

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**



**EFFECTO DEL NIVEL DE CONSUMO DE CONCENTRADO FIBROSO EN LAS  
EMISIONES DE METANO ENTÉRICO EN ALPACAS Y LLAMAS**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. JOSE ALBERTH PARI HUACANI**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA**

**PUNO – PERÚ**

**2017**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**TESIS**

Efecto del nivel de consumo de concentrado fibroso en las emisiones de metano entérico en alpacas y llamas

**PRESENTADA POR:**

Bach. JOSE ALBERTH PARI HUACANI

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA



**APROBADA POR:**

**PRESIDENTE**

:

Dr. Roberto Floro Gallegos Acero

**PRIMER MIEMBRO**

:

Ing. Héctor Alfredo Durand Zúñiga

**SEGUNDO MIEMBRO**

:

Mg. Francisco Halley Rodríguez Huanca

**DIRECTOR**

:

Ph.D. Bernardo Roque Huanca

**ASESOR**

:

Mg.Sc. Uriel Santiago Marca Choque

**ASESOR**

:

Mg.Sc. Edgar Octavio Roque Huanca

**ASESOR**

:

Mg.Sc. Regina Sumari Machaca

**ÁREA:** Nutrición animal

**TEMA:** Metano entérico en camélidos

## DEDICATORIA

*Dedico el presente trabajo a los mártires de la Medicina Veterinaria, que sin su consentimiento fueron parte de mi formación profesional, a mis queridos padres, a mis hermanos y a mi enamorada, son lo más importante en mi vida y formación profesional.*

*Jopahua*

## AGRADECIMIENTO

- *Al director de tesis Ph.D. Bernardo Roque Huanca y asesores quienes me han brindado su apoyo y paciencia en el transcurso del trabajo de investigación.*
- *A mis docentes de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, por brindarme sus conocimientos para el desarrollo de mi formación profesional.*
- *A mis queridos padres Roger Vicente y Dora Trifona por ser el pilar más importante en mi familia, demostrándome siempre su cariño y apoyo incondicional en mi vida, a mis hermanos Celso y René por su aliento positivo, son lo más importante en mi formación profesional*
- *En el camino encuentras personas inolvidables, no hay nada como mis amigos: Carmen Celina, Cristino, Paola Midori, Richard, Ronal Reyes, Juan Carlos, Doris Alexandra, Osti, Anali, Estefany, Yovana Madeleine, Néstor Hugo, Pablo S., Momsua, Rony Saúl, Gilver, Luis Miguel, Ruth Pilar, amigos musicales y mis hermanos de la TUNA.*

*Gracias.*

## ÍNDICE GENERAL

|   |    |
|---|----|
| RESUMEN.....  | 11 |
| ABSTRACT.....   | 12 |
| I. INTRODUCCIÓN.....  | 13 |
| II. REVISIÓN DE LITERATURA.....   | 15 |
| 2.1. Antecedentes.....  | 15 |
| 2.1.1. Metodologías empleadas para medir las emisiones de metano.....                                   | 16 |
| 2.1.1.1. Antecedentes de uso del equipo Gasmeter DX – 4030.....   | 17 |
| 2.1.1.2. Determinación de la producción de metano: emisiones de metano entérico (CH <sub>4</sub> )..... | 20 |
| 2.2. Bases teóricas.....  | 23 |
| 2.2.1. Anatomía y fisiología del estómago de los camélidos sudamericanos.....                           | 25 |
| 2.2.2. Alimentación.....  | 28 |
| 2.2.3. Concentrado fibroso.....   | 29 |
| 2.2.4. Requerimientos nutricionales de la alpaca y llama.....   | 30 |
| 2.2.4.1. Mantenimiento.....   | 31 |
| 2.2.4.2. Cría y gestación.....  | 31 |
| 2.2.4.3. Crecimiento.....   | 32 |
| 2.2.4.4. Lactancia.....   | 32 |
| 2.2.5. Consumo voluntario.....  | 34 |
| 2.2.6. Descripción de alimentos en la dieta.....  | 34 |
| 2.2.6.1. Heno de avena.....   | 35 |
| 2.2.6.2. Heno de alfalfa.....   | 35 |
| 2.2.6.3. Suplamindifos.....   | 35 |
| 2.2.6.4. Sal común.....   | 35 |
| 2.2.7. Metano.....  | 36 |
| 2.2.7.1. Metano entérico.....   | 36 |
| 2.2.7.2. Factores que afectan la producción de metano.....  | 39 |
| III. MATERIALES Y MÉTODOS.....  | 44 |
| 3.1. Ámbito experimental.....   | 44 |
| 3.2. Instalaciones y equipos.....   | 44 |
| 3.3. Animales y alimentación.....   | 45 |
| 3.4. Manejo experimental de los animales.....   | 47 |

|   |    |
|---|----|
| 3.5. Metodología experimental.....  | 48 |
| 3.5.1. Etapa pre experimental.....  | 48 |
| 3.5.2. Etapa experimental.....  | 49 |
| 3.5.3. Medición de las emisiones de metano entérico (CH <sub>4</sub> ) .....                | 49 |
| 3.5.4. Estimación de las emisiones de metano entérico (CH <sub>4</sub> ) .....              | 50 |
| 3.6. Análisis estadístico.....  | 52 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....   | 55 |
| 4.1. Emisiones de metano entérico en alpacas.....   | 55 |
| 4.2. Emisiones de metano entérico en llamas.....  | 57 |
| 4.3. Emisiones de metano entérico a diferentes niveles de consumo en alpacas y llamas ..... | 58 |
| V. CONCLUSIONES.....  | 62 |
| VI. RECOMENDACIONES .....   | 63 |
| VII. REFERENCIAS .....  | 64 |
| Anexo .....   | 80 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |     |
|--|-----|
| <b>FIGURA 1</b> Medidas corporales para la estimación de volumen corporales llamas y alpacas.....  | 22  |
| <b>FIGURA 2</b> Traslado de alpacas y llamas al CIP-La raya. ....  | 103 |
| <b>FIGURA 3</b> Etapa pre experimental, acostumbramiento al consumo de concentrado fibroso.....  | 103 |
| <b>FIGURA 4</b> Etapa pre experimental, acostumbramiento al consumo de concentrado fibroso.....  | 104 |
| <b>FIGURA 5</b> Pesado de insumos minerales para la preparación de concentrado fibroso. ....   | 104 |
| <b>FIGURA 6</b> Pesado de la avena o alfalfa picada, para la preparación de concentrado fibroso.....   | 105 |
| <b>FIGURA 7</b> Preparación mecánica de concentrado fibroso .....  | 105 |
| <b>FIGURA 8</b> Pesado de concentrado fibroso, para la suministración a los animales, en la balanza analítica T-scale .....  | 106 |
| <b>FIGURA 9</b> Pesado de alpaca en la balanza digital T-scale. ....   | 106 |
| <b>FIGURA 10</b> Pesado de llama, se observa la plataforma metálica de la balanza digital T-scale.....   | 107 |
| <b>FIGURA 11</b> Consumo de concentrado fibroso, llama. ....   | 107 |
| <b>FIGURA 12</b> Equipo analizador de gas, Gasmeter DX 4030.....   | 108 |
| <b>FIGURA 13</b> Cámara de respiración, ingreso de llama para muestreo. ....   | 108 |
| <b>FIGURA 14</b> Muestreo de CH <sub>4</sub> en la cámara de respiración, controlado con el PDA mediante conexión inalámbrica (bluetooth), vista lateral. ....                       | 109 |
| <b>FIGURA 15</b> Muestreo de CH <sub>4</sub> en la cámara de respiración herméticamente sellada, controlado con el PDA mediante conexión inalámbrica (bluetooth), vista frontal..... | 109 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| <b>TABLA 1</b> Grupos de alimentación sugerido en base a los requerimientos nutricionales y estado fisiológicos.....  | 33 |
| <b>TABLA 2</b> Cantidad de insumo en el concentrado fibroso.....  | 46 |
| <b>TABLA 3</b> Distribución de animales en las etapas para la suministración de 4 niveles de concentrado fibroso..... | 48 |
| <b>TABLA 4</b> Emisión de metano entérico a diferentes niveles de consumo en alpacas.....                             | 55 |
| <b>TABLA 5</b> Emisión de metano entérico a diferentes niveles de consumo en llamas.....                              | 57 |
| <b>TABLA 6</b> Emisión CH <sub>4</sub> contraste Alpacas VS Llamas g, mol y L/día.....                                | 58 |
| <b>TABLA 7</b> Temperatura y humedad, alpacas, etapa 1.....   | 80 |
| <b>TABLA 8</b> Temperatura y humedad, alpacas, etapa 2.....   | 80 |
| <b>TABLA 9</b> Temperatura y humedad, alpacas, etapa 3.....   | 80 |
| <b>TABLA 10</b> Temperatura y humedad, alpacas, etapa 4.....  | 80 |
| <b>TABLA 11</b> Temperatura y humedad, llamas, etapa 1.....   | 81 |
| <b>TABLA 12</b> Temperatura y humedad, llamas, etapa 2.....   | 81 |
| <b>TABLA 13</b> Temperatura y humedad, llamas, etapa 3.....   | 81 |
| <b>TABLA 14</b> Temperatura y humedad, llamas, etapa 4.....   | 81 |
| <b>TABLA 15</b> Peso, consumo de alimento y volumen corporal, Etapa 1 alpacas.  | 82 |
| <b>TABLA 16</b> Peso, consumo de alimento y volumen corporal, Etapa 2 alpacas.  | 82 |
| <b>TABLA 17</b> Peso, consumo de alimento y volumen corporal, Etapa 3 alpacas.  | 83 |
| <b>TABLA 18</b> Peso, consumo de alimento y volumen corporal, Etapa 4 alpacas.  | 84 |
| <b>TABLA 19</b> Peso, consumo de alimento y volumen corporal, Etapa 1 llamas. .                                       | 84 |
| <b>TABLA 20</b> Peso, consumo de alimento y volumen corporal, Etapa 2 llamas. .                                       | 85 |
| <b>TABLA 21</b> Peso, consumo de alimento y volumen corporal, Etapa 3 llamas. .                                       | 86 |
| <b>TABLA 22</b> Peso, consumo de alimento y volumen corporal, Etapa 4 llamas. .                                       | 86 |
| <b>TABLA 23</b> Concentración de CH <sub>4</sub> en la cámara de respiración, minuto 20.<br>Etapa 1.....              | 87 |
| <b>TABLA 24</b> Concentración de CH <sub>4</sub> en la cámara de respiración, minuto 20.<br>Etapa 2.....              | 88 |
| <b>TABLA 25</b> Concentración de CH <sub>4</sub> en la cámara de respiración, minuto 20.<br>Etapa 3.....              | 89 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>TABLA 26</b> Concentración de CH <sub>4</sub> en la cámara de respiración, minuto 20.<br>Etapa 4.....               | 89  |
| <b>TABLA 27</b> Concentración de CH <sub>4</sub> en la cámara de respiración, minuto 20.<br>Etapa 1.....               | 90  |
| <b>TABLA 28</b> Concentración de CH <sub>4</sub> en la cámara de respiración, minuto 20.<br>Etapa 2.....               | 91  |
| <b>TABLA 29</b> Concentración de CH <sub>4</sub> en la cámara de respiración, minuto 20.<br>Etapa 3.....               | 92  |
| <b>TABLA 30</b> Concentración de CH <sub>4</sub> en la cámara de respiración, minuto 20.<br>Etapa 4.....               | 93  |
| <b>TABLA 31</b> Emisiones de CH <sub>4</sub> entérico en alpacas. Mantenimiento.....                                   | 94  |
| <b>TABLA 32</b> Emisiones de CH <sub>4</sub> entérico en alpacas. Intermedio Bajo. ....                                | 94  |
| <b>TABLA 33</b> Emisiones de CH <sub>4</sub> entérico en alpacas. Intermedio Alto. ....                                | 95  |
| <b>TABLA 34</b> Emisiones de CH <sub>4</sub> entérico en alpacas. Ad Libitum. ....                                     | 95  |
| <b>TABLA 35</b> Emisiones de CH <sub>4</sub> entérico en llamas. Mantenimiento.....                                    | 96  |
| <b>TABLA 36</b> Emisiones de CH <sub>4</sub> entérico en llamas. Intermedio Bajo. ....                                 | 96  |
| <b>TABLA 37</b> Emisiones de CH <sub>4</sub> entérico en llamas. Intermedio Alto. ....                                 | 97  |
| <b>TABLA 38</b> Emisiones de CH <sub>4</sub> entérico en llamas. Ad Libitum. ....                                      | 97  |
| <b>TABLA 39</b> Cuadrado latino, Emisión de CH <sub>4</sub> , Alpacas, g/día.....                                      | 98  |
| <b>TABLA 40</b> Cuadrado latino, Emisión de CH <sub>4</sub> , Alpacas, mol/día. ....                                   | 98  |
| <b>TABLA 41</b> Cuadrado latino, Emisión de CH <sub>4</sub> , Alpacas, L/día.....                                      | 98  |
| <b>TABLA 42</b> Cuadrado latino, Emisión de CH <sub>4</sub> , Llamas, g/día. ....                                      | 99  |
| <b>TABLA 43</b> Cuadrado latino, Emisión de CH <sub>4</sub> , Llamas, mol/día. ....                                    | 99  |
| <b>TABLA 44</b> Cuadrado latino, Emisión de CH <sub>4</sub> , Llamas, L/día. ....                                      | 99  |
| <b>TABLA 45</b> ANOVA, emisión de CH <sub>4</sub> , Alpacas.....   | 100 |
| <b>TABLA 46</b> ANOVA, emisión de CH <sub>4</sub> , Llamas. ....   | 100 |
| <b>TABLA 47</b> Prueba de Duncan para emisión de CH <sub>4</sub> en niveles de consumo g,<br>mol y L/día, Alpacas..... | 101 |
| <b>TABLA 48</b> Prueba de Duncan para emisión de CH <sub>4</sub> en niveles de consumo g,<br>mol y L/día, Llamas. .... | 101 |
| <b>TABLA 49</b> Emisión CH <sub>4</sub> contraste Alpacas VS Llamas g, mol y L/día.....                                | 102 |

**ÍNDICE DE ACRÓNIMOS**

- AA : Alimentos alternativos.
- AAF : Alimentos altos en fibra.
- AGV : Ácidos grasos volátiles.
- CH4 : Metano.
- CIP : Centro de Investigación y producción.
- CSA : Camélidos sudamericanos.
- CSD : Camélidos Sudamericanos.
- FTIR : Espectroscopía infrarroja transformada de Fourier.
- GEI : Gases de efecto invernadero.
- PDA : Personal Digital Assistant.
- PPMV : Partes por millón en volumen.
- W : Peso metabólico.

## RESUMEN

El objetivo del trabajo fue determinar el efecto del nivel de consumo de concentrado fibroso sobre las emisiones de metano entérico en alpacas y llamas, y el contraste entre ambas especies, a 4200 metros de altitud, para lo cual se utilizó 4 alpacas y 4 llamas machos de 2 años de edad, alimentados con una mezcla de partes iguales de heno de avena y heno de alfalfa, procesados mecánicamente a 12 mm de diámetro, ofrecidos para cuatro niveles de consumo (mantenimiento, intermedio bajo, intermedio alto y *ad libitum*), en diseño Cuadrado Latino 4x4. Las emisiones de metano se cuantificaron por espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) con el analizador de gases (GasmeterDX-4030), en una cámara de acumulación de gases. Los resultados indican que las emisiones de metano varían entre niveles de consumo en alpacas ( $p < 0.05$ ), con  $1.0 \pm 0.2$  moles/día en el nivel de mantenimiento y  $1.4 \pm 0.2$  moles/día en el nivel *ad libitum*. En llamas, la tendencia fue la misma ( $p < 0.001$ ), con valores de  $1.7 \pm 0.1$  moles/día en el nivel de mantenimiento y  $2.4 \pm 0.3$  moles/día en el nivel *ad libitum*. En los niveles intermedios las emisiones varían en relación directa con el consumo. El contraste entre ambas especies muestra que las emisiones de metano en llamas es mayor que en alpacas ( $p < 0.05$ ), con promedios de  $2.02 \pm 0.37$  y  $1.31 \pm 0.26$  moles/día, respectivamente. A partir de los resultados se concluye que el nivel de consumo de concentrado fibroso tiene efecto sobre las emisiones de metano entérico en alpacas y llamas.

**Palabras clave:** alpaca, concentrado fibroso, gases, llama, metano

## ABSTRACT

The objective of the work was to determine the effect of the level of intake of fibrous concentrate on the emissions of enteric methane in alpacas and llamas, and the contrast between both species, at 4200 meters of altitude, for which 4 alpacas and 4 male llamas of 2 years old were used, fed with a mixture of equal parts of oats hay and alfalfa hay, mechanically processed at 12 mm in diameter, offered for four levels of intake (maintenance, low intermediate, high intermediate and ad libitum), Latin Square design 4 x 4. The methane emissions were quantified by Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) with the gas analyzer (Gasmeter DX-4030), in a gas accumulation chamber. The results indicate that methane emissions vary between consumption levels in alpacas ( $p < 0.05$ ), with  $1.0 \pm 0.2$  moles / day at the maintenance level and  $1.4 \pm 0.2$  moles / day at the ad libitum level. In llamas, the trend was the same ( $p < 0.001$ ), with values of  $1.7 \pm 0.1$  moles / day at the maintenance level and  $2.4 \pm 0.3$  moles / day at the ad libitum level. At the intermediate levels, emissions vary in direct relation to consumption. The contrast between both species shows that the methane emissions in llamas is higher than in alpacas ( $p < 0.05$ ), with averages of  $2.02 \pm 0.37$  and  $1.31 \pm 0.26$  moles / day, respectively. From the results it is concluded that the level of consumption of fibrous concentrate has an effect on the emissions of enteric methane in alpacas and llamas.

**Keywords:** Alpaca, fibrous concentrate, gases, llama, methane.

## I. INTRODUCCIÓN

La ganadería, después de la agricultura, es la segunda fuerza que impulsa la seguridad alimentaria y el desarrollo sostenible de las poblaciones mundiales; sin embargo, esta actividad tiene dos problemas básicos, la baja productividad animal y la alta contaminación ambiental, sobre todo en condiciones de altura, debido a las características de su alimentación con pastos y forrajes de alto contenido de fibra y bajo contenido de proteína (FAO, 2011).

El metano entérico ( $\text{CH}_4$ ) constituye el gas digestivo más abundante que eliminan los animales rumiantes, como producto del trabajo bioquímico de un grupo de microorganismos del dominio Archaea que vive en el rumen, con predominio del género *Methanobrevibacter*, un grupo anaerobio estricto, capaz de crecer utilizando  $\text{H}_2$  como fuente de energía y electrones que derivan del  $\text{H}_2$  para reducir  $\text{CO}_2$  a  $\text{CH}_4$ . (Janssen y Kirs, 2008)

Las emisiones de metano de origen entérico contiene doble problema: primero porque afecta negativamente la productividad animal, puesto que representa pérdida de la energía dietaria consumida; y segundo, afecta negativamente el ambiente, debido a que forma parte de los gases de efecto invernadero (GEI) (Johnson et al., 2007).

Los camélidos sudamericanos (CSA), tales como la alpaca y la llama contribuyen a la seguridad alimentaria para una vasta población andina; sin embargo, también contribuyen a la contaminación ambiental, debido a que producen una cantidad de metano tan similar que el ovino (5.1 vs 4.7%EB) cuando se le alimenta con heno de alfalfa, o una cantidad mayor (9.4 vs

7.5%EB) cuando se le alimenta con ryegrass/trébol y (6.4 vs 2.7%EB) cuando se le alimenta con lotus, respectivamente (Pinares et al., 2003).

La mala estrategia dietaria se manifiesta con altas emisiones de metano entérico ( $\text{CH}_4$ ) con efectos sobre el calentamiento global (IPCC, 2007), la magnitud de las emisiones depende de la cantidad y calidad del alimento consumido por los animales (Johnson y Johnson 1995), que con implicancias de tipo nutricional y ambiental que se expresan con pérdida de la energía consumida y contaminación ambiental, por lo que es necesario investigar las posibilidades de mitigación (Pinares et al., 2009 y Jiao et al., 2013).

El proyecto plantea realizar un estudio del efecto de diferentes niveles de consumo de concentrado fibroso, respecto a las emisiones de metano entérico ( $\text{CH}_4$ ), en alpacas y llamas, también realizar el contraste entre alpacas y llamas entre los mismos niveles de consumo, a fin de contribuir en los esfuerzos por mejorar la productividad animal y conservar la salud ambiental. El objetivo del proyecto fue determinar el efecto del nivel de consumo de concentrado fibroso sobre las emisiones de metano entérico en alpacas y llamas, y el contraste entre las emisiones de ambas especies.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Antecedentes

La baja productividad y la alta contaminación son los problemas básicos que afronta la crianza del ganado vacuno en altura, debido a las características de su dieta de alto contenido de fibra y bajo contenido de proteína, que se manifiesta con altas emisiones de metano entérico (CH<sub>4</sub>) con efectos sobre el calentamiento global (IPCC, 2007).

La magnitud de las emisiones depende de la cantidad y calidad del alimento consumido por los animales, con implicancias de tipo nutricional y ambiental que se expresan con pérdida de la energía consumida y contaminación ambiental, por lo que es necesario investigar las posibilidades de mitigación (Johnson y Johnson, 1995; Pinares et al., 2009 y Jiao et al., 2013).

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

El procesamiento mecánico de los forrajes de la época seca en concentrados fibroso es una estrategia dietaria que podría mejorar la productividad animal y disminuir la contaminación ambiental. Los estudios previos han mostrado que el procesamiento forrajero en concentrados fibrosos con inclusión de heno de totora en la alimentación de vacunos de

engorde mejoró la ganancia de peso en los animales y disminuyó las emisiones de CH<sub>4</sub> entérico estimados a través de modelos (Roque et al., 2012).

### **2.1.1. Metodologías empleadas para medir las emisiones de metano.**

Para el desarrollo de un inventario preciso, o para implementar estrategias de mitigación, es importante que exista confianza en la precisión de la tecnología utilizada para medición de CH<sub>4</sub>. Las emisiones de metano provenientes del ganado han sido medidas como parte de los estudios sobre fermentación ruminal, balance energético, evaluación de aditivos y más recientemente, para caracterizar y reducir la contribución de rumiantes a la carga global de CH<sub>4</sub>. Las emisiones de CH<sub>4</sub> por parte del ganado se han medido usando técnicas de calorimetría de la respiración tales como las cámaras de cuerpo entero, cajas de cabeza y cámaras y máscaras ventiladas (Johnson y Johnson, 1995).

Hay muchas opciones disponibles para medir las emisiones de metano producidas por los rumiantes, la selección de la técnica dependerá de la exactitud de cada una, las ventajas y desventajas (Johnson et al., 2000).

La mayor parte de los estudios in vitro se han centrado en el estudio de los parámetros de la fermentación ruminal tales como la producción de gas y de metano, desaparición del sustrato (MS y FDN), pH, producción de AGV y concentración de NH<sub>3</sub> (Martínez, 2009).

La medición de las emisiones de metano in vivo incluye el uso de animales en pastoreo lo que es bastante difícil y extremadamente costoso, ya que requiere el uso de equipo y materiales altamente especializados (Johnson et al., 2007). Los métodos in vitro no solo tienen la ventaja de ser más económicos y requerir menos tiempo, sino que le permiten también controlar con mayor precisión las condiciones experimentales (Getachew et al., 1998).

#### **2.1.1.1. Antecedentes de uso del equipo Gasmeter DX – 4030.**

El método utilizado para la medición de la producción de metano fue la técnica  $CO_2$ , que se basa con  $CO_2$  como gas trazador. La medición de la relación de  $CH_4/CO_2$  a intervalos regulares, combinados con la medición de  $CO_2$  diaria total producido, la cantidad de metano producido se puede calcular. La concentración de  $CO_2$ ,  $CH_4$  y  $CO_2$  / ratio de  $CH_4$  se midió cada dos horas durante un período de 24 horas en el sexto día, de cada período de recolección de datos. Esto se hizo con el equipo portátil Gasmeter DX-4030 basado en mediciones infrarrojas. Los animales se mantuvieron en la cámara durante 15 minutos, y los gases se midieron los últimos 5 minutos. (Bäckman, 2012)

**Método a:** El uso de circuito abierto Cámara respiración. Los animales fueron colocados en una cámara de respiración de circuito abierto (100 x 60 x 80 cm) y se suministra con agua, heno de hierba, y se concentran. Las concentraciones de metano y de  $CO_2$  en el aire se midieron con un aire sampler y un analizador portátil

(Gasmeter4030, Gasmeter Tecnologías Oy, Helsinki, Finlandia) basado en la detección de infrarrojos de transformada de Fourier. Un medidor de flujo de dispersión térmica (modelo ST75V-BF2JE-20BQ0, Fluid Components International, San Marcos, CA) se utilizó para medir el flujo de aire. Tanto el equipo Gasmeter 4030 y el medidor de flujo de aire fueron calibrados de fábrica y validados contra equipos de circuito al aire libre en la Universidad de Aarhus, Dinamarca. El mismo equipo se utilizó para todas las mediciones de CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> tanto en el aire exterior, en las cámaras, y en la casa wallaby. La producción calculada de CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> y la relación entre el CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub> en el gas producido por los canguros se calcula restando la concentración atmosférica promedio de 380 ppm de CO<sub>2</sub> y 1,8 ppm de CH<sub>4</sub> a partir de las concentraciones medidas y luego multiplicar por el flujo de aire. Las concentraciones reales de CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub> en el aire de entrada sólo se desvió ligeramente de las concentraciones atmosféricas medias utilizadas. Los cálculos se realizaron en cada lectura, que fueron tomadas cada 20 s (Madsen y Bertelsen, 2012)

**Método b:** El uso de la Razón CO<sub>2</sub>/ CH<sub>4</sub> en la Casa Wallaby.

Las mediciones de las concentraciones de CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub> se hicieron durante 20 minutos en la casa wallaby semi-abierta en el zoológico de Copenhague, donde quedaron canguros parte del tiempo cuando no pastoreo. La relación entre CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub> se calculó después de la corrección para el contenido en el aire natural. Los valores absolutos para la producción de CH<sub>4</sub> se calcularon utilizando la relación entre

la concentración de CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub> en la casa wallaby y multiplicando este cociente con la producción de CO<sub>2</sub> estimado obtenido de la literatura, como se muestra en la ecuación (Madsen y Bertelsen, 2012).

$$\text{CH}_4\text{produced (L/d)} = a * (b - d)/(c - e), [1]$$

Donde:

- a = CO<sub>2</sub> producido por el animal, L/d;
- b = la concentración de CH<sub>4</sub> en la mezcla de aire, en ppm;
- c = la concentración de CO<sub>2</sub> en la mezcla de aire, en ppm;
- d = la concentración de CH<sub>4</sub> en el aire exterior, en ppm; y
- e = la concentración de CO<sub>2</sub> en el aire exterior, ppm.

