J. (1982). *Nutritional ecology of the ruminant: ruminant metabolism, nutritional strategies, the cellulolytic fermentation and the chemistry of forages and plant fibers*. O And B Books, Corvallis, Oregon.
77. Vlaming, J. (2008). *Quantifying variation in estimated methane emission from ruminants using the SF6 tracer technique*. Thesis Doctoral. Palmerston North, New Zealand, Massey University. 186 p.
78. Wims, C., Deighton, M., Lewis, E., O'loughlin, B., Delaby, L., Boland, T.M. and O'donovan, M. (2010). *Effect of pre-grazing herbage mass on methane production, dry matter intake and milk production of grazing dairy cows during the mid season period*. *J. Dairy Sci.* 93, 4976–4985.
79. Zhang Cm, Yuan Zp, Yi Xw, Li Wt, Guo Yq, Ym Wu Ym, Wang Jk, Liu Jx, Zhu Wy. (2007). *Effect of forage/concentrate ratio and ethy llino lena televelon methane emission and fermentation parameters of Huzhousheep*. GGAAC. New Zeland.
80. Zimmerman, P. (1993). "System for Measuring Metabolic Gas Emissions from Animals", U.S. Patent and Trademark Office, November 30<sup>th</sup>.

## ANEXOS

### Anexo I. Base de datos de la emisión de metano

HORA	ANIMAL	CH4 production g/day	PESO VIVO	CH4/KG PV, g/day
DIA	1	23.110	91.00	0.254
DIA	1	23.793	91.000	0.261
DIA	1	14.263	91.000	0.157
DIA	1	25.827	91.000	0.284
DIA	1	16.642	91.000	0.183
DIA	2	27.921	99.000	0.282
DIA	2	22.553	99.000	0.228
DIA	2	22.553	99.000	0.228
DIA	2	21.433	99.000	0.216
DIA	2	24.113	99.000	0.244
DIA	4	23.286	94.500	0.246
DIA	4	25.855	94.500	0.274
DIA	4	25.004	94.500	0.265
DIA	4	23.098	94.500	0.244
DIA	4	25.855	94.500	0.274
DIA	4	23.862	94.500	0.253
DIA	5	21.353	98.500	0.217
DIA	5	27.945	98.500	0.284
DIA	5	27.751	98.500	0.282
DIA	5	28.724	98.500	0.292
DIA	5	24.255	98.500	0.246
DIA	5	25.570	98.500	0.260
DIA	6	17.930	86.500	0.207
DIA	6	21.519	86.500	0.249
DIA	6	21.519	86.500	0.249
DIA	6	14.236	86.500	0.165
DIA	6	21.519	86.500	0.249
DIA	7	23.826	82.000	0.291
DIA	7	23.826	82.000	0.291
DIA	7	23.826	82.000	0.291
DIA	7	15.966	82.000	0.195
DIA	7	11.824	82.000	0.144
DIA	7	18.684	82.000	0.228
DIA	8	12.090	96.000	0.126
DIA	8	22.315	96.000	0.232
DIA	8	29.784	96.000	0.310
DIA	8	29.416	96.000	0.306
DIA	8	24.593	96.000	0.256

DIA	8	15.780	96.000	0.164
NOCHE	1	27.789	91.000	0.305
NOCHE	1	22.30	91.00	0.245
NOCHE	1	24.03	91.00	0.264
NOCHE	1	24.135	91.000	0.265
NOCHE	1	27.982	91.000	0.307
NOCHE	1	26.763	91.000	0.294
NOCHE	2	24.877	99.000	0.251
NOCHE	2	13.007	99.000	0.131
NOCHE	2	23.950	99.000	0.242
NOCHE	2	21.701	99.000	0.219
NOCHE	2	23.320	99.000	0.236
NOCHE	4	25.131	95.000	0.265
NOCHE	4	14.911	95.000	0.157
NOCHE	4	25.983	95.000	0.274
NOCHE	4	24.160	95.000	0.254
NOCHE	4	28.055	95.000	0.295
NOCHE	5	28.508	99.000	0.288
NOCHE	5	13.695	99.000	0.138
NOCHE	5	22.953	99.000	0.232
NOCHE	5	21.939	99.000	0.222
NOCHE	5	19.681	99.000	0.199
NOCHE	5	21.819	99.000	0.220
NOCHE	6	15.607	87.000	0.179
NOCHE	6	14.126	87.000	0.162
NOCHE	6	16.151	87.000	0.186
NOCHE	6	13.131	87.000	0.151
NOCHE	6	18.104	87.000	0.208
NOCHE	7	15.180	83.500	0.182
NOCHE	7	13.741	83.500	0.165
NOCHE	7	11.672	83.500	0.140
NOCHE	7	22.910	83.500	0.274
NOCHE	8	17.897	95.500	0.187
NOCHE	8	15.584	95.500	0.163
NOCHE	8	15.294	95.500	0.160
NOCHE	8	12.869	95.500	0.135

## Anexo II. Análisis de metano día en gramos

### Análisis de la varianza

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>Aj</u>	<u>CV</u>
Metano	39	0.26	0.13	19.35

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Llamas	215.62	6	35.94	1.91	0.1090
Error	601.16	32	18.79		
Total	816.78	38			

### Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=8.19570

Error: 18.7863 gl: 32

Llamas Media n E.E.