La producción de CO<sub>2</sub> se calculó a partir de la producción de calor como se informa en la literatura (1L de CO<sub>2</sub> producido por 21,75 kJ de calor producido por los animales; que es el mismo que su requisito de mantenimiento. (Madsen y Bertelsen, 2012).

El estudio se llevó a cabo en un establo de caballos recreativos en mantenimiento. La longitud del edificio fue de 52m, ancho 11m, altura de 4 m. El área de instalaciones utilizables (72 m<sup>2</sup>), que fue amurallada - del resto del edificio y no se tuvo en cuenta durante la enumeración de la cubicación (2000 m<sup>3</sup>) y cilindrada (100 m<sup>3</sup>) por caballo. En el centro del edificio había un pasillo. En su lado había 8 cajas - puestos (4m x 3m), instalaciones utilizables, aseo gradas y en el otro lado había 6 cajas - puestos (4m x 4m) y 6 de la caja - puestos de venta (4m x 3m). En ambos muros hastiales había puertas de entrada, dividido en cuatro secciones que se abrían de

forma individual hacia el exterior. El estiércol se eliminó de los puestos de par de veces al día, y una eliminación completa de paja ocasión se llevó a uno de cada cuatro días. Además de que el edificio fue transmitido regularmente durante el día. Para la medición de la contaminación de aire y gas del analizador móvil de gas Gasmeter DX-4030 empleando FTIR se utilizó. Se recogieron muestras durante 7 días, 3 veces al día (a las 4:00, 13:00 y 21:00). La medición se llevó a cabo en dos niveles que representan la altura de la cabeza del caballo durante descansando en una posición de acostado (20cm) y al estar de pie (150cm) y una medición que representa la altura de un humano (170cm). La investigación se realizó en 6 Stall - cajas y en 3 puntos en el pasillo (dos puntos cerca de la puerta y en el medio de un edificio). Para caracterizar compuestos químicos, a partir de muestras de aire recogidas un programa informático Calcmeter Pro, que contiene una biblioteca que permite la identificación de la presencia y concentración de compuestos químicos 9 elegidas: óxidos ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{COS}$ ), amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), cianuro de hidrógeno ( $\text{HCN}$ ), estireno ( $\text{C}_8\text{H}_8$ ) y metano ( $\text{CH}_4$ ) (Kwiatkowska-Stenzel et al., 2011).

#### **2.1.1.2. Determinación de la producción de metano: emisiones de metano entérico ( $\text{CH}_4$ ).**

El aparato previa calibración con aire atmosférico, es colocado en el interior de la cámara de respiración, a una altura de 1.20m, y controlado desde el exterior por sistema inalámbrico (Bluetooth) de

un PDA (personal digital assistant). La composición del masa de aire presente contenida en la cámara de respiración se analiza cada 10 minutos , 3 veces por sesión en cada animal (inicio, durante y final) y por sesión, registrando tomándose como dato la medición del minuto 20, con la asunción de que el animal es la única fuente de metano (Broucek, 2014b), que el metano (como lo establece la primera ley de Fick), fluye desde una región de alta concentración hacia una región de baja concentración (Jaynes y Rogowski, 1983), con un coeficiente de difusión de  $0.2168 \text{ m}^2/\text{s}$  en el aire, a  $298.2^\circ\text{K}$  y 1 atmosfera de presión (Cowie y Watt, 1971), de manera que el gas difundirá en toda la cámara en pocos segundos. Luego de retirar al animal, los gases serán expulsados de la cámara por ventilación mecánica forzada durante 10 minutos, hasta disipación total. El manejo de los animales se realizará con arreglo al protocolo de medición de las emisiones de metano en ovinos (Williams et al., 2007).

Puesto que los animales se caracterizan por tener masa y volumen (Chang et al., 2012), es necesario estimar su volumen corporal y restar de los animales del volumen total de la cámara de respiración. El volumen corporal de los animales se estimó mediante la fórmula adaptada para camélidos (Paputungan et al., 2015):

$$V = r^2h, D: \pi = 3.1416, r = \text{radio}, h = \text{altura}.$$

El radio se deduce de la fórmula de la circunferencia ( $C = 2\pi r$ ,  $r = C/2\pi$ ), que en este caso corresponde al perímetro torácico del animal (cm), medido desde la parte más alta de la cruz, pasando

justo por detrás del miembro anterior. La altura el largo del medido (tuberosidad humeral. Por consiguiente, el volumen corporal fue calculado en centímetros cúbicos (cm<sup>3</sup>), luego convertido en litros y en metros cúbicos (m<sup>3</sup>). Todas las mediciones de las dimensiones fueron tomadas por las mañanas, antes de que los animales fueran alimentados.

A partir de datos de peso vivo (Kg) y volumen corporal (m<sup>3</sup>) de una muestra representativa de alpacas machos y hembras adultas se genera la siguiente ecuación de predicción para estimar el volumen corporal de los animales (Paputungan et al., 2015):

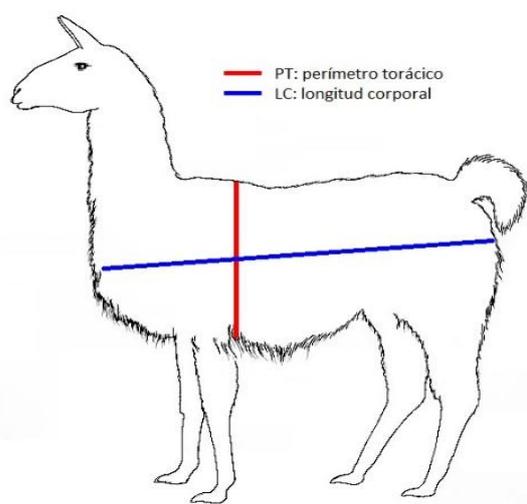
$$Y = 0.0011x + 0.0041 \quad (R^2 = 0.9727) \quad \text{machos}$$

$$Y = 0.0011x + 0.0026 \quad (R^2 = 0.9695) \quad \text{hembras}$$

Donde:

Y = volumen corporal (m<sup>3</sup>)

x = peso corporal (Kg).



**FIGURA 1** Medidas corporales para la estimación de volumen corporales llamas y alpacas.

La producción total de metano  $\text{CH}_4$  entérico del animal dentro de la cámara de respiración corresponde al producto de la concentración absoluta del gas ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) y el volumen corregido de total del aire ( $\text{m}^3$ ) presente en la cámara (Broucek, 2014). A partir de este valor se calcula la producción de metano producción en masa total de metano de las 24 horas del día ( $\text{g}/\text{día}$ ,  $\text{mol}/\text{día}$ ,  $\text{L}/\text{día}$ ), luego en el volumen de metano producido a partir de la ecuación universal de los gases ideales. (Chang et al., 2012):

Las emisiones de  $\text{CH}_4$  entérico se expresan en cantidades absolutas (moles/día), proporción del consumo (Moles/Kg IMS) o %MS o energía consumida y como intensidad de las emisiones (moles/unidad de producto) (Leslie et al., 2008), así como en equivalentes de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), considerando para el metano una fuerza radiactiva de 25 en un horizonte de 100 años (Forster et al., 2007).

## 2.2. Bases teóricas

La alpaca, conocida hasta hace poco tiempo como Lama pacos, ahora renombrada como Vicugna pacos, perteneciente al orden Artiodactyla (dedos ungulados), suborden Tylopoda (tylo, callo; podos, pata) (Kaldwell et al., 2001).

Es una especie de camélido adaptada a ambientes de tierras altas de los andes, con una alta capacidad para utilizar la energía dietaria muy eficientemente (Reyner y Bryant, 1986; Wensvoort et al., 2004), una conducta alimenticia, estructura y función de su tracto digestivo adaptado

a pastizales, capaz de seleccionar una dieta de alta calidad cuando sea disponible y de sobrevivir sobre forrajes fibrosos de baja calidad, remarcable productora de carne y fibra, que contribuye efectivamente al bienestar y subsistencia de las poblaciones de esos ambientes duros y difíciles (Engelhardt et al., 1986 a,b; San Martín, 1989).

Existe confusión si los camélidos son rumiantes o pseudo-rumiantes. La confusión deriva de la insistencia en comparar las características anatómicas del estómago de los camélidos con las de ovino y vacuno (Vallenas et al., 1971). Por lo general, consideran “rumiante” al vacuno, ovino, caprino, ciervo (Ramírez, 2005; Burnham, 2006), y “pseudo-rumiante” (falso) al camello (Steven, 2003), llama y alpaca (Irlbeck, 2002), o rumiantes modificado (Johnson, 2004), o quasi-rumiante (Cooper, 2006), sólo porque los camélidos carecen de rumen o tienen un omaso distinguible como los llamados verdaderos (Hegazi, 1950).

La confusión se complica más aún cuando también denominan pseudo-rumiante al caballo y a la mula (Kelley et al., 2006), o quasi-rumiante a la babirusa (*Babyrousa babyrussa*), que no es ningún camélido sino un extraño “cerdo” de las Islas Célebres de Indonesia cuyo estómago tiene un saco extra parecido al del ovino pero de que ninguna manera realiza rumia como lo hace el rumiante (Corliss, 2000).

Los Camélidos Sudamericanos en su hábitat natural, en el altiplano andino, se alimentan de los pastos naturales que crecen a esa altitud, cuya disponibilidad está sometida a los cambios estacionales. La cantidad de forraje disponible varía de la época húmeda (diciembre a marzo) a la

época seca (mayo a octubre) pero los animales se adaptan a estos cambios estacionales depositando capas de grasa subcutánea, muscular y retroperitoneal durante la época húmeda, que movilizan en las épocas de escasez (Fowler y Zinkl, 1998). Los CSD tienen una alta eficiencia digestiva con alimentos de baja calidad que está relacionada con el mayor tiempo de retención del alimento en su tracto digestivo (San Martín y Bryant, 1989; Sponheimer et al., 2003). La digestión gástrica es similar pero no análoga a la digestión de los rumiantes (Fowler y Zinkl, 1998). Los camélidos regurgitan y vuelven a masticar el forraje que ingieren, como hacen los rumiantes, pero son mucho más eficientes que éstos en la extracción de proteína y energía de los forrajes de pobre calidad (San Martín y Bryant, 1989; Fowler y Zinkl, 1998; Sponheimer et al., 2003).

### **2.2.1. Anatomía y fisiología del estómago de los camélidos sudamericanos.**

La anatomía y fisiología del estómago de los camélidos es muy diferente de la de los rumiantes, el estómago de los camélidos (camello, llama, alpaca y vicuña), aunque tiene un omaso tubular casi indistinguible, está formado por tres compartimientos (C1, C2, C3), C1 y C2, están cubiertos por áreas de sacos glandulares (Bowen, 2003); en cambio del vacuno, el estómago del vacuno y ovino tiene cuatro compartimientos (rumen, retículo, omaso y abomaso), cubiertos por el epitelio estratificado y queratinizado (Lechner-Doll et al., 1995); una efectiva secreción de bicarbonato que mantiene el pH estomacal cercano al neutro (Cumings et al.,

1972; Eckerlin y Stevens, 1973), una mayor producción y concentración de ácidos grasos volátiles en sus cámaras de fermentación estomacal (Rubsamen y Engelhardt, 1978; San Martín, 1991), menor excreción renal de urea y mayor reciclaje de nitrógeno (Hinderer y Engerhardt, 1975), que pueden sobrevivir con forrajes de muy baja calidad (Engelhard y Schneider, 1977). sin embargo, ambos tipos de estómagos cumplen el mismo rol, sirven como cámaras de fermentación, y tienen los mismos mecanismos de la rumia.

La simple diferencia anatómica del estómago como único modelo para distinguir rumiante de pseudo-rumiante parece insuficiente y amerita un análisis conceptual desde un punto de vista de la función “rumia” que caracteriza a estos animales. El término rumiante deriva del Latín ruminare que significa remasticar el alimento (Ramírez, 2005).

Si los camélidos fueran pseudo-rumiantes, quasi-rumiantes, o rumiantes modificados, (Irlbeck, 2002), deberían tener limitaciones para la digestión de los forrajes y el uso de los productos de la digestión; sin embargo, las evidencias muestran que tienen mayor capacidad que el vacuno, ovino o caprino para digerir los forrajes fibrosos, por lo que se les debería denominar súper rumiantes (Hintz et al., 1973; San Martín y Bryant, 1989; Warmington et al., 1989; Gihad et al., 1989; Dulphy et al., 1994; López et al., 1998; Van Saun, 2006; Folkesson, 2007), debido a un mayor tiempo de

retención del alimento en su tracto digestivo y una mayor exposición a la fermentación microbiana (López et al., 1998; Sponheimer et al., 2003).

A partir de esa base, los camélidos, junto con la jirafa, ciervo, ovino, vacuno, caprino y antílope, son rumiantes (Reiner y Brayant, 1983), tienen un estómago múltiple de varias cavidades (poligástrico), una conducta de “remasticar” el alimento regurgitado y/o digerir el alimento en dos etapas (Schoenian, 2005), con los mismos mecanismos de rumia en ciclo de cuatro fases (regurgitación, remasticación, reinsalivación, redeglución), una similar población microbial simbiote (Navarre et al., 1999), y similar patrón bioquímico de fermentación microbial anaeróbica, aunque las concentraciones de los ácidos grasos de la cadena corta en los proventrículos de los camélidos, son siempre mayores (Lechner-Doll et al., 1995).

El aparato bucal presenta labio leporino, que confiere a estos animales una ventaja para asir y recolectar forraje con gran eficiencia. Una particularidad son los incisivos, que se ubican oblicuamente y tienen un crecimiento continuo, semejante al de los roedores. Este tipo de sistema dentario, que les permite seguir recolectando forraje eficientemente a pesar del paso de los años, favorece su longevidad. (Mamani, 2011)

### 2.2.2. Alimentación.

La base de la alimentación de los camélidos sudamericanos en general lo constituyen las praderas de pastos naturales las que se caracterizan por un predominio de gramíneas con escasa presencia de leguminosas. Hay una gran variación estacional tanto en la producción de biomasa como en el contenido de proteína, con relativa abundancia en la estación de lluvias y marcada escasez en la época seca. La precipitación pluvial varía de un año a otro, entre 900 a 1 200 mm y está circunscrita a 4 meses del año: diciembre a marzo; los ocho meses restantes son prácticamente de una sequía completa con un alto índice de evaporación. La temperatura ambiental varía de una máxima de 18 a 20° C en el día a -12° C durante la noche en los meses invernales. Con cierta frecuencia, la sierra alta es afectada por tormentas de nieve que al cubrir los pastos dejan sin alimento a los animales por varios días. Otros años hay sequías prolongadas que, igualmente, afectan la disponibilidad de forraje lo que repercute en el comportamiento productivo de los animales (FAO, 2009).

Especies de gramíneas del género *Lolium* y de leguminosas del género *Trifolium*, han dado excelentes resultados y son plenamente aceptados por las alpacas y llamas. Además, con la ventaja de que no se observaron problemas de timpanismo en alpacas debido al consumo de leguminosas, a diferencia de ovinos y vacunos en los que esta afección constituye un verdadero problema. Estas

experiencias demuestran la factibilidad de establecer pastos cultivados a altitudes de 4000 m o más, lo que constituye una alternativa importante para aliviar la presión sobre los pastos naturales y al mismo tiempo obtener una mayor productividad por unidad de superficie con los consiguientes beneficios económicos para los productores (FAO, 2009). No se han reportado deficiencias minerales en alpacas y llamas; es probable que existan. No es usual el suministro de mezclas minerales como es el caso en otros animales; además los camélidos no tienen el hábito de lamer (FAO, 2009).

### **2.2.3. Concentrado fibroso.**

Alimentos fibrosos y forrajes secos: heno, pajas, rastrojos, cáscaras. Tienen aproximadamente 80% de materia seca (MS) y mínimo 20% de fibra cruda (FC) (Castro y Chirinos, 2008).

Con el fin de disminuir los efectos asociativos negativos derivados del uso de elevadas cantidades de grano en la dieta, en años recientes se ha incrementado el interés por el uso de una amplia gama de subproductos energéticos altos en fibra en la formulación de concentrados para rumiantes, especialmente en ganado lechero en producción (Castaldo, 1995). Estos ingredientes forman parte del grupo también conocido como alimentos alternativos (AA) o AA altos en fibra (AAF). Los AA tienen perfiles nutricionales considerablemente diferentes de los alimentos convencionales (Orarkovich y Linn, 1992).

**Contenido de fibra y energía:** Cuando los AAF son incluidos, la concentración de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) puede incrementarse varias unidades porcentuales. El conocimiento convencional podría sugerir que la concentración energética de la dieta podría disminuir y por lo tanto el consumo de materia seca (CMS) es limitado. Sin embargo, dadas las interacciones digestivas positivas y el consumo compensatorio, la productividad animal no cambia o podría incrementarse un poco antes que ser adversamente afectado. El hecho fisiológico de como la adición de AAF afecta el consumo en dietas basadas en forraje no está bien comprendido. Algunos autores sugieren que de alguna forma ayuda a asegurar un ambiente ruminal más eficiente para la digestión de las paredes celulares (ejemplo, incrementando la biomasa de hongos celulolíticos ruminales) (Preston y Leng, 1989).

Los concentrados fibrosos resultan económicamente rentables al sustituir en gran proporción granos y pastas proteicas en la dieta total sin necesidad de modificar la relación forraje: concentrado de la dieta. Al sustituir en un 69% la adición de granos en el concentrado, el costo del concentrado alto en fibra se redujo un 15% (Bustamante, 2002).

#### **2.2.4. Requerimientos nutricionales de la alpaca y llama.**

En camélidos la tasa más lenta de paso de partículas llena el tracto gastrointestinal, la limitación de la ingesta de alimento. En promedio, los camélidos tienen 25% menos de consumo de materia seca que

otros rumiantes. Un rendimiento de los animales es determinado por varios factores: la disponibilidad de alimentos, el consumo de alimento, contenido de nutrientes en el alimento. La energía digestible (digestibilidad) es el factor limitante más común, sin embargo proteínas y minerales también puede ser el factor limitante (Gomez, 2011).

#### **2.2.4.1. Mantenimiento.**

Para el mantenimiento de los animales más viejos o animal con un bajo nivel de actividad, incluso forraje de baja calidad puede ser suficiente, si las proteínas y los minerales son adecuados (Gomez, 2011).

#### **2.2.4.2. Cría y gestación.**

Durante temporadas la cría debe recibir forrajes que son de 10 a 20% más alta en energía digestible, y menor en Fibra detergente neutro (FDN). Durante el embarazo precoz (primeros dos tercios de la gestación) las necesidades nutricionales de las hembras son bajas. Durante el último tercio de gestación, las necesidades de nutrientes aumentan porque el peso fetal aumenta rápidamente. Además, las hembras a menudo tienen que almacenar la grasa que se utilizará durante la demanda de alta energía de la lactancia temprana. Durante las últimas etapas de la gestación no sólo aumentan los requerimientos de nutrientes, se reduce el espacio interno del cuerpo para el tracto digestivo. Así, en el último 10% del

embarazo es importante para aumentar sustancialmente la nutrición dietética (Gomez, 2011).

#### **2.2.4.3. Crecimiento.**

El crecimiento muscular es principalmente proteína, y el hueso es en su mayoría minerales (calcio y fósforo), por lo que los animales en crecimiento tienen necesidades mucho mayores para calcio y fósforo, minerales y energía. Sin embargo, los animales más jóvenes tienen menos capacidad corporal interna para acomodar el consumo de forraje voluminoso que los animales más viejos. Esto explica la necesidad de una mayor densidad de energía en la dieta de joven, animales en crecimiento (especialmente hasta que alcanzan 50% de su peso corporal). La leche de la madre es un excelente complemento para animales jóvenes, que les permite un buen desempeño cuando se consumen forrajes. Después del destete, que complementa las dietas de forraje con proteínas y minerales a menudo mejora la tasa de crecimiento (Gomez, 2011).

#### **2.2.4.4. Lactancia.**

Lactancia coloca la mayor demanda de nutrientes en animales. Por lo tanto, necesitan un forraje de alta calidad y/o alimentos que se preste. Un balance de la fibra es importante: demasiada fibra reduce la ingesta de densidad de energía y límites, lo que resulta en baja producción de leche; muy poca fibra aumenta engorde en la hembra,

y aumenta la incidencia de trastornos digestivos y metabólicos  
(Gomez, 2011).

**TABLA 1** Grupos de alimentación sugerido en base a los requerimientos nutricionales y estado fisiológicos.

| Grupo                       | Estado fisiológico | Plan de alimentación   | Régimen dietético (a)  |
|-----------------------------|--------------------|--|--|
| Hembras con crías           | Lactación          | Requisitos más altos de nutrientes, se alimentan de forrajes de mejor calidad, con suplementos de energía/proteína | 60% a 70% NDT,<br>12%-14% proteína cruda,<br>0.45%-0.62% Ca,<br>0.32%-0.45% P, (b)   |
| Destetados hasta 11/2 años  | Crecimiento        | Requisitos más altos de nutrientes, se alimentan de forrajes de mejor calidad, con suplementos de energía/proteína | 55% a 65% NDT,<br>14%-16% proteína cruda,<br>0.53%-0.73% Ca,<br>0.27%-0.38% P, (b)   |
| Machos > 1 año              | Mantenimiento      | Bajos requisitos menos trabajo, y luego ajustar en consecuencia; bajo a moderado forraje de calidad                | 55% a 60% NDT,<br>8%-10% proteína cruda,<br>0.3%-0,48% Ca,<br>0.21%-0.28% P, (b)     |
| Hembras preñadas 1-8 meses  | Mantenimiento      | Bajos requerimientos aseguran sin pérdida de condición corporal, adecuadas de proteínas, minerales y vitaminas     | 50% a 55% NDT,<br>8%-10% proteína cruda,<br>0.2%-0.24% Ca,<br>0.12%-0.2% P.          |
| Hembras preñadas 9-11 meses | Preñadas           | Moderada a alta calidad del forraje con el suplemento para las necesidades de minerales y vitaminas adicionales    | 55% a 70% NDT,<br>10%-12% proteína cruda,<br>0.45%-0.56% Ca,<br>0.28%-0.33% P, (b,c) |
| Hembras reproductoras       | Mantenimiento      | De baja a moderada requisitos; asegurar que no exceso de peso o pérdida de la condición corporal                   | 50% a 55% NDT,<br>8%-10% proteína cruda,<br>0.2%-0.24% Ca,<br>0.12%-0.2%P            |
| Hembras obesas              | Sub Mantenimiento  | Bajos requisitos forrajes de baja calidad con un suplemento mineral/vitamina menos embarazada                      | 40% a 50% NDT,<br>8%-9% proteína cruda,<br>0.2%-0.24% Ca,<br>0.12%-0.2% P            |

Fuente: Gomez, 2011.

Necesidades dietéticas más precisas serán determinadas por el nivel de la producción (leche, tasa de crecimiento), las condiciones ambientales y los cambios deseados en la condición corporal (Gomez, 2011).

- a) asegurar que el agua disponible suficiente y sal de libre elección. Sal blanca se debe utilizar cuando los minerales traza se incluyen en un suplemento. De otra manera, la sal mineral debe estar disponible.
- b) estos grupos de alimentación requieren mayores cantidades de minerales y vitaminas rastro, preferiblemente entregado por un suplemento.
- c) de energía alimentaria y el contenido de proteína cruda puede ser necesario aumentar aún más al final del embarazo si la ingesta de materia seca cae por debajo de 1.5% del peso corporal (Gomez, 2011).

#### **2.2.5. Consumo voluntario.**

La medición del consumo ad libitum es un buen indicador de la calidad del alimento, este varía además de los factores ya descritos por la especie, estado fisiológico, su demanda energética y su individualidad (Ruiz De Castilla, 1994).

#### **2.2.6. Descripción de alimentos en la dieta.**

En camélidos la tasa más lenta de paso de partículas llena el tracto gastrointestinal, la limitación de la ingesta de alimento.

#### **2.2.6.1. Heno de avena.**

Su elevado nivel de fibra (15%) limita su uso de dietas de pollos, gallinas, y porcinos. El heno de avena contiene mínimamente 87% de MS, energía metabolizable 1.89 Mcal, 4% de proteína cruda y 25% de fibra cruda (castro y Chirinos, 2008).

#### **2.2.6.2. Heno de alfalfa.**

Entre las especies aptas para su henificación, se encuentra la alfalfa. Y en este caso es preciso determinar cuál es el estado vegetativo más adecuado. Es necesario hacer resaltar que no existe un momento de corte óptimo en un estado vegetativo determinado en el que coincidan todas las características para efectuar el corte. La alfalfa heno contiene 88% de materia seca, proteína en 14.78% y fibra cruda 26.2% (Gallarino, 2008).

#### **2.2.6.3. Suplamindifos.**

Suplemento mineral con alto contenido de calcio y fósforo, enriquecido con minerales y vitaminas A, D3 y E. Cubre las exigencias metabólicas requeridas para la reproducción, crecimiento y producción de los animales (TQC, 2015).

#### **2.2.6.4. Sal común.**

Se agrega a las dietas de diferentes especies animales con la finalidad de satisfacer las necesidades de Na y Cl. Puede ser enriquecida con yodo (yoduro de potasio, 1 parte de yodo por 10000

partes de sal). En la formulación de raciones se utiliza de 0.5 a 1.0% (Castro y Chirinos, 2008).

### **2.2.7. Metano.**

El metano ( $\text{CH}_4$ ) es un poderoso gas de efecto invernadero que tiene la propiedad de absorber los rayos infrarrojos y aumentar las temperaturas próximas a la superficie de la tierra, con impacto sobre el calentamiento global y el cambio climático (Montzka et al., 2011). La fuerza radiativa del metano es de 25 veces más poderosa que la de  $\text{CO}_2$  en un horizonte de 100 años y constituye el 18% de la fuerza radiativa global en la atmósfera (sin contar el vapor de agua), y es posible que incremente su papel en el calentamiento global. Su concentración atmosférica está en constante incremento, con un aumento de 158% en los últimos 120 años, habiendo alcanzado a la alarmante cifra de 1830 ppb (NOAA, 2013).

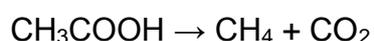
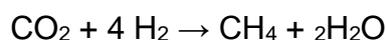
#### **2.2.7.1. Metano entérico.**

El metano entérico ( $\text{CH}_4$ ) es el gas digestivo más abundante que eliminan los animales rumiantes, como producto del trabajo bioquímico de un grupo de microorganismos del dominio Archaea conocidos colectivamente como metanógenos del phylum Euryarcheota que viven en el rumen, con predominio del género *Methanobrevibacter*, un grupo anaerobio estricto, capaz de crecer utilizando  $\text{H}_2$  como fuente de energía y electrones que derivan del  $\text{H}_2$  para reducir  $\text{CO}_2$  a  $\text{CH}_4$  (Janssen y Kirs, 2008). La metanogénesis

(biometanación) es el paso final de la descomposición de la biomasa. Los Archaea son un grupo filogenético distinto a los eukariotas 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), sino carbono 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: (i) a partir de la reducción de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) con hidrógeno ( $\text{H}_2$ ) (ruta hidrogenotrófica), (ii) a partir de compuestos metilados tales como el metanol y aminas metiladas (ruta metilotrófica), y (iii) a partir de la escisión del acetato (ruta acetoclástica) (Thauer et al., 2008; Liu y Whitman, 2008; Ferry, 2011).

Las dos rutas más conocidas involucran al uso de dióxido de carbono y ácido acético (Hook et al., 2010):



Sin embargo, la metanogénesis puede utilizar también carbono de otros compuestos orgánicos pequeños, tales como el ácido fórmico (formato), metanol, metilaminas, dimetil sulfuro y metanotiol, dependiendo del pH y la temperatura. Los metanógenos son beneficiarios directos del hidrógeno ( $\text{H}_2$ ) que genera la fermentación

de los alimentos por los otros microbios del rumen. Su metabolismo les permite obtener energía por reducción de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) con los electrones que derivan de la oxidación de  $\text{H}_2$ , produciendo  $\text{CH}_4$  (Janssen y Kirs, 2008). Por consiguiente, la metanogénesis disminuye la cantidad de  $\text{H}_2$  en el rumen y constituye la principal ruta de remoción de  $\text{H}_2$  en el rumen. La información disponible indica que se puede minimizar la metanogénesis disminuyendo la producción de  $\text{H}_2$  (disminuyendo el número de productores de  $\text{H}_2$  tales como los protozoarios y algunos microorganismos fibrolíticos), inhibiendo la formación de  $\text{CH}_4$  y/o redireccionando el  $\text{H}_2$  hacia la producción de propionato (incrementando el número y la actividad de los no-metanógenos tales como los utilizadores de  $\text{H}_2$ ) (Morgavi et al., 2010).

La cantidad de metano emitido está estrechamente ligada a la cantidad de alimento ingerido y digerido. La digestión ruminal produce ácidos grasos volátiles (AGV),  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$ , amoníaco y calor. Los metanógenos reducen  $\text{CO}_2$  a  $\text{CH}_4$ , usando  $\text{H}_2$  como fuente de energía, como último paso de la fermentación entérica. La formación de  $\text{CH}_4$  actúa como el más importante sumidero de electrones que drena el  $\text{H}_2$  producido por los microorganismos ruminales (McAllister y Newbold, 2008). La emisión de metano tiene implicancias tanto nutricionales (pérdida de energía dietaria) como ambientales (gas de efecto invernadero), donde el metano que deriva de la digestión de los pastos templados equivale a 6-7% de la energía bruta del alimento consumido, equivalente a una producción anual de  $\text{CH}_4$  de

70-90 Kg de una vaca lactante (i.e. cerca de 250 Kg/ha/año para una carga animal de tres vacas /ha) (Pinares et al., 2009).

#### **2.2.7.2. Factores que afectan la producción de metano.**

a) **Factor Forraje:** La producción de metano principalmente depende de la cantidad y calidad del alimento que afecta la tasa de digestión y la velocidad de paso en el proceso de fermentación (Van Soest, 1982). También indica que los factores más importantes que influyen sobre la cantidad de metano producido y liberado por los rumiantes se encuentran: 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 microfloraruminal. La manipulación de estos factores puede reducir las emisiones de metano del ganado. Los dos principales factores responsables de las variaciones en la producción de metano son la cantidad de glúcidos fermentados en el retículo-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 ha sido comprobado tanto en modelos in vitro como en modelos in vivo (Boadi et al., 2002). Como otros autores también indican que la formación de metano producto de la fermentación ruminal está directamente relacionado con la calidad del forraje (Ominski y Wittenberg, 2004)

Las dietas altas en granos (más de 90% de concentrado) suministrada cerca de los niveles de ingesta ad libitum pueden reducir las pérdidas de metano al 2-3% (Johnson y Johnson, 1995). Cuando se aumenta el consumo, la producción total de metano aumenta, pero la cantidad de energía que se pierde en forma de metano por unidad de alimento consumido disminuye en un 12-30% (Blaxter y Wainman, 1961). Según algunos autores, los rumiantes a los que son ofrecidas dietas ricas en almidones tiende a exhibir mayores producciones de propionato, menores relaciones de acetato: propionato y menores emisiones de metano. Es conocido también que las altas tasas de fermentación de las dietas ricas en almidones, puede inhibir las bacterias metanogénicas y ciliados del rumen y aumentar la producción de propionato (Demeyer y Hendrickx, 1967).

En un extenso estudio sobre la calidad de las pasturas se presentan pruebas de que muchos de los pastos estudiados eran deficientes en diversos minerales como el cobre, el manganeso y el zinc. Se prevé que la falta de suplementos minerales o la ingesta inadecuada de mineral suplementario a través de estos pastos se traduce en un menor rendimiento, lo que a su vez incrementará las emisiones por unidad de producto (Wittenberg, 1997).

Las emisiones de metano entérico son afectadas tanto por el tipo de pastura y la temporada de pastoreo. Las emisiones son influidas por la calidad y la disponibilidad de la materia seca, en la medida en que las emisiones son más altas cuando la calidad del pasto y su

disponibilidad son bajas. En conclusión las emisiones entéricas de metano son las más altas cuando el animal es sometido a forrajes de baja calidad y con limitadas oportunidades para seleccionar, es decir, forraje escaso y de pobre calidad (Ominski y Wittenberg, 2004).

b) **Factor Ambiente:** Afectada por factores tales como la altitud, la latitud, la temperatura y el fotoperiodo (Van Soest, 1982) Las pasturas en el trópico generalmente son de regular a baja calidad dada la cantidad de material lignocelulósico de poca digestibilidad y a los bajos tenores de otros nutrientes, principalmente glúcidos solubles y proteína (Van Soest, 1982). Refieren que el metano emitido por unidad de MS digerida es mayor para los rumiantes alimentados con pastos subtropicales (C<sub>4</sub>) que con pastos de climas templados (C<sub>3</sub>) lo cual es atribuido al mayor contenido de glúcidos estructurales y lignina de las gramíneas C<sub>4</sub> (Ulyatt et al., 2002).

c) **Factor Producción:** Para otros autores, el sistema de producción así como el grupo racial de los animales, juegan un papel importante en las emisiones de metano producto de la fermentación ruminal (Pedreira et al., 2009).

d) **Factor Fisiológico:** La degradación ruminal de un forraje o una dieta depende no sólo de sus características químicas y físicas sino también de su tiempo de retención (tasa de pasaje) en el rumen. Es ampliamente aceptado de manera general que las propiedades del forraje que disminuyen su digestibilidad o prolongan su permanencia en el rumen, aumentan la cantidad de metano producido por unidad

digerida y de manera inversa, que la producción de metano disminuye con el aumento de las tasas de pasaje ruminales (McAllister et al., 1996).

Otro factor que afecta la producción de metano es la relación de ácidos grasos volátiles (AGV) producidos, la cual regula la producción de hidrógeno y la subsecuente producción de metano. Si la relación acética: propiónico llega a ser de 0.5 la pérdida energética puede ser de 0%. Pero si todos los glúcidos fuesen fermentados a ácido acético y no se produjera propiónico las pérdidas energéticas podrían llegar a ser del 33%. La relación acético: propiónico puede variar entre 0.9 a 4, por lo tanto las pérdidas por metano varían ampliamente (Johnson y Johnson, 1995).

En general, los factores que se asocian con un aumento en la tasa de paso son los alimentos en el rumen asociados a su vez con una disminución en la cantidad de  $\text{CH}_4$  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  $\text{CH}_4$  producido (Janssen, 2010).

e) **Factor genético:** Aparte de la gestión eficaz de los programas de alimentación, hay varias otras estrategias de manejo que sirven para mejorar la productividad animal. Éstos incluyen la adopción de

estrategias de selección animal y mejoramiento genético, de manejo reproductivo y el uso de promotores del crecimiento para mejorar la productividad (Ominski y Wittenberg, 2004).

La selección genética de animales que consumen menos alimento o producen menos metano por unidad de alimento es otra estrategia de gestión que se puede emplear para reducir las emisiones de metano entérico (Boadi et al., 2002). Una considerable variación entre los animales de pastoreo ha sido observada también por otros autores (Ulyatt et al., 2002) quienes estiman que la variación de animal-animal representa del 70% al 85% de la variación en la producción de metano diariamente. 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 digesta en el rumen (Hegarty, 2002).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. **Ámbito experimental.**

El trabajo se realizó en el Centro de Investigación y Producción (CIP) La Raya de la Universidad Nacional del Altiplano, ubicado en el distrito de Santa Rosa, provincia de Melgar, Región de Puno, a una altitud de 4200 msnm, ubicada entre las coordenada 14° 30'33" latitud sur y 70°57'12" longitud oeste(Holgado et al., 1979), realizado entre los meses de abril a agosto del año 2016, las muestras de emisión de metano entérico (CH<sub>4</sub>) se realizaron en una cámara hermética ubicado en el mismo centro.

#### 3.2. **Instalaciones y equipos.**

Las instalaciones están conformadas por 8 jaulas de alimentación (4 jaulas por especie) de 1.2m x 2.5m, para el confinamiento de los animales, donde se les suministró el concentrado fibroso, construido con troncos de eucalipto, fijados con pernos metálicos, y techo de calamina, y una cámara de respiración hermética construido con planchas policarbonato y estructuras metálicas, con una dimensión de 2 metros de alto por 2 metros ancho por 2.5 metros de largo(Fig. 13 Anexo) sobre una base plana de tablas de madera, cubierta por una funda impermeable, sellada herméticamente con silicona por dentro y por fuera de la cámara.

**Equipos:**

1. Equipo Gasmeter DX-4030 (Fig. 12 Anexo).
2. Balanza electrónica digital marca T-scale con plataforma metálica con capacidad de 500/0.1 kg para pesar animales.
3. Balanza analítica marca T-scale con capacidad de 200/0.0001 g para análisis de laboratorio (figura.9 Anexo)
4. Molino/picadorforrajeroTrappTRF-700 (Figura 4 Anexo).

**Materiales:**

1. Material de escritorio, libreta de campo, cuaderno de apuntes.
2. Cámara fotográfica.

**3.3. Animales y alimentación.**

**Animales:** El experimento utilizó 4 Alpacas y 4 llamas machos con edad promedio de 2 años, clínicamente sanos procedentes de cabaña “Siveria”, procedentes de la población de llamas y alpacas al pastoreo del CIP La Raya de la Universidad Nacional del Altiplano.

**Alimentación:** La dieta experimental estuvo conformado por un concentrado fibroso para alpacas y/o llamas, elaborado con forrajes heno de avena (*Avena sativa*) y heno de alfalfa (*Medicago sativa*), procesado mecánicamente con un molino/picadorforrajeroTrappTRF-700, a 12mmØ de tamaño de partícula, siguiendo las recomendaciones de (Heinrichs et al., 1999), con adición de minerales (sal y minerales), según la tabla 2.

**TABLA 2** Cantidad de insumo en el concentrado fibroso.

| Insumo                                     | Porcentaje % |
|--|--------------|
| Avena picada ( <i>Avena sativa</i> )       | 49.8%        |
| Alfalfa picada ( <i>Medicago sativa</i> ), | 49.8%        |
| Rocsalfos                                  | 0.2%         |
| Sal  | 0.2%         |
| TOTAL                                      | 100%         |

La ración suministrada para cada animal fue la misma en composición, variando solamente la cantidad en cada uno de ellos y en cada etapa, siendo los niveles de consumo de:

- Mantenimiento =  $W \cdot 0.04 \text{kg}$ .
- Nivel de alimentación que se utilizará para que el animal no gane ni pierda peso.
- Intermedio bajo =  $W \cdot 0.05 \text{kg}$ .
- Nivel de alimentación utilizado para que incremente la ganancia de peso.
- Intermedio alto =  $W \cdot 0.06 \text{kg}$ .
- Nivel de alimentación utilizado para que incremente más peso que el anterior nivel.
- Ad libitum =  $W \cdot 0.07 \text{kg}$ .
- Nivel de alimentación considerado con el mayor suministro de concentrado fibroso.

Siendo  $W$  =Peso metabólico= (peso vivo)<sup>0.75</sup>, Los datos se expresaron sobre la base del peso corporal metabólico ( $W_{\text{kg}}^{0.75}$ ) (Garrett et al., 1959).

Estas dietas fueron distribuidas según la tabla 3.

Para estimar los niveles de consumo se consideró al autor que manifiesta que el consumo de materia seca (MS) varía de acuerdo al nivel de alimentación, entre  $44 \text{ g}/W^{0.75}$  en el nivel de mantenimiento y  $60 \text{ g}/W^{0.75}$  en

el nivel ad libitum, (Roque, 2009), con un promedio de  $52g/W^{0.75}$ , por lo que las cantidades de materia seca a suministrar a los demás niveles de alimentación serán 1.25, 1.50 y 1.75 veces el consumo en el nivel de mantenimiento, las mismas que se ajustarán en el período de acostumbramiento.

Todas las alpacas y llamas recibieron la misma agua con suministro permanente en un recipiente de 4 litros, siendo adicionada el agua en caso que haya terminado o disminuido el agua suministrada.

### **3.4. Manejo experimental de los animales**

El manejo experimental se realizó en 4 etapas, con cuatro diferentes niveles (mantenimiento, intermedio bajo, intermedio alto y ad libitum) de concentrado fibroso, en 4 alpacas y 4 llamas, teniendo cada etapa (I, II, III, y IV) una duración de 2 semanas por cada etapa, en cada etapa se le suministró un nivel de dieta de concentrado fibroso distinto a cada animal (Tabla 3), los seis primeros días de cada etapa fue de acostumbramiento a la dieta de concentrado fibroso establecida para cada animal, y a partir del séptimo día se realizó la toma de muestra de emisión de metano entérico, en cada etapa cada animal fue muestreado 4 veces por la mañana y 4 veces por la tarde, obteniendo 16 muestras por cada especie en cada etapa, el pesado de los animales se realizó cada 7 días durante toda la realización del trabajo, esto para el cálculo de la cantidad de alimento que se le debe suministrar, la cantidad de alimento suministrada y el peso de cada animal se especifica en anexos.

**TABLA 3** Distribución de animales en las etapas para la suministración de 4 niveles de concentrado fibroso.

|           | Animal 1           | Animal 2           | Animal 3           | Animal 4           |
|-----------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Etapa I   | Mantenimiento      | Intermedio<br>bajo | Intermedio<br>alto | Ad Libitum         |
| Etapa II  | Ad Libitum         | Mantenimiento      | Intermedio<br>bajo | Intermedio<br>alto |
| Etapa III | Intermedio<br>alto | Ad Libitum         | Mantenimiento      | Intermedio<br>bajo |
| Etapa IV  | Intermedio<br>bajo | Intermedio<br>alto | Ad Libitum         | Mantenimiento      |

### 3.5. Metodología experimental

El trabajo consistió en realizar las mediciones de metano entérico ( $\text{CH}_4$ ) a diferentes niveles de concentrado fibroso en camélidos sudamericanos en condiciones de altura (4200msnm), con enfoque de tipo experimental, con manipulación de variables, donde la variable independiente fue los niveles de consumo de concentrado fibroso, y la especie (Alpacas y llamas), y las variables dependientes será las emisiones de metano entérico ( $\text{CH}_4$ ).

#### 3.5.1. Etapa pre experimental.

El proceso de acostumbramiento realizado para el consumo de concentrado fibroso, se realizó en un corral de mantenimiento con cerco metálico, por el tiempo de 15 días, preparándose de esta manera para llevar a las jaulas individuales de alimentación.

### 3.5.2. Etapa experimental

Los animales ingresaron a la cámara de acumulación de gases con un volumen de  $10\text{m}^3$  a partir de las 6:00 y 17:00 horas, en forma individual, permaneciendo en la cámara durante 20 minutos cada uno (Fig. 14 Anexo). El analizador de gases (gasmeter 4030), previa calibración con aire atmosférico, la sonda de muestro se colocó en el interior de la cámara de respiración a una altura de 1.60m conjuntamente con el analizador de gases, y fue controlado desde el exterior con el PDA (Asistente Personal Digital). El muestreo y análisis de la masa de aire contenida en la cámara de respiración se realizó cada 20 segundos, considerando el minuto 20, 4 animales por la mañana y los mismos animales por la tarde. Luego de retirar al animal, los gases fueron expulsados de la cámara por ventilación mecánica forzada hasta que el muestreo de metano en el PDA sea cero y disminuyan los niveles de  $\text{CO}_2$  disipación total. Los resultados de los análisis se visualizaron en la pantalla del PDA, con salida de la concentración de los gases en partes por millón en volumen (ppmv).

### 3.5.3. Medición de las emisiones de metano entérico ( $\text{CH}_4$ )

Las emisiones de metano entérico ( $\text{CH}_4$ ) se determinó a través del dosaje de las concentraciones de metano del aire espirado por los animales experimentales por monitoreo ambiental con el modulo analizador de gases Gasmeter DX-4030 Gas Analyzer, Los resultados del análisis se visualizan en la pantalla de un PDA (Personal Digital

Assistant) que se ejecuta bajo Windows Mobile mediante la aplicación DX 4030 que utiliza el software Calcmeter 4030. La comunicación entre el módulo analizador y el PDA es inalámbrica (con el protocolo Bluetooth), midiendo las concentraciones de metano del aire respirado por los animales experimentales; para lo cual los animales ingresaron a la cámara de acumulación de gases hermética donde se les confinó a los animales durante 20 minutos, luego se muestreo el aire y registró su composición

#### **3.5.4. Estimación de las emisiones de metano entérico (CH<sub>4</sub>)**

Los resultados de los análisis visualizados de las emisiones de metano entérico (CH<sub>4</sub>) en la pantalla del PDA mediante la técnica por espectroscopia infrarroja transformada de Fourier (FTIR) incorporada en un analizador portátil de gases Gasmeter DX-4030, son expresados la concentración de los gases en partes por millón en volumen (ppmv) de CH<sub>4</sub> en el aire, dichos datos fueron convertidos y se obtuvo los resultados en g/día, moles/día, y L/día de emisión de CH<sub>4</sub>, considerando la temperatura, humedad, presión atmosférica y altitud, para lo cual la conversión se llevo los siguientes procedimientos matemáticos.

La concentración absoluta de metano (CH<sub>4</sub>, mg/m<sup>3</sup>) en el aire de la cámara de respiración se calculó considerando la cantidad de ppm, la constante de gases, la temperatura registrada en altitud y tomando en cuenta el peso molecular del CH<sub>4</sub> = 16.04246 g/mol (EPA, 2015), según la siguiente fórmula:

$$\text{CH}_4, \text{ mg/m}^3 = \frac{\text{ppm} * \text{M} * \text{R}}{\text{T}}$$

Donde: ppm = partes por millón en volumen de CH<sub>4</sub> por volumen aire,  
M = peso molecular de metano (g/mol), R = constante de los gases  
(12.187), T = temperatura (273.15 + °C), °C es la temperatura  
registrada en el ambiente.

El volumen de la cámara de respiración es de 10m<sup>3</sup>, lo cual se restó  
el volumen corporal que ocupa el animal. Para estimar el volumen  
corporal de los animales (V<sub>a</sub>) se utilizó la siguiente ecuación  
(Papatungan et al., 2015):

$$Y = 0.0011x + 0.0041$$

Donde: x = Peso del animal.

Siendo el volumen final la resta entre el volumen de la cámara de  
respiración y el volumen corporal del animal.

La cantidad de emisión total de metano en la cámara de respiración  
al minuto 20 en mg, se estimó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{mgCH}_4/\text{VFC} = \text{mg/m}^3, \text{CH}_4 * (\text{V}_c - \text{V}_a)$$

Donde: CH<sub>4</sub>mg/m<sup>3</sup> = mg de metano por metro cúbico, V<sub>c</sub> = Volumen  
de la cámara de respiración y V<sub>a</sub> = Volumen corporal del animal.

Para hallar la emisión total de metano CH<sub>4</sub> en gramos/día (g/d) se  
empleó la siguiente fórmula:

$$\text{g/día, CH}_4 = \frac{(\text{mgCH}_4/\text{VFC}) * 3 * 24}{1000}$$

Para hallar la emisión total de metano  $\text{CH}_4$  en moles/día (m/d), se consideró el peso molecular del  $\text{CH}_4 = 16.04246 \text{ g/mol}$  (EPA, 2015), empleándose la siguiente fórmula:

$$\text{mol/día, CH}_4 = (\text{g/día CH}_4) / 16.04246$$

De manera que el volumen total de la emisión de  $\text{CH}_4$  de litros/día (L/d) se estimará de acuerdo a la siguiente fórmula.

$$\text{Volumen de CH}_4, \text{ Litros/día} = \frac{n \cdot R \cdot T}{P_h}$$

Donde:  $n$  = número de moles de metano ( $\text{mol/día, CH}_4$ ),  $R$  = constante universal de los gases (62.4),  $T$  = temperatura ( $273.15 + ^\circ\text{C}$ ),  $P_h$  = presión atmosférica en altitud (450.3 mmHg),  $^\circ\text{C}$  = temperatura del aire.

### 3.6. Análisis estadístico.

Los datos se expresarán en medidas de tendencia central y dispersión (promedio y desviación estándar, respectivamente). Los datos del contenido de emisión de metano a diferentes niveles de consumo de alpacas y llamas se analizaron a través del análisis de varianza (ANOVA) de experimentos (en llamas y alpacas) en diseño Cuadrado Latino  $4 \times 4 \times 4$ , con cuatro etapas (filas), cuatro animales (columnas) y cuatro niveles de consumo (tratamientos), mediante el procedimiento GLM (General Lineal Model) del programa estadístico SAS, sujeto a los principios de aleatoriedad, repetición y control local del error experimental, y los supuestos de normalidad de errores, independencia de las unidades

experimentales y homogeneidad de varianzas, según el siguiente modelo aditivo lineal fijo, aun nivel de significancia de  $\alpha= 0.05$  (Kuehl, 2001):

$$Y_{ijk} = \mu + \rho_i + \gamma_j + \tau_k + \xi_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  : Variable de respuesta

$\mu$  : Media general

$\rho_i$  : Variación entre etapas (filas)

$\gamma_j$  : Variación entre animales (columnas)

$\tau_k$  : Variación entre niveles de consumo (tratamientos)

$\xi_{ijk}$  : Variación entre observaciones (error)

Se realizó el método Duncan para la comparación de promedios de los diferentes niveles de consumo en alpacas y llamas, el método es conocido como la prueba de los rangos múltiples de Duncan. Es un método de comparación por pasos. Controla la tasa de error utilizando, para el conjunto de medias separadas  $r$  pasos, un nivel de significación  $\alpha_d = 1 - (1 - \alpha)^{r-1}$ . Mientras más pasos existan entre dos medias, mayor es la diferencia mínima con la que se va a considerar que esas medias difieren significativamente. El método es más potente que el de Student-Neuwman-Keuls, pero no protege adecuadamente el error de tipo I. Tampoco resulta confiable su aplicación cuando el número de réplicas no

es igual en los tratamientos que se comparan, por lo que de manera general no se recomienda su uso. Se publicó por primera vez en 1955 (Casas y Veitia, 2008).