6	19.34	5	1.94	A
7	19.66	6	1.77	A
1	20.73	5	1.94	A
8	22.33	6	1.77	A
2	23.71	5	1.94	A
4	24.49	6	1.77	A
5	25.93	6	1.77	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## Anexo III. Análisis de metano día g/pv

### Análisis de la varianza

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>Aj</u>	<u>CV</u>
Metano	39	0.10	0.00	19.68

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Llama	0.01	6	1.3E-03	0.58	0.7447
Error	0.07	32	2.3E-03		
Total	0.08	38			

### Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.08995

Error: 0.0023 gl: 32

Llama Media n E.E.

6	0.22	5	0.02	A
1	0.23	5	0.02	A
8	0.23	6	0.02	A
2	0.24	5	0.02	A
7	0.24	6	0.02	A
4	0.26	6	0.02	A
5	0.26	6	0.02	A

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

Anexo IV. Análisis de metano noche g/d

### **Análisis de la varianza**

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>Aj</u>	<u>CV</u>
Metano	35	0.54	0.45	19.55

### **Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Llama	524.43	6	87.40	5.57	0.0007
Error	439.02	28	15.68		
Total	963.45	34			

**Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=8.03811**

*Error: 15.6793 gl: 28*

<u>Llama</u>	<u>Media</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
8	15.41	4	1.98	A
6	15.42	5	1.77	A
7	15.88	4	1.98	A B
2	21.37	5	1.77	A B C
5	21.43	6	1.62	A B C
4	23.65	5	1.77	B C
1	25.50	6	1.62	C

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

## **ANEXO V**

Análisis de metano noche en g/ pv

### **Análisis de la varianza**

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>Aj</u>	<u>CV</u>
Metano	35	0.51	0.41	19.41

### **Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Llama	0.05	6	0.01	4.90	0.0015
Error	0.05	28	1.8E-03		
Total	0.10	34			

**Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.08551**

*Error: 0.0018 gl: 28*

<u>Llama</u>	<u>Media</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
8	0.16	4	0.02	A
6	0.18	5	0.02	A B

7	0.19	4	0.02	A	B	
2	0.22	5	0.02	A	B	C
5	0.22	6	0.02	A	B	C
4	0.25	5	0.02	B	C	
1	0.28	6	0.02	C		

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

Anexo VI. Análisis de metano durante el día y la noche en gramos de metano.

### **Análisis de la varianza**

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>Aj</u>	<u>CV</u>
Metano	74	0.05	0.03	23.25

### **Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Tratamiento	84.44	1	84.44	3.41	0.0687
Error	1780.23	72	24.73		
Total	1864.66	73			

**Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=2.30797**

*Error: 24.7254 gl: 72*

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
NOCHE	20.26	35	0.84
DIA	22.40	39	0.80

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

Anexo VII. Emisión de metano durante el día y la noche expresado en gramos de metano por peso vivo por 12 horas

### **Análisis de la varianza**

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>Aj</u>	<u>CV</u>
Metano	74	0.23	0.15	20.59

### **Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Llamas	0.03	6	0.01	2.38	0.0385
Tratamiento	0.01	1	0.01	5.93	0.0176
Error	0.15	66	2.2E-03		
Total	0.19	73			

**Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.02202**

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

tukey agrupamiento media n trat  
a 0.24172 39 dia  
a  
a 0.21700 35 noche

Anexo VIII. Análisis de metano correlación peso vivo y emisión de metano  
**Análisis de la varianza**

Variable N R<sup>2</sup> Aj CV  
Metano pv 39 0.10 0.00 19.68

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Peso	0.01	6	1.3E-03	0.58	0.7447
Error	0.07	32	2.3E-03		
Total	0.08	38			

**Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.08995**

*Error: 0.0023 gl: 32*

<u>Peso</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
86.00	0.22	5	0.02	A
97.50	0.23	5	0.02	A
78.00	0.23	6	0.02	A
91.00	0.24	5	0.02	A
93.00	0.24	6	0.02	A
95.00	0.26	6	0.02	A
92.50	0.26	6	0.02	A

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)*