Para la comparación de los mismos niveles de consumo entre alpacas y llamas se realizó La prueba Student-Newman-Keuls es una de muchas pruebas de intervalos múltiples. Se basa en el estadístico de Student en la ecuación (3.43), pero al contrario del método de Tukey, el resultado es una prueba de homogeneidad con tasas de error con respecto al experimento en el sentido débil. El valor crítico del intervalo de Student con la prueba SNK se basa en la separación de un par específico de medias que se prueban del conjunto completo de medias ordenadas. La prueba fue desarrollada de manera independiente por Newman (1939) y Keuls (1952) y se clasifica como una prueba de intervalos múltiples, ya que se usan dos o más intervalos entre medias como criterio (Kuehl, 2001).

Los cálculos estadísticos fueron realizados con el programa de internet <http://vassarstats.net>.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Emisiones de metano entérico en alpacas.

Los resultados obtenidos de la emisión de metano entérico a diferentes niveles de consumo en alpacas se detallan en ANEXO debidamente procesado los datos, con un peso promedio de  $61,2 \pm 3,76\text{Kg}$ , se cuantifico un promedio de  $42,1 \pm 7,8\text{ppmv}$  de  $\text{CH}_4$ , a partir de este resultado se ha determinado la producción promedio de metano entérico a la suministración de concentrado fibroso equivalentes a  $21,4 \pm 3,94\text{g/día}$ ,  $1,31 \pm 0,26\text{m/día}$  y  $50,81 \pm 9,37\text{L/día}$ , tomando en cuenta el minuto 20.

**TABLA 4** Emisión de metano entérico a diferentes niveles de consumo en alpacas.

| Variables                  | Mantenimiento    | Intermedio bajo  | Intermedio alto  | Ad Libitum       | P <sub>(value)</sub> |
|----------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|----------------------|
| Peso Kg.                   | $59,5 \pm 3,7$   | $60,9 \pm 4,3$   | $62,2 \pm 4,2$   | $62,2 \pm 3,7$   |                      |
| Ppmv                       | $33,3 \pm 5,4^b$ | $44,4 \pm 7,8^a$ | $45,1 \pm 5,5^a$ | $45,9 \pm 6,4^a$ | 0.05                 |
| Gramos/día $\text{CH}_4^*$ | $16,8 \pm 2,7^b$ | $22,4 \pm 3,9^a$ | $22,7 \pm 2,8^a$ | $23,1 \pm 3,2^a$ | 0.05                 |
| Moles/día $\text{CH}_4^*$  | $1,0 \pm 0,2^b$  | $1,4 \pm 0,2^a$  | $1,4 \pm 0,2^a$  | $1,4 \pm 0,2^a$  | 0.025                |
| Litros/día $\text{CH}_4^*$ | $40,1 \pm 6,5^b$ | $53,5 \pm 9,4^a$ | $54,3 \pm 6,6^a$ | $55,3 \pm 7,7^a$ | 0.05                 |

\* Medición de  $\text{CH}_4$ ,ppmv en minuto 20 de permanencia del animal dentro de la cámara.

Existe diferencia estadística sobre las emisiones de metano entérico obtenida a diferentes niveles de consumo, siendo la dieta de mantenimiento ( $16,8 \pm 2,7\text{ g/día}$ ,  $1,0 \pm 0,2\text{ m/día}$  y  $40,1 \pm 6,5\text{ L/día}$ ) distinto a las demás dietas, las dietas de intermedio bajo, intermedio alto y ad libitum no es estadísticamente diferente entre ellas, esta diferencia es debido a la cantidad de alimento suministrado entre la dieta de mantenimiento y las demás (intermedio bajo, intermedio alto, ad libitum), que entre si no representa diferencia estadística.

Los resultados obtenidos de emisión de metano por otro autor se asemeja a la dieta de mantenimiento ( $40,1 \pm 6,5\text{L/d}$ ) y difiere a las demás dietas

encontrado en el presente trabajo, respecto a un estudio realizado mediante espectroscopia infrarroja transformada de Fourier (FTIR) en alpacas a 4300 m.s.n.m. alimentadas con forraje entero y concentrado fibroso reportando cantidades de CH<sub>4</sub> entérico (44,2±1,2L/d) para forraje entero y (32,6±5,8 y 31,6±4,9L/d para concentrados fibrosos de forrajes procesados a 12 y 8mmØ, respectivamente) (Quispe. 2015), esta semejanza probablemente debido a las similares condiciones de alimentación con concentrado fibroso, equipo de medición de metano Gasmeter Dx-4030, es probable que la diferencia existente entre los resultados sea a la cantidad de alimento suministrada.

En cuanto a las emisiones de metano entérico expresados en g/d en el presente estudio fue de 16,8±2,7g/d en mantenimiento, 22,4±3,9g/d en intermedio bajo, 22,7±2,8 g/d en intermedio alto y 23,1±3,2 g/d en ad libitum, estos son similares a los reportados por (Pinares-Patiño et al., 2011) que mediante trazador hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>). Determino la emisión de metano (CH<sub>4</sub>) con forrajes en alpacas y ovejas, realizando 3 experimentos: el primero con heno de alfalfa obteniendo 14.9 g/d en alpacas y 18.8 g/d en ovejas; en el segundo experimento, en pastizales con trébol blanco obteniendo 22.6 g/d en alpacas y 31.1 g/d en ovejas; el tercer experimento al pastoreo en pastos de Lotus obtuvo 19.1 g/d en alpacas y 22.0 g/d en ovejas. La diferencia mínima entre los resultados de ambos trabajos podría atribuirse a la cantidad de alimento consumido, método de medición de metano y al tipo de alimentación como describen que 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),

#### 4.2. Emisiones de metano entérico en llamas.

Los resultados obtenidos se detallan en la tabla 5, con un peso promedio de  $102,3 \pm 12,3$  Kg, se cuantificó un promedio de  $65 \pm 11,7$  ppmv de CH<sub>4</sub>, a partir de este resultado se pudo determinar la producción promedio total de metano entérico a la suministración de concentrado fibroso equivalentes a  $32,46 \pm 5,8$  g/día,  $2,02 \pm 0,37$  m/día y  $77,97 \pm 13,96$  L/día, tomando en cuenta el minuto 20.

**TABLA 5** Emisión de metano entérico a diferentes niveles de consumo en llamas.

| Variables                    | Mantenimiento         | intermedio bajo       | intermedio alto        | Ad Libitum             | P <sub>(value)</sub> |
|------------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|----------------------|
| Peso Kg.                     | 100±13,2              | 101,5±15,3            | 104,2±13,3             | 103,5±12,5             |                      |
| Ppmv                         | 53,7±4,1              | 60,2±6,9              | 68,2±9,4               | 77,9±9,9               | 0.001                |
| Gramos/día CH <sub>4</sub> * | 26,9±2,1 <sup>d</sup> | 30,1±3,3 <sup>c</sup> | 34±4,7 <sup>b</sup>    | 38,9±4,8 <sup>a</sup>  | 0.001                |
| Moles/día CH <sub>4</sub> *  | 1,7±0,1 <sup>d</sup>  | 1,9±0,2 <sup>c</sup>  | 2,1±0,3 <sup>b</sup>   | 2,4±0,3 <sup>a</sup>   | 0.001                |
| Litros/día CH <sub>4</sub> * | 64,4±4,9 <sup>d</sup> | 72,3±8,2 <sup>c</sup> | 81,8±11,2 <sup>b</sup> | 93,4±11,7 <sup>a</sup> | 0.001                |

\* Medición de CH<sub>4</sub>, ppmv: minuto 20 de permanencia del animal dentro de la cámara.

Existe diferencia estadística sobre las emisiones de metano entérico obtenida a diferentes niveles de consumo, siendo diferentes estadísticamente entre si todos los niveles de consumo suministrados, ello probablemente debido a la cantidad de alimento consumido, La cantidad de metano emitido está estrechamente ligada a la cantidad de alimento ingerido y digerido. La digestión ruminal produce ácidos grasos volátiles (AGV), CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, amoníaco y calor. Los metanógenos reducen CO<sub>2</sub> a CH<sub>4</sub>, usando H<sub>2</sub> como fuente de energía, como último paso de la fermentación entérica. La formación de CH<sub>4</sub> actúa como el más

importante sumidero de electrones que drena el H<sub>2</sub> producido por los microorganismos ruminales (McAllister y Newbold, 2008).

#### 4.3. Emisiones de metano entérico a diferentes niveles de consumo en alpacas y llamas

Los resultados obtenidos de la emisión de metano entérico a diferentes niveles de consumo al contraste entre alpacas y llamas se muestran en la tabla 6:

**TABLA 6** Emisión CH<sub>4</sub> contraste Alpacas VS Llamas g, mol y L/día.

| CH <sub>4</sub> | Nivel de consumo | Alpaca     | Llama       | P <sub>(value)</sub> |
|-----------------|------------------|------------|-------------|----------------------|
| <b>g/día</b>    | Mantenimiento    | 16,75±2,73 | 26,83±2,11  | 0.001                |
|                 | Intermedio Bajo  | 22,38±3,97 | 30,1±3,34   | 0.025                |
|                 | Intermedio Alto  | 22,73±2,75 | 34,05±4,74  | 0.003                |
|                 | Ad Libitum       | 23,13±3,24 | 38,85±4,77  | 0.002                |
|                 | Promedio         | 21,24±3,94 | 32,46±5,8   |                      |
| <b>mol/día</b>  | Mantenimiento    | 1,03±0,17  | 1,65±0,13   | 0.001                |
|                 | Intermedio Bajo  | 1,4±0,27   | 1,9±0,22    | 0.028                |
|                 | Intermedio Alto  | 1,4±0,16   | 2,1±0,29    | 0.006                |
|                 | Ad Libitum       | 1,43±0,22  | 2,43±0,32   | 0.002                |
|                 | Promedio         | 1,31±0,26  | 2,02±0,37   |                      |
| <b>L/día</b>    | Mantenimiento    | 40,13±6,53 | 64,45±4,86  | 0.001                |
|                 | Intermedio Bajo  | 53,5±9,41  | 72,28±8,16  | 0.024                |
|                 | Intermedio Alto  | 54,33±6,6  | 81,78±11,16 | 0.005                |
|                 | Ad Libitum       | 55,28±7,71 | 93,38±11,73 | 0.002                |
|                 | Promedio         | 50,81±9,37 | 77,97±13,96 |                      |

Existe diferencia estadística entre ambas especies a la suministración de la misma dieta, siendo las dietas de mantenimiento de ambas especies diferencia altamente significativo entre alpacas y llamas en gramos, moles y litros, las dietas de intermedio bajo de ambas especies tiene un resultado de diferencia significativo entre alpacas y llamas en gramos, moles y litros, las dietas Intermedio alto se encuentra diferencia altamente

significativas y las dietas de intermedio alto de ambas especies muestra la diferencia altamente significativa entre alpacas y llamas en gramos, moles y litros, probablemente debido a lo que indica un autor que la digestibilidad in vivo en llamas y ovinos, son atributos al hábito de selectividad, encontrándose mayores coeficientes de digestión para llamas y ovinos (Bautista, 2002), también refieren que el tiempo de retención de la digesta es mayor en alpacas que en llamas, sin embargo, la digestibilidad de la materia seca por unidad de peso corporal metabólico es mayor en llamas que en alpacas, lo cual indica que las llamas pueden afrontar mejor las dietas de baja calidad que las alpacas (Sponheimer et al., 2003), también puede influir la cantidad de alimento suministrado como indican que, la producción de metano principalmente depende de la cantidad y calidad del alimento que afecta la tasa de digestión y la velocidad de paso en el proceso de fermentación (Van Soest, 1982).

Así mismo (Swainson et al., 2007), reportó una producción de metano de 18.3 g/d en ovinos adultos (mayores de un año) que fueron alimentados con ensilado, encontrando semejanza en nuestro trabajo la dieta de mantenimiento en alpacas ( $16,75 \pm 2,73$  g/día) la única que se aproxima a dicho resultado, esto puede ser debido a la cantidad de alimento consumido, el método utilizado para la medición de metano, factores medio ambientales (altura, temperatura, humedad).y a la composición entre las dietas de ensilado y concentrado fibroso, respecto a la diferencia con las demás dietas. Otros autores (Czerkawski, 1986; Holter y Young, 1992; McAllister et al., 1996a) reportaron 25 a 55 litros por día en ovejas,

dichos resultados se asemejan a los encontrados en alpacas y difieren a los encontrados en llamas, probablemente debido a la cantidad de alimento consumido, el tipo de alimento, (pastos naturales, forrajes, concentrado fibroso, ensilado, etc) y el método utilizado para la medición de metano.

Los resultados obtenidos en alpacas y llamas mediante espectroscopia infrarroja transformada de Fourier (FTIR) a diferentes niveles de consumo de concentrado fibroso fueron  $(42,1 \pm 7,8\text{ppm}$  y  $65 \pm 11,7\text{ppm}$ ) respectivamente equivalentes a  $(21,4 \pm 3,94\text{g/día}$ ,  $1,31 \pm 0,26\text{m/día}$  y  $50,81 \pm 9,37\text{L/día}$ ) en alpacas y  $(32,46 \pm 5,8 \text{ g/día}$ ,  $2,02 \pm 0,37 \text{ m/día}$  y  $77,97 \pm 13,96 \text{ L/día}$ ) en llamas, estos resultados difieren completamente de los rumiantes mayores. Un estudio mediante espectroscopia infrarroja transformada de Fourier (FTIR) en vacas suplementadas con concentrado fibroso y un grupo control que obtuvo  $152.48 \pm 5.48 \text{ ppm}$  para vacas suplementadas con concentrado fibroso y  $166.26 \pm 7.95 \text{ ppm}$  para vacas de control, equivalentes a  $(311.48 \pm 11.22 \text{ vs. } 340.08 \pm 16.26 \text{ CH}_4, \text{ g/día/vaca,})$  Las emisiones en litros por día de metano entérico para vacas suplementados con concentrado fibroso es menor que las vacas no suplementadas, teniendo un promedio  $(725.12 \pm 26.13 \text{ vs } 791.70 \pm 37.85 \text{ L CH}_4/\text{días/vaca})$ . (Vilca, 2014). La gran diferencia de las emisiones de metano entre bovinos y camélidos podría atribuirse a las variedades de microorganismos propios de cada especie y la cantidad de alimento consumido.

Otros estudios realizaron estimaciones de metano entérico en vacunos realizando pruebas in vitro como en la universidad de Medellín Colombia por a partir de los resultados obtenidos mediante la técnica in vitro de los pastos incubados, y teniendo en cuenta los consumos promedios de materia seca por animal en cinco municipios, concluyo que los bovinos en los municipios estudiados emiten en promedio 139,02 L/100 Kg de peso vivo/día o de 92,03 g/100 Kg de peso vivo/día lo cual equivale a 670 L o 443,59 g por día, valores que se encuentran elevadamente por encima de los valores obtenidos con la presente investigación en llamas que se realizó mediante la prueba in vivo similares. Comparados con los volúmenes de 250 a 500 L CH<sub>4</sub>/animal /día reportados por estudios in vivo por (Johnson y Johnson 1995b), al igual (Jouany, 1994) que a estimado que una vaca adulta puede producir alrededor de 300 a 600 L CH<sub>4</sub>/animal/día. Estas diferencias podrían atribuirse a las metodologías empleadas en las pruebas in vitro.

## V. CONCLUSIONES

El nivel de consumo de concentrado fibroso tiene efecto sobre las emisiones de metano entérico en alpacas, con valores de mantenimiento ( $1.0 \pm 0.2$  moles/día), intermedio bajo ( $1.4 \pm 0.2$  moles/día), intermedio alto ( $1.4 \pm 0.2$  moles/día) y ad libitum ( $1.4 \pm 0.2$  moles/día), siendo diferentes entre mantenimiento y los demás.

El nivel de consumo de concentrado fibroso tiene efecto sobre las emisiones de metano entérico en llamas, siendo diferentes entre mantenimiento ( $1.7 \pm 0.1$  moles/día), intermedio bajo ( $1.9 \pm 0.2$  moles/día), intermedio alto ( $2.1 \pm 0.3$  moles/día) y ad libitum ( $2.4 \pm 0.3$  moles/día).

Las emisiones de metano entérico es diferente entre alpacas y llamas, con promedios de  $1.31 \pm 0.26$  moles/día y  $2.02 \pm 0.37$  moles/día, respectivamente.

## VI. RECOMENDACIONES

A partir del presente estudio se sugiere las siguientes recomendaciones.

- Realizar estudios similares para obtener el volumen corporal en alpacas y llamas, realizar estudios que aproximen el volumen corporal, ya que influye en el volumen de aire presente en la cámara de respiración.
- Realizar estudios en alpacas y/o llamas en pastos naturales, diferentes épocas del año, diferentes edades, en diferentes altitudes.

## VII. REFERENCIAS

- Bäckman, K. 2012. The effect of additional nitrate and sulfur in the diet on the methane production in cattle. Swedish University of Agricultural Sciences Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science Department of Animal Nutrition and Management, pag. 6.
- Bautista, J., 2002. Composición botánica de la dieta seleccionada por la Llama (lama glama) al pastoreo en época seca y lluviosa de puna húmeda. Allpaka, Revista de Investigación sobre Camélidos Sudamericanos, Vol 5 Nro.2. Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Instituto de Investigación y promoción de los Camélidos Sudamericanos. Puno – Perú. pp 13.
- Blaxter, K. L., and F. W. Wainman. 1961. The utilization of food by sheep and cattle. J. Agric. Sci., 57:419-425.
- Boadi, D. A., K. M. Wittenberg, and W. McCaughey. 2002. Effects of grain supplementation on methane production of grazing steers using the sulphur (SF<sub>6</sub>) tracer gas technique. Canad. J. Anim. Sci., 82:151-157.
- Bowen, R., 2003. Digestive Anatomy in Ruminants. Colorado State University.
- Brouček, J. 2014. Methods of methane measuring in ruminants. Slovak J. Anim. Sci., 47: 81-90.

- Brouček, J. 2014b. Methods of methane measurement in ruminants. Review. Slovak J. Anim. Sci., 47:51-60.
- Burnham, L., 2006. Ruminants vs. Pseudo-ruminants vs. Equines: The Stomach. American Livestock Magazine, pp. 145-146.
- Bustamante, J. J., 2002, Uso de concentrados altos en fibra en la alimentación de vacas lecheras, Instituto de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, México, pag. 2, 5.
- Cáceres, C. M. 2002. Valor energético del heno de alfalfa en alpacas. Tesis. Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
- Casas C., G y Veitia, N. 2008, Aplicación de métodos de comparaciones múltiples en Biotecnología Vegetal, Biotecnología Vegetal Vol. 8, No. 2: 67 – 71.
- Castaldo, D. J. 1995. Dairy feeds: By product recommendations and precautions, In: Feed Management, Vol. 46 No. 7. pp 16-17.
- Castro, J. I., Chirinos, D. M., 2008, Manual de formulación de raciones balanceadas para animales, Biblioteca nacional del Perú N°2008-01646, Huancayo-Perú, pag 50, 54, 55, 72.
- Chang, R., R, Alavarez, S. Ponce Y R. Zugazagoitia. 2012. Química.
- Cooper, N., 2006. Alpaca Nutritional Requirements. Southern Alpacas Stud. <http://www.alpacasnz.co.nz/articles-nutrition.htm>

- Corliss, W., 2000. The babirusa: a quasi-ruminant pig. *A Most Unusual Southeast Asian Pig*. *Animal Kingdom*. 91:46.
- Cowie, M., and H. Watt. 1971. Diffusion of methane and chloromethanes in air. *Canad. J. Chem.*, 49:74-77.
- Cummings, J.F., Munnell, and A. Vallenas, 1972. The mucigenous glandular mucosa in the complex stomach of two New-World Camelids, the llama and guanaco. *J. Morph.* 137:71-110.
- Czerkawski, J. W. 1986. *An introduction to Rumen Studies*. Pergamon Press, New York, USA.
- Demeyer, D. I., and H. K. Hendrickx. 1967. "Methane production from glucose in vitro by mixed rumen bacteria." *Biochem. J* 105:271-77.
- Doreau, M., H. M. G. Van Der Werf, D. Micol, H. Dubroeuq, J. Agabriel, Y. Rochette, and C. Martin. 2011. Entericmethaneproduction and greenhouse gases balance of dietsdiffering in concentrate in thefatteningphase of a beefproductionsystem. *J. Anim. Sci.*, 89:2518-2528.
- Dulphy, J. P., J. P. Jouany, W. Martin-Rosset, and M. Thériez. 1994. A comparative study of intake and digestibility of forages in herbivores: a review. *Ann. Zootech.*, 43 (1): 11-32.
- Eckerlin, R.H., and C.E. Stevens. 1973. Bicarbonate secretion by the glandular saccules of the llama stomach. *Cornell Vet.* 63: 436-445.

- Engelhardt, W., and W. Schneider, 1977. Energy and nitrogen metabolism in the llama. *Anim. Res. and Develop.* 5:68-72.
- Engelhardt, W., H. Weyreter, R. Heller, M. Lechener-Doll, H.J. Schwartz, R. Rutagwenda, and W. Schultka, 1986b. Adaptation of indigenous sheep, goats and camels in harsh grazing conditions. *International Atomic Energy Agency: Vienna*.pp. 105-113.
- Engelhardt, W., M. Lechner-Doll, R. Heller, H.J. Schwartz, T. Rutagwenda, and W. Schultka, 1986a. Physiology of fore stomach of Camelids with particular reference to adaptation to extreme dietary conditions. *Zoolo-gischeBeitrage N. F.* 30:1-15.
- EPA (United States Environmental Protection Agency). 2015. *The National Institute of Standards and Technology, Atomic Weights.*
- FAO. 2009. *Howtofeedtheworld in 2050. 2009. towards 2030/2050. High-Level Expert Forum.*Rome 12-13 October 2009. FAO, Rome.
- FAO. 2011. *WorldLivestock 2011. Livestock in food security.*Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.
- Ferry, J. G. 2011. Fundamentals of methanogenic pathways that are key to the biomethanation of complex biomass, *Current Opinion in Biotech.*, 22:351-357.
- Flores, E., and V. Guevara. 1994. Estimation of Metabolizable Energy Requirements for Maintenance and Gain in Growing Alpacas

(Lama pacos). Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.

Folkesson, P., 2007. Alpaca-en utfodringsstudie i fält. A field study on feeding of Alpacas in Sweden. Swedish University of Agricultural Sciences Uppsala.

Forster, P., et al. 2007. Changes in atmospheric constituents and in radiative forcing. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Fowler, M.E., and J.G. Zinkl, 1998. Reference ranges for hematological and serum biochemical values in llamas (*Lama glama*). Am. J. Vet. Res. 53:1776-1769.

Gallarino, H. E., 2008, Heno de alfalfa, Dpto. Técnico y comercial de Palo Verde Semillas S.R.L., Argentina

Garrett, W.N., Meyer, J., and Lofgreen, G., 1959. The comparative energy requirements of sheep and cattle for maintenance and gain. J. Anim. Sci. 18:528-547.

Getachew, G., M. Blümmel, H.P.S. Makkar, and K Becker. 1998. "In vitro gas measuring techniques for assessment of nutritional quality of feeds: A review." Animal Feed Science and Technology 72(3):261-81.

Gihad, E.A., T.T. El-Gallad, A.E. Sooud, M.F.A. Farid, and H.M. Abou El-Nasr, 1989. Feed and water intake, digestibility and nitrogen utilization by camels compared to sheep and goats fed low protein

desert by-products. Options Méditerranéennes–Série Séminaires.  
2:75-81.

Gomez, F., 2011, Nutritional Assessment, Nutritional Requirements and Forage Analysis of Llamas and Alpacas, Animal Clinical Sciences Publications and Other Works. Pag. 12, 13, 19.

Hegarty, R.S. 2002. "Strategies For Mitigating Methane Emissions From Livestock – Australian Options And Opportunities. In: Takahashi J, Young Ba (Eds) GhgesAnd Animal Agriculture. Elsevier, Dordrecht".

Hegazi, A.H., 1950. The stomach of the camel. Brit. Vet. J. 106: 209–213.

Heinrichs, A. J., B. P. Lammers, and D. R. Buckmaster. 1999. Processing, mixing, and particle size reduction of forages for dairy cattle. J. Anim. Sci. 77: 180-186.

Hinderer, S., and W.V. Engelhardt, 1975. Urea metabolism in the llama. Comp. Biochem. Physiol. 52A: 619–622.

Hintz, H.F., H.F. Schryver, and M. Halbert, 1973. A note on the comparison of digestion by new world camels, sheep and ponies. Anim. Prod. 16(3):303-305.

Holgado, D., Farfan, R.D., Tapia, M.E., 1979. Evaluación agrostologica de los pastisales de la Raya, Puno, Peru. Rev, Inv. Pec. (IVITA). 4: 32-37

- Holter, J. B., and A. J. Young. 1992. Methane prediction in dry and lactating Holstein cows. *J. DairySci.* 75:2165.
- Hook, S. E., A. D. Wright, and B. W. McBride. 2010. Methanogens: Methane producers of the rumen and mitigation strategies. *Archaea.* 2010:1-11
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis.* Camb.Univ. Press, Cambridge, U.K.
- Irlbeck, N., 2002. Basics of Alpaca Nutrition, Part 1. *Alpacas Magazine.*
- Janssen, P. H., M., and Kirs. 2008. Structure of the archaeal community of the rumen. *Appl. Environ. Microbiol.*, 74:3619-3625.
- 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.
- Jaynes, D. B., and A. S. Rogowski. 1983. Applicability of Ficks Law to gas-diffusion. *Soil Science Society of America Journal.* 47:425-430.
- Jiao, H. P., T. Yan, D. A. McDowell, A. F. Carson, C. P. Ferris, D. L. Easson, and D. Wills. 2013. Enteric methane emissions and efficiency of use of energy in Holstein heifers and steers at age of six months. *J. Anim. Sci.*, 91:356-362.

- Johnson, D.E., K.A. Johnson, G.M. Ward, and M.E. Branine. 2000. "Ruminants and other animals. In: Atmospheric Methane: Its role in the global environment, (Ed. M. A. K. Khalil), Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, pp. 112-133."
- Johnson, K. A., and D. E. Johnson. 1995. Methane emissions from cattle. *J. Anim. Sci.*, 73:2483-2492.
- Johnson, K. A., H. H. Westbeg, J. J. Michal, and M. W. Cossalman. 2007. "Measuring methane emission of ruminants by in vitro and in vivo techniques." Pp. 33-67 in *Measuring Methane Production from Ruminants*, edited by Harinder P.S.; VercoeMakkar, Philip E. (Eds.). Vienna, Austria: Springer.
- Johnson, L.W., 2004. Feeding Camelids. International Lama Registry Educational Brochure #6.
- Kadwell, M., M. Fernández, H. Stanley, R. Baldi, J. C. Wheeler, R. Rosadio, and M. W. Bruford. 2001. Genetic analysis reveals the wild ancestors of the llama and the alpaca. *Proceedings of the Royal Society of London*, 268:2575-2584.
- Kelley, B., D. Knopp, C. Poirier, and S. Ritchie, 2006. Is fiber your friend? <http://www.hiyt.afhe.ualberta.ca/fall06project/fibredigestion.pdf>
- Kuehl, R. 2001. *Diseño de Experimentos. Principios Estadísticos para el Diseño y Análisis de Investigaciones. Versión Española de la 2da Edición.* Thomson-Learning. TheUniversity of Arizona.

- Kwiatkowska-Stenzel, A., J. Sowińska., D. Witkowska., and T.Mituniewicz, 2011.The gas pollution of the air in the stable depending on the absorb height of the sample,XV ISAH Congress 2011 Proceedings of the XVth International Congress of the International Society for Animal Hygiene, pag, 802
- Lechner-Doll, M., W. Von Engelhardt, H.M. Abbas, L. Mousa, L. Luciano, and E. Reale, 1995. Particularities in forestomach anatomy, physiology and biochemistry of camelids compared to ruminants. In: Tisserand JL (ed) Elevage et alimentation du dromadaire-camel production and nutrition. Options méditerranéennes, Serie B: Etudes etRecherchesNr 13, CIHEAM, Paris, pp 19-32.
- Leslie, M., M. Aspin, and H. Clark. 2008. Greenhouse gas emissions from New Zealand agriculture: Issues, perspectives and industry response. Aust. J. Exp. Agric., 48: 1-5.
- Liu, Y., and W. B. Whitman. 2008. Metabolic, phylogenetic, and ecological diversity of the Methanogenicarchaea. Annals of the New York Academy of Sciences. 1125:171-189.
- López, A., J. Maiztegui, and R. Cabrera, 1998. Voluntary intake and digestibility of forages with different nutritional quality in alpacas (*Lama pacos*). Small Rum. Res. 29:295-301.
- Madsenand J., and M. F. Bertelsen, 2012, Methane production by red-necked wallabies (*Macropusrufogriseus*)J ANIM SCI 2012, 90:1364-1370.doi: 10.2527/jas.2011-4011

- Mamani, R. H. 2011. Situación actual y perspectivas de los Camélidos Sudamericanos en el distrito de Torata, región Moquegua, Perú.
- Martínez, P.M.E. 2009. "Estudios de simulación del ecosistema ruminal en sistemas in vitro: aspectos metodológicos. Universidad de León, Facultad de Veterinaria, Departamento de Producción Animal. Tesis Doctoral. León, España. 2009. p 339."
- Mcallister, T. A., and C. J. Newbold. 2008: Redirecting rumen fermentation to reduce methanogenesis. *Aust. J. Exp. Agr.*, 48:7-13.
- Mcallister, T.A., E.K. Okine, G.W. Mathison, And K.J. Cheng. 1996. "Dietary, Environmental And Microbiological Aspects Of Methane Production Inruminants." *Can. J. Anim. Sci.* 76:231–43.
- Min, B. R., S. Solaiman, R. Shange, and J. S. Eun. 2014. Gastrointestinal bacterial and methanogenicarchaea diversity dynamics associated with condensed tannin-containing pine bark diet in goats using 16S rDNA amplicon pyrosequencing. *Intern. J. Microbiol.*, 2014:1-11.
- Montzka, S. A., E. J. Dlugokencky, and J. H. . 2011. Non-CO2 greenhouse gases and climate change. *Nature*, 476:43-50
- Morgavi, D. P., E. Forano, C. Martin, and C. J. Newbold. 2010. Microbial ecosystem and methanogenesis in ruminants. *Animal*, 4:1024-1036.

- National Research Council (NRC). 1981a. Effect of environment on nutrient requirements of Domestic Animals. National Academy Press. Washington, D. C.
- Navarre, C.B., D.G. Pugh, A.M. Heath, and A. Simpkins., 1999. Analysis of first gastric compartment fluid collected via percutaneous paracentesis from healthy llamas. J. Am. Vet. Med. Assoc. 214:812-815.
- NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). 2013. Theme thane bomb, clath rates, and arctic tundra. Life in a world at 1830 parts per billion and rising.
- Ominski, K.H., And K.M. Wittenberg. 2004. "Strategies For Reducing Enteric Methane Emissions In Forage-Based Beef Production Systems." Presented At "The Science Of Changing Climates- Impact On Agriculture, Forestry AndWetlands" July 20- 23 2004 University Of Alberta, Edmonton, Alberta Canadian Society Of Agronomy, Animal Science, And Soil Science.
- Oraskovich, V. and Linn, J. G. 1992. Alternative feedstuffs for dairy. Dairy Update. Minnesota Extension Service, University of Minnesota. p 8.
- Paputungan, U., L. Hakim, G. Ciptadi, and H. F. N. Lapien 2015. Application of body volumen formula for predicting live weight in Ongole crossbred cows. Internat. J. Livest. Prod., 6:35-40.

- Paputungan, U., L. Hakim, G. Ciptadi, and H. F. N. Lopian. 2015. Application of body volumen formula for predicting live weight in Ongole crossbred cows. *Internat. J. Livest. Prod.*, 6:35-40.
- Pedreira, M. Do Santos, O. Primavesi, M. Aparecida Lima, R. Frighetto, S. G. De Oliveira, And T.T. Berchielli. 2009 "Ruminal Methane Emission By Dairy Cattle In Southeast Brazil." *Scientia Agricola* 66:742-50.
- Pinares, C. S., G. C. Waghorn, R. S. Hegarty, and S. O. Hoskin. 2009: Effects of intensification of pastoral farming on greenhouse gas emissions in New Zealand. *New Zealand Veter. J.*, 57:252-261.
- Pinares, C. S., M. J. Ulyatt, G. C. Waghorn, K.R. Lassey, T. N. Barry, C.W. Holmes, and D. E. Johnson. 2003. Methane emission by alpaca and sheep fed on lucerne hay or grazed on past of perennial ryegrass/White clover or birds foot trefoil. *J. Agric. Sci.*, 140:215-226.
- Pinares-Patiño CS, Lassey KR, Martin RJ, Molano G, Fernandez M, Maclean S, Sandoval E, Luo D and Clark H 2011b. Assessment of the sulphur hexafluoride (SF<sub>6</sub>) tracer technique using respiration chambers for estimation of methane emissions from sheep. *Animal Feed Science and Technology* 166, 201–209.
- Preston, T. R. and R. A. Leng 1989. Adecuando los sistemas de producción pecuaria a los recursos disponibles: Aspectos básicos y aplicados del nuevo enfoque sobre la nutrición de rumiantes en el trópico.

Consultoria para el Desarrollo Rural Integrado al Trópico (CONDRIT), Ltda. Cali, Colombia. pp. 150.

Quispe C., 2015. Efecto de Dos Dietas Fibrosas en la Producción de Metano en Alpacas. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann Tacna.

Ramírez, L., 2005. Los rumiantes domésticos. Mundo Pecuario. Vol I (2):38-40. Universidad de Los Andes – Trujillo. Venezuela.

Reiner, R.J., and Bryant, F.C., 1983. A different sort of sheep. Rangelands 5:106.

Roque, B. 2009. Determinación de los requerimientos energéticos de mantenimiento y ganancia de peso de alpacas (*Vicugna pacos*) en crecimiento mediante la técnica de sacrificio comparativo. Tesis Doctoral. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima.

Roque, B., J. L. Bautista, M. J. Aranibar, R. D. Rojas, D. Pineda, A. Flores, F. Rojas y C. Pinares. 2012. Uso de concentrado fibroso en el incremento de la productividad y la disminución de las emisiones de metano entérico en ganadería de altura. XXXV Reunión Científica Anual de la Asociación Peruana de Producción Animal (APPA 2012). Libro de Resúmenes, pp 11-19.

Rubsamen K., and W. Engelhardt. 1978. Bicarbonate secretion and soluteabsorption in forest mach of the llama. Am. J. Physiol. 235(1,2):E1-E6.

- Ruíz De Castilla, M. 1994. Camelicultura: Alpacas y Llamas del Sur del Perú. Municipalidad del Qosco. Editorial Mercantil. Qosco, Perú. 180 p.
- San Martín, F., 1991. Nutrición y Alimentación de alpacas y llamas. En: Producción de Rumiantes Menores. Editor C. Novoa. Programa de Apoyo en Investigación de Rumiantes Menores, pp 72-99.
- San Martin, F., and F.C. Bryant. 1989. Nutrition of domesticated South American llamas and sheep. *Small Ruminant Res.* 2:191-216.
- Schoenian, S. 2005. Teaching Integrated Parasite Management to Sheep & Goat Producers.
- SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú), 2016. Estación Santa Rosa-Melgar-Puno.
- Sponheimer, M., T. Robinson, B. Roeder, J. Hammer, L. Ayliffe, B. Passey, T. Cerling, D. Dearing, and J. Ehleringer, 2003. Digestion and passage rates of grass hays by llamas, alpacas, goats, rabbits and horses. Technical note. *Small Ruminant Research.* 48:149-154.
- Steven, J., 2003. Concept of the Month: Ruminants and Pseudo-Ruminants. Harper Collins Publishers Australia.
- Swainson NM, Hoskin SO, Clark H, Pinares-Patiño CS, and Brookes IM. Comparative methane production and yields from adult cattle, red deer and sheep. GGAAC. New Zeland.2007.

Tecnología Química y Comercio S.A., Ficha técnica de SuplaminDifos, Lima  
- Perú

Thauer, R. K., A. K. Kaster, H. Seedorf, W. Buckel, and R. Hedderich. 2008.  
Methanogenicarchaea: ecologically relevant differences in energy  
conservation. *Nat. Rev. Microb.*, 6:579-591.

Ugarte, E. G. 2007. Valor energético del heno de cebada (*Hordeumvulgare*)  
y alfalfa (*Medicago sativa*) en llamas (*Lama glama*). Tesis.  
Universidad Técnica de Oruro, Oruro.

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 OfAgricultural Research* 45(4):227-34.

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.

Van Saun, R.J. 2006. Vitamin D and phosphorus interrelationships in  
alpacas. Pp. 123-126, In: *Proceedings Australian Alpaca  
Association National Conference, Adelaide, South Australia,  
Australia, August 18-20, 2006.*

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.

Vilca. G., 2014. Efecto del concentrado fibroso sobre las emisiones de metano entérico en vacas lecheras. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional del Altiplano Puno-Perú.

Warmington, B.G., Wilson, F.G., and Barry, T.N., 1989. Voluntary intake and digestión of ryegrass Straw by llama x guanaco cross breeds and sheep. Journal of Agricultural Science 113:87-91

Wensvoort, J., D.J. Kyle, E.R. Orskov, and D.A. Bourke, 2004. Biochemical Adaptation of Camelids During Fasting. J. Camel Sci. 1: 71-75.

Williams, Y. J., L. Klein, and A. D. G. Wright. 2007. A protocol for the operation of open-circuit chambers for measuring methane output in sheep. In: H. P. S. Makkar and P. E. Vercoe, editors, measuring methane production from ruminants. Springer, Dordrecht, the Netherlands. p. 111–123.

Wittenberg, K. 1997. "Making Sense Of Minerals, In Proc. Manitoba Grazing School, Portage La Prairie, Manitoba, Canada, December 9-10, 1997, 56."

## Anexo

TABLA 7 Temperatura y humedad, alpacas, etapa 1.

| Día      | A1 M        |              | A2 IB       |              | A3 IA       |              | A4 AL       |              |
|----------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
|          | Temp.       | Hum.         | Temp.       | Hum.         | Temp.       | Hum.         | Temp.       | Hum.         |
| 1        | 2,8         | 58           | 2,8         | 58           | 5,7         | 50           | 5,7         | 50           |
| 2        | 2,7         | 32           | 2,7         | 32           | 3,4         | 43           | 3,4         | 43           |
| 3        | 3,4         | 50           | 3,4         | 50           | 2,7         | 32           | 2,7         | 32           |
| 4        | 4           | 49           | 4           | 49           | 3,4         | 50           | 3,4         | 50           |
| <b>X</b> | <b>3,23</b> | <b>47,25</b> | <b>3,23</b> | <b>47,25</b> | <b>3,80</b> | <b>43,75</b> | <b>3,80</b> | <b>43,75</b> |

FUENTE: Temperatura y humedad SENAMHI 2016

TABLA 8 Temperatura y humedad, alpacas, etapa 2.

| Día      | A1 AL       |              | A2 M        |              | A3 IB       |              | A4 IA       |              |
|----------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
|          | Temp.       | Hum.         | Temp.       | Hum.         | Temp.       | Hum.         | Temp.       | Hum.         |
| 1        | 4           | 48           | 4           | 48           | 4           | 48           | 4           | 48           |
| 2        | 3,8         | 51           | 3,8         | 51           | 3,8         | 51           | 3,8         | 51           |
| 3        | 3,2         | 41           | 3,2         | 41           | 3,2         | 41           | 3,2         | 41           |
| 4        | 3,6         | 45           | 3,6         | 45           | 3,6         | 45           | 3,6         | 45           |
| <b>X</b> | <b>3,65</b> | <b>46,25</b> | <b>3,65</b> | <b>46,25</b> | <b>3,65</b> | <b>46,25</b> | <b>3,65</b> | <b>46,25</b> |

FUENTE: Temperatura y humedad SENAMHI 2016

TABLA 9 Temperatura y humedad, alpacas, etapa 3.

| Día      | A1 IA       |              | A2 AL       |              | A3 M        |              | A4 IB       |              |
|----------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
|          | Temp.       | Hum.         | Temp.       | Hum.         | Temp.       | Hum.         | Temp.       | Hum.         |
| 1        | 4,2         | 35           | 4,2         | 35           | 4,2         | 35           | 4,2         | 35           |
| 2        | 4,2         | 40           | 4,2         | 40           | 4,2         | 40           | 4,2         | 40           |
| 3        | 4,2         | 45           | 4,2         | 45           | 4,2         | 45           | 4,2         | 45           |
| 4        | 3,9         | 42           | 3,9         | 42           | 3,9         | 42           | 3,9         | 42           |
| <b>X</b> | <b>4,13</b> | <b>40,50</b> | <b>4,13</b> | <b>40,50</b> | <b>4,13</b> | <b>40,50</b> | <b>4,13</b> | <b>40,50</b> |

FUENTE: Temperatura y humedad SENAMHI 2016

TABLA 10 Temperatura y humedad, alpacas, etapa 4.

| Día      | A1 IB       |              | A2 IA       |              | A3 AL       |              | A4 M        |              |
|----------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
|          | Temp.       | Hum.         | Temp.       | Hum.         | Temp.       | Hum.         | Temp.       | Hum.         |
| 1        | 2,8         | 36           | 2,8         | 36           | 2,8         | 36           | 2,8         | 36           |
| 2        | 3,1         | 40           | 3,1         | 40           | 3,1         | 40           | 3,1         | 40           |
| 3        | 3,7         | 48           | 3,7         | 48           | 3,7         | 48           | 3,7         | 48           |
| 4        | 4,5         | 41           | 4,5         | 41           | 4,5         | 41           | 4,5         | 41           |
| <b>X</b> | <b>3,53</b> | <b>41,25</b> | <b>3,53</b> | <b>41,25</b> | <b>3,53</b> | <b>41,25</b> | <b>3,53</b> | <b>41,25</b> |

FUENTE: Temperatura y humedad SENAMHI 2016

**TABLA 11** Temperatura y humedad, llamas, etapa 1

|          | LL1 M       |              | LL2 IB      |              | LL3 IA      |              | LL4 AL      |              |
|----------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
| Día      | Temp.       | Hum.         | Temp.       | Hum.         | Temp.       | Hum.         | Temp.       | Hum.         |
| 1        | 3,8         | 50,0         | 3,8         | 50,0         | 3,8         | 50,0         | 3,8         | 50,0         |
| 2        | 2,8         | 58,0         | 2,8         | 58,0         | 2,8         | 58,0         | 2,8         | 58,0         |
| 3        | 4,6         | 46,5         | 4,6         | 46,5         | 4,6         | 46,5         | 4,6         | 46,5         |
| 4        | 4,0         | 49,0         | 4,0         | 49,0         | 4,0         | 49,0         | 4,0         | 49,0         |
| <b>X</b> | <b>3,79</b> | <b>50,88</b> | <b>3,79</b> | <b>50,88</b> | <b>3,79</b> | <b>50,88</b> | <b>3,79</b> | <b>50,88</b> |

FUENTE: Temperatura y humedad SENAMHI 2016

**TABLA 12** Temperatura y humedad, llamas, etapa 2.

|          | LL1 AL      |              | LL2 M       |              | LL3 IB      |              | LL4 IA      |              |
|----------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
| Día      | Temp.       | Hum.         | Temp.       | Hum.         | Temp.       | Hum.         | Temp.       | Hum.         |
| 1        | 4,5         | 58,0         | 4,5         | 58,0         | 4,5         | 58,0         | 4,5         | 58,0         |
| 2        | 10,0        | 63,0         | 6,6         | 52,0         | 10,0        | 63,0         | 10,0        | 63,0         |
| 3        | 6,9         | 56,0         | 6,9         | 56,0         | 6,9         | 56,0         | 6,9         | 56,0         |
| 4        | 3,8         | 51,0         | 3,8         | 51,0         | 3,8         | 51,0         | 3,8         | 51,0         |
| <b>X</b> | <b>6,30</b> | <b>57,00</b> | <b>5,45</b> | <b>54,25</b> | <b>6,30</b> | <b>57,00</b> | <b>6,30</b> | <b>57,00</b> |

FUENTE: Temperatura y humedad SENAMHI 2016

**TABLA 13** Temperatura y humedad, llamas, etapa 3.

|          | LL1 IA      |              | LL2 AL      |              | LL3 M       |              | LL4 IB      |              |
|----------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
| Día      | Temp.       | Hum.         | Temp.       | Hum.         | Temp.       | Hum.         | Temp.       | Hum.         |
| 1        | 3,9         | 36,0         | 3,9         | 36,0         | 3,9         | 36,0         | 3,8         | 34,5         |
| 2        | 3,9         | 32,0         | 3,9         | 32,0         | 3,9         | 32,0         | 3,9         | 32,0         |
| 3        | 3,8         | 29,0         | 3,8         | 29,0         | 3,8         | 29,0         | 3,8         | 29,0         |
| 4        | 4,9         | 36,0         | 4,9         | 36,0         | 4,9         | 36,0         | 4,9         | 36,0         |
| <b>X</b> | <b>4,13</b> | <b>33,25</b> | <b>4,13</b> | <b>33,25</b> | <b>4,13</b> | <b>33,25</b> | <b>4,10</b> | <b>32,88</b> |

FUENTE: Temperatura y humedad SENAMHI 2016

**TABLA 14** Temperatura y humedad, llamas, etapa 4.

|          | LL1 IB      |              | LL2 IA      |              | LL3 AL      |              | LL4 M       |              |
|----------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
| Día      | Temp.       | Hum.         | Temp.       | Hum.         | Temp.       | Hum.         | Temp.       | Hum.         |
| 1        | 4,4         | 45,0         | 4,4         | 45,0         | 4,4         | 45,0         | 4,4         | 45,0         |
| 2        | 6,6         | 51,0         | 6,6         | 51,0         | 6,6         | 51,0         | 6,6         | 51,0         |
| 3        | 5,4         | 52,0         | 5,4         | 52,0         | 5,4         | 52,0         | 5,4         | 52,0         |
| 4        | 6,2         | 58,0         | 6,2         | 58,0         | 6,2         | 58,0         | 6,2         | 58,0         |
| <b>X</b> | <b>5,65</b> | <b>51,50</b> | <b>5,65</b> | <b>51,50</b> | <b>5,65</b> | <b>51,50</b> | <b>5,65</b> | <b>51,50</b> |

FUENTE: Temperatura y humedad SENAMHI 2016

**TABLA 15** Peso, consumo de alimento y volumen corporal, Etapa 1 alpacas.

|                          | Día      | Peso Kg | Al. Ofrecido Kg. | Al. Consumido Kg. | Materia seca Kg. | Volumen m <sup>3</sup> |
|--------------------------|----------|---------|------------------|-------------------|------------------|------------------------|
| Alpaca 1 mantenimiento   | 1        | 57,8    | 0,839            | 0,566             | 0,536            | 0,066                  |
|                          | 2        | 57,8    | 0,839            | 0,839             | 0,795            | 0,066                  |
|                          | 3        | 57,8    | 0,839            | 0,839             | 0,795            | 0,066                  |
|                          | 4        | 57,8    | 0,839            | 0,839             | 0,795            | 0,066                  |
|                          | Total    | 231,2   | 3,354            | 3,081             | 2,921            | 0,265                  |
|                          | Promedio | 57,8    | 0,839            | 0,770             | 0,730            | 0,066                  |
| Alpaca 2 Intermedio bajo | 1        | 61,4    | 1,097            | 1,097             | 1,040            | 0,070                  |
|                          | 2        | 61,4    | 1,097            | 1,097             | 1,040            | 0,070                  |
|                          | 3        | 61,4    | 1,097            | 1,097             | 1,040            | 0,070                  |
|                          | 4        | 61,4    | 1,097            | 1,097             | 1,040            | 0,070                  |
|                          | Total    | 245,6   | 4,387            | 4,387             | 4,159            | 0,281                  |
|                          | Promedio | 61,4    | 1,097            | 1,097             | 1,040            | 0,070                  |
| Alpaca 3 intermedio alto | 1        | 68,2    | 1,424            | 1,424             | 1,350            | 0,078                  |
|                          | 2        | 68,2    | 1,424            | 1,412             | 1,339            | 0,078                  |
|                          | 3        | 68,2    | 1,424            | 1,402             | 1,329            | 0,078                  |
|                          | 4        | 68,2    | 1,424            | 1,402             | 1,329            | 0,078                  |
|                          | Total    | 272,8   | 5,696            | 5,640             | 5,346            | 0,310                  |
|                          | Promedio | 68,2    | 1,424            | 1,410             | 1,337            | 0,078                  |
| Alpaca 4 ad libitum      | 1        | 59,6    | 1,502            | 0,322             | 0,305            | 0,068                  |
|                          | 2        | 59,6    | 1,502            | 0,418             | 0,396            | 0,068                  |
|                          | 3        | 59,6    | 1,502            | 1,083             | 1,026            | 0,068                  |
|                          | 4        | 59,6    | 1,502            | 0,402             | 0,381            | 0,068                  |
|                          | Total    | 238,4   | 6,006            | 2,223             | 2,108            | 0,273                  |
|                          | Promedio | 59,6    | 1,502            | 0,556             | 0,527            | 0,068                  |

**TABLA 16** Peso, consumo de alimento y volumen corporal, Etapa 2 alpacas.

|                        | Día      | Peso Kg | Al. Ofrecido Kg. | Al. Consumido Kg. | Materia seca | Volumen m <sup>3</sup> |
|------------------------|----------|---------|------------------|-------------------|--------------|------------------------|
| Alpaca 1 Ad libitum    | 1        | 60,3    | 1,515            | 0,981             | 0,930        | 0,069                  |
|                        | 2        | 60,3    | 1,515            | 1,186             | 1,124        | 0,069                  |
|                        | 3        | 60,3    | 1,515            | 0,622             | 0,589        | 0,069                  |
|                        | 4        | 60,3    | 1,515            | 0,937             | 0,888        | 0,069                  |
|                        | Total    | 241,2   | 6,059            | 3,725             | 3,531        | 0,276                  |
|                        | Promedio | 60,3    | 1,515            | 0,931             | 0,883        | 0,069                  |
| Alpaca 2 Mantenimiento | 1        | 58,6    | 0,847            | 0,847             | 0,803        | 0,067                  |
|                        | 2        | 58,6    | 0,847            | 0,847             | 0,803        | 0,067                  |
|                        | 3        | 58,6    | 0,847            | 0,847             | 0,803        | 0,067                  |
|                        | 4        | 58,6    | 0,847            | 0,847             | 0,803        | 0,067                  |
|                        | Total    | 234,4   | 3,389            | 3,389             | 3,213        | 0,268                  |
|                        | Promedio | 58,6    | 0,847            | 0,847             | 0,803        | 0,067                  |

|                                |          |       |       |       |       |       |
|--------------------------------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Alpaca 3<br>Intermedio<br>bajo | 1        | 66,2  | 1,160 | 1,160 | 1,100 | 0,075 |
|                                | 2        | 66,2  | 1,160 | 1,086 | 1,030 | 0,075 |
|                                | 3        | 66,2  | 1,160 | 0,735 | 0,697 | 0,075 |
|                                | 4        | 66,2  | 1,160 | 1,140 | 1,081 | 0,075 |
|                                | Total    | 264,8 | 4,642 | 4,123 | 3,908 | 0,302 |
|                                | Promedio | 66,2  | 1,160 | 1,031 | 0,977 | 0,075 |
| Alpaca 4<br>Intermedio<br>alto | 1        | 58,4  | 1,268 | 0,989 | 0,937 | 0,067 |
|                                | 2        | 58,4  | 1,268 | 1,177 | 1,115 | 0,067 |
|                                | 3        | 58,4  | 1,268 | 1,083 | 1,026 | 0,067 |
|                                | 4        | 58,4  | 1,268 | 1,190 | 1,128 | 0,067 |
|                                | Total    | 233,6 | 5,070 | 4,437 | 4,206 | 0,267 |
|                                | Promedio | 58,4  | 1,268 | 1,109 | 1,052 | 0,067 |

**TABLA 17** Peso, consumo de alimento y volumen corporal, Etapa 3 alpacas.

|                                | Día      | Peso<br>Kg | Al. Ofrecido<br>Kg. | Al. Consumido<br>Kg. | Materia<br>seca | Volumen<br>m <sup>3</sup> |
|--------------------------------|----------|------------|---------------------|----------------------|-----------------|---------------------------|
| Alpaca 1<br>Intermedio<br>alto | 1        | 59,4       | 1,284               | 1,284                | 1,217           | 0,068                     |
|                                | 2        | 61         | 1,310               | 1,293                | 1,225           | 0,070                     |
|                                | 3        | 61         | 1,310               | 1,274                | 1,207           | 0,070                     |
|                                | 4        | 61         | 1,310               | 0,999                | 0,947           | 0,070                     |
|                                | Total    | 242,4      | 5,213               | 4,849                | 4,597           | 0,277                     |
|                                | Promedio | 60,6       | 1,303               | 1,212                | 1,149           | 0,069                     |
| Alpaca 2<br>Ad libitum         | 1        | 58,6       | 1,483               | 1,248                | 1,183           | 0,067                     |
|                                | 2        | 62,2       | 1,550               | 1,019                | 0,966           | 0,071                     |
|                                | 3        | 62,2       | 1,550               | 1,366                | 1,295           | 0,071                     |
|                                | 4        | 62,2       | 1,550               | 1,268                | 1,202           | 0,071                     |
|                                | Total    | 245,2      | 6,134               | 4,902                | 4,647           | 0,280                     |
|                                | Promedio | 61,3       | 1,533               | 1,225                | 1,162           | 0,070                     |
| Alpaca 3<br>Mantenimie<br>nto  | 1        | 66,8       | 0,935               | 0,935                | 0,886           | 0,076                     |
|                                | 2        | 64,4       | 0,909               | 0,909                | 0,862           | 0,073                     |
|                                | 3        | 64,4       | 0,909               | 0,901                | 0,854           | 0,073                     |
|                                | 4        | 64,4       | 0,909               | 0,909                | 0,862           | 0,073                     |
|                                | Total    | 260,0      | 3,663               | 3,655                | 3,465           | 0,296                     |
|                                | Promedio | 65,0       | 0,916               | 0,914                | 0,866           | 0,074                     |
| Alpaca 4<br>Intermedio<br>Bajo | 1        | 57,8       | 1,048               | 0,182                | 0,173           | 0,066                     |
|                                | 2        | 55         | 1,010               | 0,559                | 0,530           | 0,063                     |
|                                | 3        | 55         | 1,010               | 1,008                | 0,955           | 0,063                     |
|                                | 4        | 55         | 1,010               | 0,997                | 0,945           | 0,063                     |
|                                | Total    | 222,8      | 4,078               | 2,746                | 2,603           | 0,255                     |
|                                | Promedio | 55,7       | 1,019               | 0,686                | 0,651           | 0,064                     |

**TABLA 18** Peso, consumo de alimento y volumen corporal, Etapa 4 alpacas.

|                                | Día      | Peso Kg | Al. Ofrecido Kg. | Al. Consumido Kg. | Materia seca | Volumen m <sup>3</sup> |
|--------------------------------|----------|---------|------------------|-------------------|--------------|------------------------|
| Alpaca 1<br>Intermedio<br>bajo | 1        | 62      | 1,105            | 1,105             | 1,047        | 0,071                  |
|                                | 2        | 59,8    | 1,075            | 1,075             | 1,019        | 0,068                  |
|                                | 3        | 59,8    | 1,075            | 1,075             | 1,019        | 0,068                  |
|                                | 4        | 59,8    | 1,075            | 1,075             | 1,019        | 0,068                  |
|                                | Total    | 241,4   | 4,330            | 4,330             | 4,105        | 0,276                  |
|                                | Promedio | 60,4    | 1,083            | 1,083             | 1,026        | 0,069                  |
| Alpaca 2<br>Intermedio<br>alto | 1        | 62,2    | 1,329            | 1,250             | 1,185        | 0,071                  |
|                                | 2        | 61,6    | 1,319            | 1,301             | 1,234        | 0,070                  |
|                                | 3        | 61,6    | 1,319            | 1,294             | 1,227        | 0,070                  |
|                                | 4        | 61,6    | 1,319            | 1,162             | 1,102        | 0,070                  |
|                                | Total    | 247,0   | 5,287            | 5,008             | 4,747        | 0,282                  |
|                                | Promedio | 61,8    | 1,322            | 1,252             | 1,187        | 0,071                  |
| Alpaca 3<br>Ad Libitum         | 1        | 66,2    | 1,625            | 1,119             | 1,060        | 0,075                  |
|                                | 2        | 68,2    | 1,661            | 1,661             | 1,575        | 0,078                  |
|                                | 3        | 68,2    | 1,661            | 1,467             | 1,391        | 0,078                  |
|                                | 4        | 68,2    | 1,661            | 1,415             | 1,342        | 0,078                  |
|                                | Total    | 270,8   | 6,608            | 5,662             | 5,368        | 0,308                  |
|                                | Promedio | 67,7    | 1,652            | 1,416             | 1,342        | 0,077                  |
| Alpaca 4<br>Mantenimie<br>nto  | 1        | 57      | 0,830            | 0,830             | 0,787        | 0,065                  |
|                                | 2        | 56,6    | 0,825            | 0,625             | 0,593        | 0,065                  |
|                                | 3        | 56,6    | 0,825            | 0,515             | 0,489        | 0,065                  |
|                                | 4        | 56,6    | 0,825            | 0,794             | 0,753        | 0,065                  |
|                                | Total    | 226,8   | 3,306            | 2,765             | 2,621        | 0,260                  |
|                                | Promedio | 56,7    | 0,827            | 0,691             | 0,655        | 0,065                  |

**TABLA 19** Peso, consumo de alimento y volumen corporal, Etapa 1 llamas.

|                               | Día      | Peso Kg | Al. Ofrecido Kg. | Al. Consumido Kg. | Materia seca | Volumen m <sup>3</sup> |
|-------------------------------|----------|---------|------------------|-------------------|--------------|------------------------|
| Llama 1<br>Mantenimie<br>nto  | 1        | 117     | 1,423            | 1,423             | 1,349        | 0,131                  |
|                               | 2        | 117     | 1,423            | 1,423             | 1,349        | 0,131                  |
|                               | 3        | 117     | 1,423            | 1,423             | 1,349        | 0,131                  |
|                               | 4        | 117     | 1,423            | 1,423             | 1,349        | 0,131                  |
|                               | Total    | 468,0   | 5,692            | 5,692             | 5,396        | 0,525                  |
|                               | Promedio | 117,0   | 1,423            | 1,423             | 1,349        | 0,131                  |
| Llama 2<br>Intermedio<br>bajo | 1        | 89,6    | 1,456            | 1,436             | 1,361        | 0,101                  |
|                               | 2        | 89,6    | 1,456            | 1,444             | 1,369        | 0,101                  |
|                               | 3        | 89,6    | 1,456            | 1,431             | 1,357        | 0,101                  |
|                               | 4        | 89,6    | 1,456            | 1,432             | 1,358        | 0,101                  |
|                               | Total    | 358,4   | 5,825            | 5,744             | 5,445        | 0,405                  |

|                         |          |       |       |       |       |       |
|-------------------------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                         | Promedio | 89,6  | 1,456 | 1,436 | 1,361 | 0,101 |
| Llama 3 Intermedio alto | 1        | 102,6 | 1,934 | 1,858 | 1,762 | 0,115 |
|                         | 2        | 102,6 | 1,934 | 1,921 | 1,821 | 0,115 |
|                         | 3        | 102,6 | 1,934 | 1,859 | 1,763 | 0,115 |
|                         | 4        | 102,6 | 1,934 | 1,874 | 1,777 | 0,115 |
|                         | Total    | 410,4 | 7,737 | 7,513 | 7,122 | 0,462 |
|                         | Promedio | 102,6 | 1,934 | 1,878 | 1,781 | 0,115 |
| Llama 4 Ad libitum      | 1        | 93,6  | 2,106 | 1,828 | 1,733 | 0,106 |
|                         | 2        | 93,6  | 2,106 | 1,755 | 1,664 | 0,106 |
|                         | 3        | 93,6  | 2,106 | 1,844 | 1,749 | 0,106 |
|                         | 4        | 93,6  | 2,106 | 1,298 | 1,231 | 0,106 |
|                         | Total    | 374,4 | 8,426 | 6,727 | 6,377 | 0,422 |
|                         | Promedio | 93,6  | 2,106 | 1,682 | 1,594 | 0,106 |

**TABLA 20** Peso, consumo de alimento y volumen corporal, Etapa 2 llamas.

|                         | Día      | Peso Kg | Al. Ofrecido Kg. | Al. Consumido Kg. | Materia seca | Volumen m3 |
|-------------------------|----------|---------|------------------|-------------------|--------------|------------|
| Llama 1 Ad libitum      | 1        | 111     | 2,394            | 2,387             | 2,263        | 0,125      |
|                         | 2        | 123     | 2,585            | 2,585             | 2,451        | 0,138      |
|                         | 3        | 123     | 2,585            | 2,490             | 2,361        | 0,138      |
|                         | 4        | 123     | 2,585            | 2,585             | 2,451        | 0,138      |
|                         | Total    | 480,0   | 10,150           | 10,048            | 9,526        | 0,538      |
|                         | Promedio | 120,0   | 2,537            | 2,512             | 2,381        | 0,135      |
| Llama 2 Mantenimiento   | 1        | 88,4    | 1,153            | 1,132             | 1,073        | 0,100      |
|                         | 2        | 88,2    | 1,151            | 1,139             | 1,080        | 0,100      |
|                         | 3        | 88,2    | 1,151            | 1,142             | 1,083        | 0,100      |
|                         | 4        | 88,2    | 1,151            | 1,151             | 1,091        | 0,100      |
|                         | Total    | 353,0   | 4,607            | 4,564             | 4,327        | 0,399      |
|                         | Promedio | 88,3    | 1,152            | 1,141             | 1,082        | 0,100      |
| Llama 3 Intermedio bajo | 1        | 102,4   | 1,610            | 1,578             | 1,495        | 0,115      |
|                         | 2        | 103,8   | 1,626            | 1,601             | 1,518        | 0,117      |
|                         | 3        | 103,8   | 1,626            | 1,621             | 1,537        | 0,117      |
|                         | 4        | 103,8   | 1,626            | 1,619             | 1,535        | 0,117      |
|                         | Total    | 413,8   | 6,487            | 6,418             | 6,085        | 0,466      |
|                         | Promedio | 103,5   | 1,622            | 1,605             | 1,521        | 0,116      |
| Llama 4 Intermedio alto | 1        | 95      | 1,826            | 1,699             | 1,610        | 0,107      |
|                         | 2        | 96      | 1,840            | 1,500             | 1,422        | 0,108      |
|                         | 3        | 96      | 1,840            | 1,655             | 1,569        | 0,108      |
|                         | 4        | 96      | 1,840            | 1,555             | 1,474        | 0,108      |
|                         | Total    | 383,0   | 7,346            | 6,409             | 6,076        | 0,432      |
|                         | Promedio | 95,8    | 1,837            | 1,602             | 1,519        | 0,108      |

**TABLA 21** Peso, consumo de alimento y volumen corporal, Etapa 3 llamas.

|                         | Día      | Peso Kg | Al. Ofrecido Kg. | Al. Consumido Kg. | Materia seca | Volumen m <sup>3</sup> |
|-------------------------|----------|---------|------------------|-------------------|--------------|------------------------|
| Llama 1 Intermedio alto | 1        | 123,4   | 2,221            | 2,221             | 2,106        | 0,138                  |
|                         | 2        | 123,4   | 2,221            | 2,221             | 2,106        | 0,138                  |
|                         | 3        | 123,4   | 2,221            | 2,221             | 2,106        | 0,138                  |
|                         | 4        | 123,4   | 2,221            | 2,221             | 2,106        | 0,138                  |
|                         | Total    | 493,6   | 8,886            | 8,886             | 8,424        | 0,553                  |
|                         | Promedio | 123,4   | 2,221            | 2,221             | 2,106        | 0,138                  |
| Llama 2 Ad libitum      | 1        | 94      | 2,113            | 1,746             | 1,655        | 0,106                  |
|                         | 2        | 94      | 2,113            | 2,066             | 1,959        | 0,106                  |
|                         | 3        | 94      | 2,113            | 1,977             | 1,874        | 0,106                  |
|                         | 4        | 94      | 2,113            | 1,939             | 1,838        | 0,106                  |
|                         | Total    | 376,0   | 8,453            | 7,729             | 7,327        | 0,424                  |
|                         | Promedio | 94,0    | 2,113            | 1,932             | 1,832        | 0,106                  |
| Llama 3 Mantenimiento   | 1        | 103,8   | 1,301            | 1,296             | 1,228        | 0,117                  |
|                         | 2        | 103,8   | 1,301            | 1,301             | 1,233        | 0,117                  |
|                         | 3        | 103,8   | 1,301            | 1,291             | 1,224        | 0,117                  |
|                         | 4        | 103,8   | 1,301            | 1,290             | 1,223        | 0,117                  |
|                         | Total    | 415,2   | 5,203            | 5,177             | 4,908        | 0,467                  |
|                         | Promedio | 103,8   | 1,301            | 1,294             | 1,227        | 0,117                  |
| Llama 4 Intermedio bajo | 1        | 90,4    | 1,466            | 1,108             | 1,051        | 0,102                  |
|                         | 2        | 90,4    | 1,466            | 1,040             | 0,986        | 0,102                  |
|                         | 3        | 90,4    | 1,466            | 1,035             | 0,981        | 0,102                  |
|                         | 4        | 90,4    | 1,466            | 0,933             | 0,884        | 0,102                  |
|                         | Total    | 361,6   | 5,863            | 4,116             | 3,902        | 0,408                  |
|                         | Promedio | 90,4    | 1,466            | 1,029             | 0,975        | 0,102                  |

**TABLA 22** Peso, consumo de alimento y volumen corporal, Etapa 4 llamas.

|                         | Día      | Peso Kg | Al. Ofrecido Kg. | Al. Consumido Kg. | Materia seca | Volumen m <sup>3</sup> |
|-------------------------|----------|---------|------------------|-------------------|--------------|------------------------|
| Llama 1 Intermedio bajo | 1        | 122,4   | 1,840            | 1,840             | 1,744        | 0,137                  |
|                         | 2        | 122,4   | 1,840            | 1,840             | 1,744        | 0,137                  |
|                         | 3        | 122,4   | 1,840            | 1,840             | 1,744        | 0,137                  |
|                         | 4        | 122,4   | 1,840            | 1,840             | 1,744        | 0,137                  |
|                         | Total    | 489,6   | 7,360            | 7,360             | 6,977        | 0,549                  |
|                         | Promedio | 122,4   | 1,840            | 1,840             | 1,744        | 0,137                  |
| Llama 2 Intermedio alto | 1        | 94,8    | 1,823            | 1,687             | 1,599        | 0,107                  |
|                         | 2        | 94,8    | 1,823            | 1,703             | 1,614        | 0,107                  |
|                         | 3        | 94,8    | 1,823            | 1,697             | 1,609        | 0,107                  |
|                         | 4        | 94,8    | 1,823            | 1,654             | 1,568        | 0,107                  |
|                         | Total    | 379,2   | 7,292            | 6,741             | 6,390        | 0,428                  |

|                       |          |       |       |       |       |       |
|-----------------------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                       | Promedio | 94,8  | 1,823 | 1,685 | 1,598 | 0,107 |
| Llama 3 Ad libitum    | 1        | 106,4 | 2,319 | 2,168 | 2,055 | 0,120 |
|                       | 2        | 106,4 | 2,319 | 2,215 | 2,100 | 0,120 |
|                       | 3        | 106,4 | 2,319 | 2,007 | 1,903 | 0,120 |
|                       | 4        | 106,4 | 2,319 | 2,174 | 2,061 | 0,120 |
|                       | Total    | 425,6 | 9,276 | 8,564 | 8,119 | 0,479 |
|                       | Promedio | 106,4 | 2,319 | 2,141 | 2,030 | 0,120 |
| Llama 4 Mantenimiento | 1        | 91    | 1,179 | 1,162 | 1,101 | 0,103 |
|                       | 2        | 91    | 1,179 | 1,159 | 1,098 | 0,103 |
|                       | 3        | 91    | 1,179 | 1,169 | 1,108 | 0,103 |
|                       | 4        | 91    | 1,179 | 1,170 | 1,109 | 0,103 |
|                       | Total    | 364,0 | 4,714 | 4,658 | 4,416 | 0,411 |
|                       | Promedio | 91,0  | 1,179 | 1,165 | 1,104 | 0,103 |

**TABLA 23** Concentración de CH<sub>4</sub> en la cámara de respiración, minuto 20. Etapa 1

|                             | Día    | CH <sub>4</sub> |             |             | CO <sub>2</sub> |              |              |
|-----------------------------|--------|-----------------|-------------|-------------|-----------------|--------------|--------------|
|                             |        | M               | T           | X           | M               | T            | X            |
| Alpaca 1<br>Mantenimiento   | 1      |                 | 42,0        | 42,0        |                 | 442          | 442,0        |
|                             | 2      | 27,3            | 25,0        | 26,2        | 353             | 428          | 390,5        |
|                             | 3      | 29,5            | 80,6        | 55,1        | 588             | 604          | 596,0        |
|                             | 4      | 26,9            | 23,9        | 25,4        | 355             | 417          | 386,0        |
|                             | X      | <b>27,9</b>     | <b>42,9</b> | <b>35,4</b> | <b>432,0</b>    | <b>472,8</b> | <b>452,4</b> |
|                             | D.S.   | <b>1,4</b>      | <b>26,5</b> | <b>14,2</b> | <b>135,1</b>    | <b>88,1</b>  | <b>98,3</b>  |
|                             | C.V. % | <b>5,0</b>      | <b>61,8</b> | <b>40,1</b> | <b>31,3</b>     | <b>18,6</b>  | <b>21,7</b>  |
| Alpaca 2<br>Intermedio bajo | 1      |                 | 52,3        | 52,3        |                 | 465          | 465,0        |
|                             | 2      | 16,1            | 62,7        | 39,4        | 431             | 518          | 474,5        |
|                             | 3      | 30,5            | 69          | 49,8        | 529             | 535          | 532,0        |
|                             | 4      | 16,8            | 60,1        | 38,5        | 445             | 540          | 492,5        |
|                             | X      | <b>21,13</b>    | <b>61,0</b> | <b>41,1</b> | <b>468,3</b>    | <b>514,5</b> | <b>491,4</b> |
|                             | D.S.   | <b>8,1</b>      | <b>6,9</b>  | <b>7,1</b>  | <b>53,0</b>     | <b>34,3</b>  | <b>29,6</b>  |
|                             | C.V. % | <b>38,4</b>     | <b>11,3</b> | <b>17,2</b> | <b>11,3</b>     | <b>6,7</b>   | <b>6,0</b>   |
| Alpaca3<br>Intermedio alto  | 1      |                 | 65,8        | 65,8        |                 | 770          | 770,0        |
|                             | 2      | 36,2            |             | 36,2        | 697             |              | 697,0        |
|                             | 3      | 37,5            | 37,1        | 37,3        | 740             | 961          | 850,5        |
|                             | 4      | 26,5            | 57,2        | 41,9        | 620             | 635          | 627,5        |
|                             | X      | <b>33,4</b>     | <b>53,4</b> | <b>43,4</b> | <b>685,7</b>    | <b>788,7</b> | <b>737,2</b> |
|                             | D.S.   | <b>6,0</b>      | <b>14,7</b> | <b>13,9</b> | <b>60,8</b>     | <b>163,8</b> | <b>95,8</b>  |
|                             | C.V. % | <b>18,0</b>     | <b>27,6</b> | <b>32,0</b> | <b>8,9</b>      | <b>20,8</b>  | <b>13,0</b>  |
| Alpaca 4<br>Ad libitum      | 1      |                 | 41,4        | 41,4        |                 | 473          | 473,0        |
|                             | 2      | 28,1            |             | 28,1        | 511             |              | 511,0        |
|                             | 3      | 37,8            | 34,8        | 36,3        | 780             | 445          | 612,5        |
|                             | 4      | 17,8            | 57,6        | 37,7        | 354             | 617          | 485,5        |
|                             | X      | <b>27,9</b>     | <b>44,6</b> | <b>36,3</b> | <b>548,3</b>    | <b>511,7</b> | <b>530,0</b> |

|  |               |             |             |             |              |             |             |
|--|---------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|
|  | <b>D.S.</b>   | <b>10,0</b> | <b>11,7</b> | <b>5,6</b>  | <b>215,4</b> | <b>92,3</b> | <b>63,3</b> |
|  | <b>C.V. %</b> | <b>35,8</b> | <b>26,3</b> | <b>15,5</b> | <b>39,3</b>  | <b>18,0</b> | <b>12,0</b> |

**TABLA 24** Concentración de CH<sub>4</sub> en la cámara de respiración, minuto 20. Etapa 2.

|                             | Día           | CH <sub>4</sub> |             |             | CO <sub>2</sub> |              |              |
|-----------------------------|---------------|-----------------|-------------|-------------|-----------------|--------------|--------------|
|                             |               | M               | T           | X           | M               | T            | X            |
| Alpaca 1<br>Ad libitum      | 1             | 62,4            | 71,4        | 66,9        | 524             | 623          | 573,5        |
|                             | 2             | 41,3            | 40,9        | 41,1        | 493             | 469          | 481,0        |
|                             | 3             | 47,7            | 59,8        | 53,8        | 496             | 559          | 527,5        |
|                             | 4             | 24,5            | 52,6        | 38,6        | 470             | 492          | 481,0        |
|                             | <b>X</b>      | <b>43,975</b>   | <b>56,2</b> | <b>50,1</b> | <b>495,8</b>    | <b>535,8</b> | <b>515,8</b> |
|                             | <b>D.S.</b>   | <b>15,7</b>     | <b>12,8</b> | <b>13,0</b> | <b>22,1</b>     | <b>69,6</b>  | <b>44,3</b>  |
|                             | <b>C.V. %</b> | <b>35,7</b>     | <b>22,8</b> | <b>26,0</b> | <b>4,5</b>      | <b>13,0</b>  | <b>8,6</b>   |
| Alpaca 2<br>Mantenimiento   | 1             | 12,1            | 40,8        | 26,5        | 489             | 418          | 453,5        |
|                             | 2             | 16,3            | 46,5        | 31,4        | 891             | 586          | 738,5        |
|                             | 3             | 23,6            | 54,5        | 39,1        | 423             | 483          | 453,0        |
|                             | 4             | 22,1            | 40,3        | 31,2        | 367             | 473          | 420,0        |
|                             | <b>X</b>      | <b>18,525</b>   | <b>45,5</b> | <b>32,0</b> | <b>542,5</b>    | <b>490,0</b> | <b>516,3</b> |
|                             | <b>D.S.</b>   | <b>5,3</b>      | <b>6,6</b>  | <b>5,2</b>  | <b>237,6</b>    | <b>70,1</b>  | <b>149,0</b> |
|                             | <b>C.V. %</b> | <b>28,7</b>     | <b>14,5</b> | <b>16,3</b> | <b>43,8</b>     | <b>14,3</b>  | <b>28,9</b>  |
| Alpaca 3<br>Intermedio bajo | 1             | 40,8            | 75,8        | 58,3        | 661             | 785          | 723,0        |
|                             | 2             | 60,1            | 64,4        | 62,3        | 895             | 634          | 764,5        |
|                             | 3             | 37,3            | 73,2        | 55,3        | 563             | 786          | 674,5        |
|                             | 4             | 26,8            | 67,2        | 47,0        | 517             | 567          | 542,0        |
|                             | <b>X</b>      | <b>41,25</b>    | <b>70,2</b> | <b>55,7</b> | <b>659,0</b>    | <b>693,0</b> | <b>676,0</b> |
|                             | <b>D.S.</b>   | <b>13,9</b>     | <b>5,3</b>  | <b>6,5</b>  | <b>168,4</b>    | <b>110,3</b> | <b>96,6</b>  |
|                             | <b>C.V. %</b> | <b>33,7</b>     | <b>7,5</b>  | <b>11,6</b> | <b>25,6</b>     | <b>15,9</b>  | <b>14,3</b>  |
| Alpaca 4<br>Intermedio alto | 1             | 36,7            | 60          | 48,4        | 595             | 484          | 539,5        |
|                             | 2             | 39,1            | 74,2        | 56,7        | 404             | 668          | 536,0        |
|                             | 3             | 41,5            | 73,6        | 57,6        | 508             | 725          | 616,5        |
|                             | 4             | 34,4            | 58,5        | 46,5        | 416             | 657          | 536,5        |
|                             | <b>X</b>      | <b>37,925</b>   | <b>66,6</b> | <b>52,3</b> | <b>480,8</b>    | <b>633,5</b> | <b>557,1</b> |
|                             | <b>D.S.</b>   | <b>3,1</b>      | <b>8,5</b>  | <b>5,7</b>  | <b>89,2</b>     | <b>104,0</b> | <b>39,6</b>  |
|                             | <b>C.V. %</b> | <b>8,1</b>      | <b>12,7</b> | <b>10,8</b> | <b>18,6</b>     | <b>16,4</b>  | <b>7,1</b>   |

**TABLA 25** Concentración de CH<sub>4</sub> en la cámara de respiración, minuto 20. Etapa 3.

|                             | Día    | CH <sub>4</sub> |             |             | CO <sub>2</sub> |              |              |
|-----------------------------|--------|-----------------|-------------|-------------|-----------------|--------------|--------------|
|                             |        | M               | T           | X           | M               | T            | X            |
| Alpaca1<br>Intermedio alto  | 1      | 39,9            | 67,2        | 53,6        | 523             | 574          | 548,5        |
|                             | 2      | 32              | 63,7        | 47,9        | 502             | 615          | 558,5        |
|                             | 3      | 38              | 63,3        | 50,7        | 482             | 516          | 499,0        |
|                             | 4      | 19,6            | 38,7        | 29,2        | 560             | 555          | 557,5        |
|                             | X      | <b>32,375</b>   | <b>58,2</b> | <b>45,3</b> | <b>516,8</b>    | <b>565,0</b> | <b>540,9</b> |
|                             | D.S.   | <b>9,2</b>      | <b>13,1</b> | <b>11,0</b> | <b>33,3</b>     | <b>41,2</b>  | <b>28,3</b>  |
|                             | C.V. % | <b>28,3</b>     | <b>22,6</b> | <b>24,3</b> | <b>6,5</b>      | <b>7,3</b>   | <b>5,2</b>   |
| Alpaca 2<br>Ad libitum      | 1      | 38,8            | 51,1        | 45,0        | 443             | 563          | 503,0        |
|                             | 2      | 18,8            | 61,6        | 40,2        | 564             | 544          | 554,0        |
|                             | 3      | 28,1            | 74,7        | 51,4        | 447             | 698          | 572,5        |
|                             | 4      | 40,8            | 74,5        | 57,7        | 507             | 659          | 583,0        |
|                             | X      | <b>31,625</b>   | <b>65,5</b> | <b>48,6</b> | <b>490,3</b>    | <b>616,0</b> | <b>553,1</b> |
|                             | D.S.   | <b>10,2</b>     | <b>11,4</b> | <b>7,6</b>  | <b>57,2</b>     | <b>74,3</b>  | <b>35,5</b>  |
|                             | C.V. % | <b>32,3</b>     | <b>17,4</b> | <b>15,7</b> | <b>11,7</b>     | <b>12,1</b>  | <b>6,4</b>   |
| Alpaca 3<br>Mantenimiento   | 1      | 19,6            | 40,2        | 29,9        | 483             | 553          | 518,0        |
|                             | 2      | 18,6            | 55,6        | 37,1        | 441             | 547          | 494,0        |
|                             | 3      | 27,5            | 60,7        | 44,1        | 472             | 660          | 566,0        |
|                             | 4      | 34,8            | 56,8        | 45,8        | 452             | 607          | 529,5        |
|                             | X      | <b>25,125</b>   | <b>53,3</b> | <b>39,2</b> | <b>462,0</b>    | <b>591,8</b> | <b>526,9</b> |
|                             | D.S.   | <b>7,6</b>      | <b>9,0</b>  | <b>7,3</b>  | <b>19,0</b>     | <b>52,9</b>  | <b>30,0</b>  |
|                             | C.V. % | <b>30,2</b>     | <b>16,9</b> | <b>18,5</b> | <b>4,1</b>      | <b>8,9</b>   | <b>5,7</b>   |
| Alpaca 4<br>Intermedio bajo | 1      | 14,4            | 35,3        | 24,9        | 375             | 507          | 441,0        |
|                             | 2      | 33              | 57,3        | 45,2        | 571             | 629          | 600,0        |
|                             | 3      | 29,1            | 53          | 41,1        | 487             | 588          | 537,5        |
|                             | 4      | 23,6            | 56,4        | 40,0        | 493             | 511          | 502,0        |
|                             | X      | <b>25,025</b>   | <b>50,5</b> | <b>37,8</b> | <b>481,5</b>    | <b>558,8</b> | <b>520,1</b> |
|                             | D.S.   | <b>8,1</b>      | <b>10,3</b> | <b>8,9</b>  | <b>80,7</b>     | <b>59,9</b>  | <b>66,5</b>  |
|                             | C.V. % | <b>32,2</b>     | <b>20,4</b> | <b>23,5</b> | <b>16,8</b>     | <b>10,7</b>  | <b>12,8</b>  |

**TABLA 26** Concentración de CH<sub>4</sub> en la cámara de respiración, minuto 20. Etapa 4.

|                             | Día    | CH <sub>4</sub> |             |             | CO <sub>2</sub> |              |              |
|-----------------------------|--------|-----------------|-------------|-------------|-----------------|--------------|--------------|
|                             |        | M               | T           | X           | M               | T            | X            |
| Alpaca 1<br>Intermedio bajo | 1      | 34,2            | 56,5        | 45,4        | 540             | 522          | 531,0        |
|                             | 2      | 24,6            | 51,9        | 38,3        | 455             | 407          | 431,0        |
|                             | 3      | 32,6            | 67,5        | 50,1        | 441             | 482          | 461,5        |
|                             | 4      | 34              | 42          | 38,0        | 413             | 326          | 369,5        |
|                             | X      | <b>31,35</b>    | <b>54,5</b> | <b>42,9</b> | <b>462,3</b>    | <b>434,3</b> | <b>448,3</b> |
|                             | D.S.   | <b>4,6</b>      | <b>10,6</b> | <b>5,9</b>  | <b>54,7</b>     | <b>86,5</b>  | <b>67,1</b>  |
|                             | C.V. % | <b>14,5</b>     | <b>19,4</b> | <b>13,6</b> | <b>11,8</b>     | <b>19,9</b>  | <b>15,0</b>  |

|                             |        |                |             |             |              |              |              |
|-----------------------------|--------|----------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| Alpaca 2<br>Intermedio alto | 1      | 24,3           | 63,7        | 44,0        | 537          | 507          | 522,0        |
|                             | 2      | 28,3           | 46,3        | 37,3        | 677          | 367          | 522,0        |
|                             | 3      | 26,6           | 68,2        | 47,4        | 372          | 661          | 516,5        |
|                             | 4      | 16,5           | 39,3        | 27,9        | 313          | 330          | 321,5        |
|                             | X      | <b>23,925</b>  | <b>54,4</b> | <b>39,2</b> | <b>474,8</b> | <b>466,3</b> | <b>470,5</b> |
|                             | D.S.   | <b>5,2</b>     | <b>13,8</b> | <b>8,6</b>  | <b>164,8</b> | <b>150,6</b> | <b>99,4</b>  |
|                             | C.V. % | <b>21,8</b>    | <b>25,4</b> | <b>22,0</b> | <b>34,7</b>  | <b>32,3</b>  | <b>21,1</b>  |
| Alpaca 3<br>Ad libitum      | 1      | 31             | 56,8        | 43,9        | 498          | 418          | 458,0        |
|                             | 2      | 31,7           | 61,7        | 46,7        | 552          | 575          | 563,5        |
|                             | 3      | 48,3           | 70,7        | 59,5        | 495          | 595          | 545,0        |
|                             | 4      | 31,8           | 55,5        | 43,7        | 376          | 414          | 395,0        |
|                             | X      | <b>35,7</b>    | <b>61,2</b> | <b>48,4</b> | <b>480,3</b> | <b>500,5</b> | <b>490,4</b> |
|                             | D.S.   | <b>8,4</b>     | <b>6,9</b>  | <b>7,5</b>  | <b>74,3</b>  | <b>97,9</b>  | <b>78,5</b>  |
|                             | C.V. % | <b>23,6</b>    | <b>11,3</b> | <b>15,5</b> | <b>15,5</b>  | <b>19,6</b>  | <b>16,0</b>  |
| Alpaca 4<br>Mantenimiento   | 1      | 26,7           | 38,4        | 32,6        | 508          | 422          | 465,0        |
|                             | 2      | 16,3           | 40,6        | 28,5        | 387          | 363          | 375,0        |
|                             | 3      | 9,97           | 36          | 23,0        | 320          | 387          | 353,5        |
|                             | 4      | 9,04           | 33,8        | 21,4        | 138          | 351          | 244,5        |
|                             | X      | <b>15,5025</b> | <b>37,2</b> | <b>26,4</b> | <b>338,3</b> | <b>380,8</b> | <b>359,5</b> |
|                             | D.S.   | <b>8,1</b>     | <b>2,9</b>  | <b>5,1</b>  | <b>154,5</b> | <b>31,3</b>  | <b>90,6</b>  |
|                             | C.V. % | <b>52,5</b>    | <b>7,9</b>  | <b>19,4</b> | <b>45,7</b>  | <b>8,2</b>   | <b>25,2</b>  |

**TABLA 27** Concentración de CH<sub>4</sub> en la cámara de respiración, minuto 20. Etapa 1

|                            | Día    | CH <sub>4</sub> |              |             | CO <sub>2</sub> |               |              |
|----------------------------|--------|-----------------|--------------|-------------|-----------------|---------------|--------------|
|                            |        | M               | T            | X           | M               | T             | X            |
| Llama 1<br>Mantenimiento   | 1      | 7,9             | 80,4         | 44,2        | 547             | 937           | 742,0        |
|                            | 2      | 9,38            | 65,8         | 37,6        | 650             | 643           | 646,5        |
|                            | 3      | 36,8            | 66           | 51,4        | 745             | 573           | 659,0        |
|                            | 4      | 54,2            | 122          | 88,1        | 709             | 1106          | 907,5        |
|                            | X      | <b>27,07</b>    | <b>83,55</b> | <b>55,3</b> | <b>662,75</b>   | <b>814,75</b> | <b>738,8</b> |
|                            | D.S.   | <b>22,4</b>     | <b>26,5</b>  | <b>22,6</b> | <b>86,5</b>     | <b>250,1</b>  | <b>120,2</b> |
|                            | C.V. % | <b>82,9</b>     | <b>31,8</b>  | <b>40,8</b> | <b>13,1</b>     | <b>30,7</b>   | <b>16,3</b>  |
| Llama 2<br>Intermedio bajo | 1      | 6,23            | 88,7         | 47,5        | 879             | 1170          | 1024,5       |
|                            | 2      | 35,3            | 48,8         | 42,1        | 721             | 569           | 645,0        |
|                            | 3      | 55,3            | 65,7         | 60,5        | 680             | 632           | 656,0        |
|                            | 4      | 30,6            | 73,2         | 51,9        | 669             | 757           | 713,0        |
|                            | X      | <b>31,86</b>    | <b>69,1</b>  | <b>50,5</b> | <b>737,3</b>    | <b>782,0</b>  | <b>759,6</b> |
|                            | D.S.   | <b>20,2</b>     | <b>16,6</b>  | <b>7,8</b>  | <b>97,1</b>     | <b>270,2</b>  | <b>179,1</b> |
|                            | C.V. % | <b>63,3</b>     | <b>24,0</b>  | <b>15,5</b> | <b>13,2</b>     | <b>34,6</b>   | <b>23,6</b>  |
| Llama 3<br>Intermedio alto | 1      | 40,2            | 99,6         | 69,9        | 930             | 1918          | 1424,0       |
|                            | 2      | 50,4            | 84,8         | 67,6        | 914             | 966           | 940,0        |
|                            | 3      | 55,7            | 80,3         | 68,0        | 815             | 893           | 854,0        |
|                            | 4      | 39,2            | 94           | 66,6        | 583             | 968           | 775,5        |

|                       |               |               |             |             |               |               |               |
|-----------------------|---------------|---------------|-------------|-------------|---------------|---------------|---------------|
|                       | <b>X</b>      | <b>46,375</b> | <b>89,7</b> | <b>68,0</b> | <b>810,5</b>  | <b>1186,3</b> | <b>998,4</b>  |
|                       | <b>D.S.</b>   | <b>8,0</b>    | <b>8,7</b>  | <b>1,4</b>  | <b>160,0</b>  | <b>489,1</b>  | <b>291,6</b>  |
|                       | <b>C.V. %</b> | <b>17,3</b>   | <b>9,7</b>  | <b>2,0</b>  | <b>19,7</b>   | <b>41,2</b>   | <b>29,2</b>   |
| Llama 4<br>Ad libitum | <b>1</b>      | 60,7          | 117         | 88,9        | 1425          | 1640          | 1532,5        |
|                       | <b>2</b>      | 60,7          | 106         | 83,4        | 924           | 1078          | 1001,0        |
|                       | <b>3</b>      | 54,9          | 67,7        | 61,3        | 877           | 705           | 791,0         |
|                       | <b>4</b>      | 27,5          | 92,9        | 60,2        | 802           | 1045          | 923,5         |
|                       | <b>X</b>      | <b>50,95</b>  | <b>95,9</b> | <b>73,4</b> | <b>1007,0</b> | <b>1117,0</b> | <b>1062,0</b> |
|                       | <b>D.S.</b>   | <b>15,9</b>   | <b>21,2</b> | <b>14,8</b> | <b>283,2</b>  | <b>387,3</b>  | <b>325,4</b>  |
|                       | <b>C.V. %</b> | <b>31,1</b>   | <b>22,1</b> | <b>20,2</b> | <b>28,1</b>   | <b>34,7</b>   | <b>30,6</b>   |

**TABLA 28** Concentración de CH<sub>4</sub> en la cámara de respiración, minuto 20. Etapa 2

|                            | Día           | CH <sub>4</sub> |              |             | CO <sub>2</sub> |               |              |
|----------------------------|---------------|-----------------|--------------|-------------|-----------------|---------------|--------------|
|                            |               | M               | T            | X           | M               | T             | X            |
| Llama 1<br>Ad libitum      | <b>1</b>      | 73,3            | 117          | 95,2        | 932             | 1092          | 1012,0       |
|                            | <b>2</b>      | 64              | 128          | 96,0        | 743             | 1108          | 925,5        |
|                            | <b>3</b>      | 57,4            | 124          | 90,7        | 636             | 1068          | 852,0        |
|                            | <b>4</b>      | 55,3            | 121          | 88,2        | 629             | 1236          | 932,5        |
|                            | <b>X</b>      | <b>62,5</b>     | <b>122,5</b> | <b>92,5</b> | <b>735,0</b>    | <b>1126,0</b> | <b>930,5</b> |
|                            | <b>D.S.</b>   | <b>8,1</b>      | <b>4,7</b>   | <b>3,7</b>  | <b>141,3</b>    | <b>75,2</b>   | <b>65,4</b>  |
|                            | <b>C.V. %</b> | <b>13,0</b>     | <b>3,8</b>   | <b>4,0</b>  | <b>19,2</b>     | <b>6,7</b>    | <b>7,0</b>   |
| Llama 2<br>Mantenimiento   | <b>1</b>      | 38,5            | 65           | 51,8        | 741             | 697           | 719,0        |
|                            | <b>2</b>      | 27,5            | 74,6         | 51,1        | 602             | 758           | 680,0        |
|                            | <b>3</b>      | 20,1            | 67,9         | 44,0        | 406             | 648           | 527,0        |
|                            | <b>4</b>      | 31,3            | 64,9         | 48,1        | 446             | 629           | 537,5        |
|                            | <b>X</b>      | <b>29,35</b>    | <b>68,1</b>  | <b>48,7</b> | <b>548,8</b>    | <b>683,0</b>  | <b>615,9</b> |
|                            | <b>D.S.</b>   | <b>7,7</b>      | <b>4,6</b>   | <b>3,5</b>  | <b>153,5</b>    | <b>57,6</b>   | <b>98,0</b>  |
|                            | <b>C.V. %</b> | <b>26,1</b>     | <b>6,7</b>   | <b>7,2</b>  | <b>28,0</b>     | <b>8,4</b>    | <b>15,9</b>  |
| Llama 3<br>Intermedio bajo | <b>1</b>      | 39,6            | 61,8         | 50,7        | 1018            | 631           | 824,5        |
|                            | <b>2</b>      | 55,1            | 78,9         | 67,0        | 836             | 889           | 862,5        |
|                            | <b>3</b>      | 35,5            | 76,2         | 55,9        | 662             | 811           | 736,5        |
|                            | <b>4</b>      | 44,6            | 93,9         | 69,3        | 877             | 871           | 874,0        |
|                            | <b>X</b>      | <b>43,7</b>     | <b>77,7</b>  | <b>60,7</b> | <b>848,3</b>    | <b>800,5</b>  | <b>824,4</b> |
|                            | <b>D.S.</b>   | <b>8,5</b>      | <b>13,2</b>  | <b>8,9</b>  | <b>146,6</b>    | <b>117,8</b>  | <b>62,3</b>  |
|                            | <b>C.V. %</b> | <b>19,4</b>     | <b>16,9</b>  | <b>14,6</b> | <b>17,3</b>     | <b>14,7</b>   | <b>7,6</b>   |
| Llama 4<br>Intermedio alto | <b>1</b>      | 24,2            | 95,1         | 59,7        | 511             | 1122          | 816,5        |
|                            | <b>2</b>      | 57,8            | 86,7         | 72,3        | 908             | 1243          | 1075,5       |
|                            | <b>3</b>      | 48,8            | 97,6         | 73,2        | 703             | 1105          | 904,0        |
|                            | <b>4</b>      | 57,6            | 99           | 78,3        | 776             | 1454          | 1115,0       |
|                            | <b>X</b>      | <b>47,1</b>     | <b>94,6</b>  | <b>70,9</b> | <b>724,5</b>    | <b>1231,0</b> | <b>977,8</b> |
|                            | <b>D.S.</b>   | <b>15,8</b>     | <b>5,5</b>   | <b>7,9</b>  | <b>165,7</b>    | <b>160,9</b>  | <b>141,2</b> |
|                            | <b>C.V. %</b> | <b>33,6</b>     | <b>5,8</b>   | <b>11,2</b> | <b>22,9</b>     | <b>13,1</b>   | <b>14,4</b>  |

**TABLA 29** Concentración de CH<sub>4</sub> en la cámara de respiración, minuto 20. Etapa 3.

|                            | Día    | CH <sub>4</sub> |              |             | CO <sub>2</sub> |              |              |
|----------------------------|--------|-----------------|--------------|-------------|-----------------|--------------|--------------|
|                            |        | M               | T            | X           | M               | T            | X            |
| Llama 1<br>Intermedio alto | 1      | 59,1            | 117          | 88,1        | 845             | 935          | 890,0        |
|                            | 2      | 65,2            | 82           | 73,6        | 799             | 819          | 809,0        |
|                            | 3      | 54,3            | 101          | 77,7        | 978             | 849          | 913,5        |
|                            | 4      | 46,4            | 100          | 73,2        | 581             | 846          | 713,5        |
|                            | X      | <b>56,25</b>    | <b>100,0</b> | <b>78,1</b> | <b>800,8</b>    | <b>862,3</b> | <b>831,5</b> |
|                            | D.S.   | <b>7,9</b>      | <b>14,3</b>  | <b>6,9</b>  | <b>165,0</b>    | <b>50,3</b>  | <b>90,5</b>  |
|                            | C.V. % | <b>14,1</b>     | <b>14,3</b>  | <b>8,9</b>  | <b>20,6</b>     | <b>5,8</b>   | <b>10,9</b>  |
| Llama 2<br>Ad libitum      | 1      | 51,5            | 101          | 76,3        | 732             | 908          | 820,0        |
|                            | 2      | 44,2            | 107          | 75,6        | 662             | 887          | 774,5        |
|                            | 3      | 59,6            | 99,9         | 79,8        | 712             | 891          | 801,5        |
|                            | 4      | 33              | 97           | 65,0        | 532             | 817          | 674,5        |
|                            | X      | <b>47,075</b>   | <b>101,2</b> | <b>74,2</b> | <b>659,5</b>    | <b>875,8</b> | <b>767,6</b> |
|                            | D.S.   | <b>11,3</b>     | <b>4,2</b>   | <b>6,4</b>  | <b>90,0</b>     | <b>40,2</b>  | <b>64,8</b>  |
|                            | C.V. % | <b>24,0</b>     | <b>4,2</b>   | <b>8,6</b>  | <b>13,6</b>     | <b>4,6</b>   | <b>8,4</b>   |
| Llama 3<br>Mantenimiento   | 1      | 33,6            | 67,9         | 50,8        | 900             | 787          | 843,5        |
|                            | 2      | 54,3            | 83,2         | 68,8        | 790             | 718          | 754,0        |
|                            | 3      | 45,4            | 81,4         | 63,4        | 669             | 808          | 738,5        |
|                            | 4      | 30,2            | 70           | 50,1        | 467             | 726          | 596,5        |
|                            | X      | <b>40,875</b>   | <b>75,6</b>  | <b>58,3</b> | <b>706,5</b>    | <b>759,8</b> | <b>733,1</b> |
|                            | D.S.   | <b>11,1</b>     | <b>7,8</b>   | <b>9,3</b>  | <b>185,5</b>    | <b>44,5</b>  | <b>102,2</b> |
|                            | C.V. % | <b>27,1</b>     | <b>10,3</b>  | <b>16,0</b> | <b>26,2</b>     | <b>5,9</b>   | <b>13,9</b>  |
| Llama 4<br>Intermedio bajo | 1      | 57,7            | 76,5         | 67,1        | 776             | 820          | 798,0        |
|                            | 2      | 41,7            | 78,2         | 60,0        | 466             | 889          | 677,5        |
|                            | 3      | 34,5            | 72,2         | 53,4        | 497             | 647          | 572,0        |
|                            | 4      | 62,7            | 82,5         | 72,6        | 822             | 666          | 744,0        |
|                            | X      | <b>49,15</b>    | <b>77,4</b>  | <b>63,3</b> | <b>640,3</b>    | <b>755,5</b> | <b>697,9</b> |
|                            | D.S.   | <b>13,3</b>     | <b>4,3</b>   | <b>8,4</b>  | <b>184,7</b>    | <b>118,0</b> | <b>97,3</b>  |
|                            | C.V. % | <b>27,0</b>     | <b>5,5</b>   | <b>13,3</b> | <b>28,8</b>     | <b>15,6</b>  | <b>13,9</b>  |

**TABLA 30** Concentración de CH<sub>4</sub> en la cámara de respiración, minuto 20. Etapa 4.

|                            | Día    | CH <sub>4</sub> |             |             | CO <sub>2</sub> |              |              |
|----------------------------|--------|-----------------|-------------|-------------|-----------------|--------------|--------------|
|                            |        | M               | T           | X           | M               | T            | X            |
| Llama 1<br>Intermedio bajo | 1      | 44              | 84,2        | 64,1        | 577             | 764          | 670,5        |
|                            | 2      | 57,7            | 80,8        | 69,3        | 636             | 822          | 729,0        |
|                            | 3      | 59,2            | 73,6        | 66,4        | 691             | 679          | 685,0        |
|                            | 4      | 55,6            | 75,1        | 65,4        | 733             | 690          | 711,5        |
|                            | X      | <b>54,125</b>   | <b>78,4</b> | <b>66,3</b> | <b>659,3</b>    | <b>738,8</b> | <b>699,0</b> |
|                            | D.S.   | <b>6,9</b>      | <b>4,9</b>  | <b>2,2</b>  | <b>67,7</b>     | <b>67,1</b>  | <b>26,2</b>  |
|                            | C.V. % | <b>12,8</b>     | <b>6,3</b>  | <b>3,3</b>  | <b>10,3</b>     | <b>9,1</b>   | <b>3,8</b>   |
| Llama 2<br>Intermedio alto | 1      | 57              | 63,8        | 60,4        | 596             | 480          | 538,0        |
|                            | 2      | 26,9            | 88,7        | 57,8        | 380             | 798          | 589,0        |
|                            | 3      | 12,7            | 74          | 43,4        | 243             | 664          | 453,5        |
|                            | 4      | 39,1            | 82,9        | 61,0        | 776             | 899          | 837,5        |
|                            | X      | <b>33,925</b>   | <b>77,4</b> | <b>55,6</b> | <b>498,8</b>    | <b>710,3</b> | <b>604,5</b> |
|                            | D.S.   | <b>18,8</b>     | <b>10,9</b> | <b>8,3</b>  | <b>235,1</b>    | <b>181,2</b> | <b>165,1</b> |
|                            | C.V. % | <b>55,4</b>     | <b>14,1</b> | <b>14,9</b> | <b>47,1</b>     | <b>25,5</b>  | <b>27,3</b>  |
| Llama 3<br>Ad libitum      | 1      | 60,5            | 106         | 83,3        | 1170            | 1031         | 1100,5       |
|                            | 2      | 60,2            | 90          | 75,1        | 905             | 745          | 825,0        |
|                            | 3      | 23,8            | 106         | 64,9        | 307             | 935          | 621,0        |
|                            | 4      | 42,8            | 79,6        | 61,2        | 553             | 747          | 650,0        |
|                            | X      | <b>46,825</b>   | <b>95,4</b> | <b>71,1</b> | <b>733,8</b>    | <b>864,5</b> | <b>799,1</b> |
|                            | D.S.   | <b>17,4</b>     | <b>13,0</b> | <b>10,0</b> | <b>380,5</b>    | <b>142,3</b> | <b>220,2</b> |
|                            | C.V. % | <b>37,2</b>     | <b>13,6</b> | <b>14,1</b> | <b>51,9</b>     | <b>16,5</b>  | <b>27,6</b>  |
| Llama 4<br>Mantenimiento   | 1      | 26              | 84          | 55,0        | 417             | 654          | 535,5        |
|                            | 2      | 31,6            | 73,8        | 52,7        | 447             | 632          | 539,5        |
|                            | 3      | 31,3            | 75          | 53,2        | 448             | 575          | 511,5        |
|                            | 4      | 26,9            | 69,8        | 48,4        | 407             | 586          | 496,5        |
|                            | X      | <b>28,95</b>    | <b>75,7</b> | <b>52,3</b> | <b>429,8</b>    | <b>611,8</b> | <b>520,8</b> |
|                            | D.S.   | <b>2,9</b>      | <b>6,0</b>  | <b>2,8</b>  | <b>20,9</b>     | <b>37,5</b>  | <b>20,4</b>  |
|                            | C.V. % | <b>10,1</b>     | <b>7,9</b>  | <b>5,4</b>  | <b>4,9</b>      | <b>6,1</b>   | <b>3,9</b>   |

TABLA 31 Emisiones de CH<sub>4</sub> entérico en alpacas. Mantenimiento.

| Etapa | Alpaca            |         | Peso | Temperatura | Concentración de CH <sub>4</sub> |                   | V <sub>C</sub> | V <sub>A</sub> | CH <sub>4</sub> , mg/volumen cámara m <sup>3</sup> |                                     | Emisiones de CH <sub>4</sub>     |       |
|-------|-------------------|---------|------|-------------|----------------------------------|-------------------|----------------|----------------|--|-------------------------------------|----------------------------------|-------|
|       | Nro               | Arete   |      |             | Arete                            | kg/m <sup>3</sup> |                |                | (ppm)  | CH <sub>4</sub> , mg/m <sup>3</sup> | mg/volumen cámara m <sup>3</sup> | g/día |
| 1     | 1                 | 14H686F | 57,8 | 3,23        | 35,4                             | 25,0              | 10,0           | 0,06618        | 248,4  | 17,9                                | 1,1                              | 42,7  |
| 2     | 2                 | 14H040E | 58,6 | 3,65        | 32                               | 22,6              | 10,0           | 0,06706        | 224,2  | 16,1                                | 1,0                              | 38,6  |
| 3     | 3                 | 14H519E | 65,0 | 4,13        | 39,2                             | 27,6              | 10,0           | 0,07410        | 274,0  | 19,7                                | 1,2                              | 47,3  |
| 4     | 4                 | 14W011D | 56,7 | 3,53        | 26,4                             | 18,6              | 10,0           | 0,06497        | 185,1  | 13,3                                | 0,8                              | 31,9  |
|       | <b>Promedio</b>   |         | 59,5 | 3,6         | 33,3                             | 23,5              | 10,0           | 0,1            | 232,9  | 16,8                                | 1,0                              | 40,1  |
|       | <b>Desv. Est.</b> |         | 3,7  | 0,4         | 5,4                              | 3,8               | 0,0            | 0,0            | 37,8   | 2,7                                 | 0,2                              | 6,5   |
|       | <b>CV, %</b>      |         | 6,3  | 10,3        | 16,3                             | 16,3              | 0,0            | 6,0            | 16,2   | 16,2                                | 16,2                             | 16,3  |

V<sub>C</sub> = volumen de la cámara, V<sub>A</sub> = volumen del animal.

TABLA 32 Emisiones de CH<sub>4</sub> entérico en alpacas. Intermedio Bajo.

| Etapa | Alpaca            |         | Peso | Temperatura | Concentración de CH <sub>4</sub> |                   | V <sub>C</sub> | V <sub>A</sub> | CH <sub>4</sub> , mg/volumen cámara m <sup>3</sup> |                                     | Emisiones de CH <sub>4</sub>     |       |
|-------|-------------------|---------|------|-------------|----------------------------------|-------------------|----------------|----------------|--|-------------------------------------|----------------------------------|-------|
|       | Nro               | Arete   |      |             | Arete                            | kg/m <sup>3</sup> |                |                | (ppm)  | CH <sub>4</sub> , mg/m <sup>3</sup> | mg/volumen cámara m <sup>3</sup> | g/día |
| 4     | 1                 | 14H686F | 60,4 | 3,53        | 42,9                             | 30,3              | 10,0           | 0,06904        | 300,7  | 21,6                                | 1,3                              | 51,7  |
| 1     | 2                 | 14H040E | 61,4 | 3,23        | 41,1                             | 29,0              | 10,0           | 0,07014        | 288,3  | 20,8                                | 1,3                              | 49,6  |
| 2     | 3                 | 14H519E | 66,2 | 3,65        | 55,7                             | 39,3              | 10,0           | 0,07542        | 390,0  | 28,1                                | 1,8                              | 67,1  |
| 3     | 4                 | 14W011D | 55,7 | 4,13        | 37,8                             | 26,6              | 10,0           | 0,06387        | 264,5  | 19,0                                | 1,2                              | 45,6  |
|       | <b>Promedio</b>   |         | 60,9 | 3,6         | 44,4                             | 31,3              | 10,0           | 0,1            | 310,9  | 22,4                                | 1,4                              | 53,5  |
|       | <b>Desv. Est.</b> |         | 4,3  | 0,4         | 7,8                              | 5,5               | 0,0            | 0,0            | 54,8   | 3,9                                 | 0,2                              | 9,4   |
|       | <b>CV, %</b>      |         | 7,1  | 10,3        | 17,7                             | 17,7              | 0,0            | 6,8            | 17,6   | 17,6                                | 17,6                             | 17,6  |

V<sub>C</sub> = volumen de la cámara, V<sub>A</sub> = volumen del animal.

TABLA 33 Emisiones de CH<sub>4</sub> entérico en alpacas. Intermedio Alto.

| Etapa | Alpaca            |         | Peso | Temperatura | Concentración de CH <sub>4</sub> |                                     | V <sub>C</sub> | V <sub>A</sub> | CH <sub>4</sub> , mg/volumen cámara m <sup>3</sup> |       | Emisiones de CH <sub>4</sub> |       |
|-------|-------------------|---------|------|-------------|----------------------------------|-------------------------------------|----------------|----------------|--|-------|------------------------------|-------|
|       | Nro               | Arete   |      |             | (ppm)                            | CH <sub>4</sub> , mg/m <sup>3</sup> |                |                | mg/volumen cámara m <sup>3</sup>                   | g/día | mol/d                        | L/día |
| 3     | 1                 | 14H686F | 60,6 | 4,13        | 45,3                             | 31,9                                | 10,0           | 0,06926        | 316,8  | 22,8  | 1,4                          | 54,6  |
| 4     | 2                 | 14H040E | 61,6 | 3,53        | 39,2                             | 27,7                                | 10,0           | 0,07036        | 274,7  | 19,8  | 1,2                          | 47,3  |
| 1     | 3                 | 14H519E | 68,2 | 3,8         | 43,4                             | 30,6                                | 10,0           | 0,07762        | 303,6  | 21,9  | 1,4                          | 52,3  |
| 2     | 4                 | 14W011D | 58,4 | 3,65        | 52,3                             | 36,9                                | 10,0           | 0,06684        | 366,5  | 26,4  | 1,6                          | 63,1  |
|       | <b>Promedio</b>   |         | 62,2 | 3,8         | 45,1                             | 31,8                                | 10,0           | 0,1            | 315,4  | 22,7  | 1,4                          | 54,3  |
|       | <b>Desv. Est.</b> |         | 4,2  | 0,3         | 5,5                              | 3,9                                 | 0,0            | 0,0            | 38,3   | 2,8   | 0,2                          | 6,6   |
|       | <b>CV, %</b>      |         | 6,8  | 6,9         | 12,1                             | 12,1                                | 0,0            | 6,5            | 12,2   | 12,2  | 12,2                         | 12,2  |

V<sub>C</sub> = volumen de la cámara, V<sub>A</sub> = volumen del animal.

TABLA 34 Emisiones de CH<sub>4</sub> entérico en alpacas. Ad Libitum.

| Etapa | Alpaca            |         | Peso | Temperatura | Concentración de CH <sub>4</sub> |                                     | V <sub>C</sub> | V <sub>A</sub> | CH <sub>4</sub> , mg/volumen cámara m <sup>3</sup> |       | Emisiones de CH <sub>4</sub> |       |
|-------|-------------------|---------|------|-------------|----------------------------------|-------------------------------------|----------------|----------------|--|-------|------------------------------|-------|
|       | Nro               | Arete   |      |             | (ppm)                            | CH <sub>4</sub> , mg/m <sup>3</sup> |                |                | mg/volumen cámara m <sup>3</sup>                   | g/día | mol/d                        | L/día |
| 2     | 1                 | 14H686F | 60,3 | 3,65        | 50,1                             | 35,3                                | 10,0           | 0,06893        | 351,0  | 25,3  | 1,6                          | 60,4  |
| 3     | 2                 | 14H040E | 61,3 | 4,13        | 48,6                             | 34,2                                | 10,0           | 0,07003        | 339,8  | 24,5  | 1,5                          | 58,6  |
| 4     | 3                 | 14H519E | 67,7 | 3,53        | 48,4                             | 34,2                                | 10,0           | 0,07707        | 338,9  | 24,4  | 1,5                          | 58,3  |
| 1     | 4                 | 14W011D | 59,6 | 3,8         | 36,3                             | 25,6                                | 10,0           | 0,06816        | 254,2  | 18,3  | 1,1                          | 43,8  |
|       | <b>Promedio</b>   |         | 62,2 | 3,8         | 45,9                             | 32,3                                | 10,0           | 0,1            | 321,0  | 23,1  | 1,4                          | 55,3  |
|       | <b>Desv. Est.</b> |         | 3,7  | 0,3         | 6,4                              | 4,5                                 | 0,0            | 0,0            | 44,9   | 3,2   | 0,2                          | 7,7   |
|       | <b>CV, %</b>      |         | 6,0  | 6,9         | 14,0                             | 14,0                                | 0,0            | 5,8            | 14,0   | 14,0  | 14,0                         | 14,0  |

V<sub>C</sub> = volumen de la cámara, V<sub>A</sub> = volumen del animal.

TABLA 35 Emisiones de CH<sub>4</sub> entérico en llamas. Mantenimiento.

| Etapa | Llama             |          | Peso  | Temperatura | Concentración de CH <sub>4</sub> |                                     | V <sub>C</sub> | V <sub>A</sub> | CH <sub>4</sub> ,<br>mg/volumen<br>cámara m <sup>3</sup> | Emisiones de CH <sub>4</sub> |       |       |
|-------|-------------------|----------|-------|-------------|----------------------------------|-------------------------------------|----------------|----------------|--|------------------------------|-------|-------|
|       | Nro               | Arete    |       |             | (ppm)                            | CH <sub>4</sub> , mg/m <sup>3</sup> |                |                |  | g/día                        | mol/d | L/día |
| 1     | 1                 | 14LL011E | 117,0 | 3,79        | 55,3                             | 39,0                                | 10,0           | 0,13130        | 384,8  | 27,7                         | 1,7   | 66,3  |
| 2     | 2                 | 14LL054F | 88,3  | 5,45        | 48,7                             | 34,1                                | 10,0           | 0,09973        | 337,9  | 24,3                         | 1,5   | 58,6  |
| 3     | 3                 | 14LL085F | 103,8 | 4,13        | 58,3                             | 41,1                                | 10,0           | 0,11678        | 405,8  | 29,2                         | 1,8   | 70,0  |
| 4     | 4                 | 14LL024E | 91,0  | 5,65        | 52,3                             | 36,6                                | 10,0           | 0,10270        | 362,5  | 26,1                         | 1,6   | 62,9  |
|       | <b>Promedio</b>   |          | 100,0 | 4,8         | 53,7                             | 37,7                                | 10,0           | 0,1            | 372,8  | 26,8                         | 1,7   | 64,4  |
|       | <b>Desv. Est.</b> |          | 13,2  | 0,9         | 4,1                              | 3,0                                 | 0,0            | 0,0            | 29,2   | 2,1                          | 0,1   | 4,9   |
|       | <b>CV, %</b>      |          | 13,2  | 19,6        | 7,7                              | 7,9                                 | 0,0            | 12,9           | 7,8  | 7,8                          | 7,8   | 7,6   |

V<sub>C</sub> = volumen de la cámara, V<sub>A</sub> = volumen del animal.

TABLA 36 Emisiones de CH<sub>4</sub> entérico en llamas. Intermedio Bajo.

| Etapa | Llama             |          | Peso  | Temperatura | Concentración de CH <sub>4</sub> |                                     | V <sub>C</sub> | V <sub>A</sub> | CH <sub>4</sub> ,<br>mg/volumen<br>cámara m <sup>3</sup> | Emisiones de CH <sub>4</sub> |       |       |
|-------|-------------------|----------|-------|-------------|----------------------------------|-------------------------------------|----------------|----------------|--|------------------------------|-------|-------|
|       | Nro               | Arete    |       |             | (ppm)                            | CH <sub>4</sub> , mg/m <sup>3</sup> |                |                |  | g/día                        | mol/d | L/día |
| 4     | 1                 | 14LL011E | 122,4 | 5,65        | 66,3                             | 46,4                                | 10,0           | 0,13724        | 458,0  | 33,0                         | 2,1   | 79,4  |
| 1     | 2                 | 14LL054F | 89,6  | 3,79        | 50,5                             | 35,6                                | 10,0           | 0,10116        | 352,5  | 25,4                         | 1,6   | 60,7  |
| 2     | 3                 | 14LL085F | 103,5 | 6,30        | 60,7                             | 42,4                                | 10,0           | 0,11645        | 419,2  | 30,2                         | 1,9   | 72,9  |
| 3     | 4                 | 14LL024E | 90,4  | 4,10        | 63,3                             | 44,6                                | 10,0           | 0,10204        | 441,3  | 31,8                         | 2,0   | 76,1  |
|       | <b>Promedio</b>   |          | 101,5 | 5,0         | 60,2                             | 42,3                                | 10,0           | 0,1            | 417,7  | 30,1                         | 1,9   | 72,3  |
|       | <b>Desv. Est.</b> |          | 15,3  | 1,2         | 6,9                              | 4,7                                 | 0,0            | 0,0            | 46,3   | 3,3                          | 0,2   | 8,2   |
|       | <b>CV, %</b>      |          | 15,1  | 24,4        | 11,4                             | 11,2                                | 0,0            | 14,8           | 11,1   | 11,1                         | 11,1  | 11,3  |

V<sub>C</sub> = volumen de la cámara, V<sub>A</sub> = volumen del animal.

**TABLA 37** Emisiones de CH<sub>4</sub> entérico en llamas. Intermedio Alto.

| Etapa | Llama             |          | Peso  | Temperatura | Concentración de CH <sub>4</sub> |                                     | V <sub>C</sub> | V <sub>A</sub> | CH <sub>4</sub> ,<br>mg/volumen<br>cámara m <sup>3</sup> | Emisiones de CH <sub>4</sub> |       |       |
|-------|-------------------|----------|-------|-------------|----------------------------------|-------------------------------------|----------------|----------------|--|------------------------------|-------|-------|
|       | Nro               | Arete    |       |             | Arete                            | CH <sub>4</sub> , mg/m <sup>3</sup> |                |                |  | (ppm)                        | g/día | mol/d |
| 3     | 1                 | 14LL011E | 123,4 | 4,13        | 78,1                             | 55,0                                | 10,0           | 0,13834        | 542,4  | 39,1                         | 2,4   | 93,5  |
| 4     | 2                 | 14LL054F | 94,8  | 5,65        | 55,6                             | 38,9                                | 10,0           | 0,10688        | 385,2  | 27,7                         | 1,7   | 66,8  |
| 1     | 3                 | 14LL085F | 102,6 | 3,79        | 68                               | 47,9                                | 10,0           | 0,11546        | 473,9  | 34,1                         | 2,1   | 81,6  |
| 2     | 4                 | 14LL024E | 95,8  | 6,30        | 70,9                             | 49,5                                | 10,0           | 0,10798        | 490,1  | 35,3                         | 2,2   | 85,2  |
|       | <b>Promedio</b>   |          | 104,2 | 5,0         | 68,2                             | 47,9                                | 10,0           | 0,1            | 472,9  | 34,0                         | 2,1   | 81,8  |
|       | <b>Desv. Est.</b> |          | 13,3  | 1,2         | 9,4                              | 6,7                                 | 0,0            | 0,0            | 65,3   | 4,7                          | 0,3   | 11,2  |
|       | <b>CV, %</b>      |          | 12,8  | 24,2        | 13,8                             | 13,9                                | 0,0            | 12,5           | 13,8   | 13,8                         | 13,8  | 13,7  |

V<sub>C</sub> = volumen de la cámara, V<sub>A</sub> = volumen del animal.

**TABLA 38** Emisiones de CH<sub>4</sub> entérico en llamas. Ad Libitum.

| Etapa | Llama             |          | Peso  | Temperatura | Concentración de CH <sub>4</sub> |                                     | V <sub>C</sub> | V <sub>A</sub> | CH <sub>4</sub> ,<br>mg/volumen<br>cámara m <sup>3</sup> | Emisiones de CH <sub>4</sub> |       |       |
|-------|-------------------|----------|-------|-------------|----------------------------------|-------------------------------------|----------------|----------------|--|------------------------------|-------|-------|
|       | Nro               | Arete    |       |             | Arete                            | CH <sub>4</sub> , mg/m <sup>3</sup> |                |                |  | (ppm)                        | g/día | mol/d |
| 2     | 1                 | 14LL011E | 120   | 6,30        | 92,5                             | 64,6                                | 10,0           | 0,13460        | 637,6  | 45,9                         | 2,9   | 110,8 |
| 3     | 2                 | 14LL054F | 94    | 4,13        | 74,2                             | 52,3                                | 10,0           | 0,10600        | 517,0  | 37,2                         | 2,3   | 89,2  |
| 4     | 3                 | 14LL085F | 106,4 | 5,65        | 71,1                             | 49,8                                | 10,0           | 0,11964        | 492,0  | 35,4                         | 2,2   | 85,3  |
| 1     | 4                 | 14LL024E | 93,6  | 3,79        | 73,4                             | 51,8                                | 10,0           | 0,10556        | 512,1  | 36,9                         | 2,3   | 88,2  |
|       | <b>Promedio</b>   |          | 103,5 | 5,0         | 77,8                             | 54,6                                | 10,0           | 0,1            | 539,7  | 38,9                         | 2,4   | 93,4  |
|       | <b>Desv. Est.</b> |          | 12,5  | 1,2         | 9,9                              | 6,8                                 | 0,0            | 0,0            | 66,2   | 4,8                          | 0,3   | 11,7  |
|       | <b>CV, %</b>      |          | 12,1  | 24,2        | 12,7                             | 12,4                                | 0,0            | 11,8           | 12,3   | 12,3                         | 12,3  | 12,6  |

V<sub>C</sub> = volumen de la cámara, V<sub>A</sub> = volumen del animal.

**TABLA 39** Cuadrado latino, Emisión de CH<sub>4</sub>, Alpacas, g/día.

| Etapa           | 1        | 2         | 3         | 4         | Promedio     | D.E. | CV %  |
|-----------------|----------|-----------|-----------|-----------|--------------|------|-------|
| I               | 17,9     | 20,8      | 21,9      | 18,3      | 19,73        | 1,94 | 9,82  |
| II              | 25,3     | 16,1      | 28,1      | 26,4      | 23,98        | 5,37 | 22,42 |
| III             | 22,8     | 24,5      | 19,7      | 19,0      | 21,50        | 2,59 | 12,06 |
| IV              | 21,6     | 19,8      | 24,4      | 13,3      | 19,78        | 4,71 | 23,83 |
| <b>Promedio</b> | 21,90    | 20,30     | 23,53     | 19,25     | <b>21,24</b> |      |       |
| <b>D.E.</b>     | 3,08     | 3,45      | 3,60      | 5,40      | <b>3,94</b>  |      |       |
| <b>CV, %</b>    | 14,1     | 17,0      | 15,3      | 28,1      | <b>18,5</b>  |      |       |
|                 | <b>M</b> | <b>IB</b> | <b>IA</b> | <b>AL</b> |              |      |       |
| <b>Promedio</b> | 16,75    | 22,38     | 22,73     | 23,13     |              |      |       |
| <b>D.E.</b>     | 2,73     | 3,97      | 2,75      | 3,24      |              |      |       |
| <b>CV, %</b>    | 16,3     | 17,7      | 12,1      | 14,0      |              |      |       |

**TABLA 40** Cuadrado latino, Emisión de CH<sub>4</sub>, Alpacas, mol/día.

| Etapa           | 1        | 2         | 3         | 4         | Promedio    | D.E. | CV %  |
|-----------------|----------|-----------|-----------|-----------|-------------|------|-------|
| I               | 1,1      | 1,3       | 1,4       | 1,1       | 1,23        | 0,15 | 12,24 |
| II              | 1,6      | 1,0       | 1,8       | 1,6       | 1,50        | 0,35 | 23,09 |
| III             | 1,4      | 1,5       | 1,2       | 1,2       | 1,33        | 0,15 | 11,32 |
| IV              | 1,3      | 1,2       | 1,5       | 0,8       | 1,20        | 0,29 | 24,53 |
| <b>Promedio</b> | 1,35     | 1,25      | 1,48      | 1,18      | <b>1,31</b> |      |       |
| <b>D.E.</b>     | 0,21     | 0,21      | 0,25      | 0,33      | <b>0,26</b> |      |       |
| <b>CV, %</b>    | 15,4     | 16,7      | 16,9      | 28,1      | <b>19,4</b> |      |       |
|                 | <b>M</b> | <b>IB</b> | <b>IA</b> | <b>AL</b> |             |      |       |
| <b>Promedio</b> | 1,03     | 1,40      | 1,40      | 1,43      |             |      |       |
| <b>D.E.</b>     | 0,17     | 0,27      | 0,16      | 0,22      |             |      |       |
| <b>CV, %</b>    | 16,7     | 19,3      | 11,7      | 15,6      |             |      |       |

**TABLA 41** Cuadrado latino, Emisión de CH<sub>4</sub>, Alpacas, L/día.

| Etapa           | 1        | 2         | 3         | 4         | Promedio     | D.E.  | CV %  |
|-----------------|----------|-----------|-----------|-----------|--------------|-------|-------|
| I               | 42,7     | 49,6      | 52,3      | 43,8      | 47,10        | 4,60  | 9,77  |
| II              | 60,4     | 38,6      | 67,1      | 63,1      | 57,30        | 12,77 | 22,28 |
| III             | 54,6     | 58,6      | 47,3      | 45,6      | 51,53        | 6,12  | 11,88 |
| IV              | 51,7     | 47,3      | 58,3      | 31,9      | 47,30        | 11,22 | 23,72 |
| <b>Promedio</b> | 52,35    | 48,53     | 56,25     | 46,10     | <b>50,81</b> |       |       |
| <b>D.E.</b>     | 7,38     | 8,22      | 8,52      | 12,86     | <b>9,37</b>  |       |       |
| <b>CV, %</b>    | 14,1     | 16,9      | 15,1      | 27,9      | <b>18,4</b>  |       |       |
|                 | <b>M</b> | <b>IB</b> | <b>IA</b> | <b>AL</b> |              |       |       |
| <b>Promedio</b> | 40,13    | 53,50     | 54,33     | 55,28     |              |       |       |
| <b>D.E.</b>     | 6,53     | 9,41      | 6,60      | 7,71      |              |       |       |
| <b>CV, %</b>    | 16,3     | 17,6      | 12,1      | 13,9      |              |       |       |

**TABLA 42** Cuadrado latino, Emisión de CH<sub>4</sub>, Llamas, g/día.

| Etapa           | 1        | 2         | 3         | 4         | Promedio     | D.E. | CV %  |
|-----------------|----------|-----------|-----------|-----------|--------------|------|-------|
| I               | 27,7     | 25,4      | 34,1      | 36,9      | 31,03        | 5,37 | 17,32 |
| II              | 45,9     | 24,3      | 30,2      | 35,3      | 33,93        | 9,16 | 27,01 |
| III             | 39,1     | 37,2      | 29,2      | 31,8      | 34,33        | 4,61 | 13,43 |
| IV              | 33,0     | 27,7      | 35,4      | 26,1      | 30,55        | 4,38 | 14,32 |
| <b>Promedio</b> | 36,43    | 28,65     | 32,23     | 32,53     | <b>32,46</b> |      |       |
| <b>D.E.</b>     | 7,85     | 5,87      | 2,99      | 4,78      | <b>5,80</b>  |      |       |
| <b>CV, %</b>    | 21,5     | 20,5      | 9,3       | 14,7      | <b>17,9</b>  |      |       |
|                 | <b>M</b> | <b>IB</b> | <b>IA</b> | <b>AL</b> |              |      |       |
| <b>Promedio</b> | 26,83    | 30,10     | 34,05     | 38,85     |              |      |       |
| <b>D.E.</b>     | 2,11     | 3,34      | 4,74      | 4,77      |              |      |       |
| <b>CV, %</b>    | 7,9      | 11,1      | 13,9      | 12,3      |              |      |       |

**TABLA 43** Cuadrado latino, Emisión de CH<sub>4</sub>, Llamas, mol/día.

| Etapa           | 1        | 2         | 3         | 4         | Promedio    | D.E. | CV %  |
|-----------------|----------|-----------|-----------|-----------|-------------|------|-------|
| I               | 1,7      | 1,6       | 2,1       | 2,3       | 1,93        | 0,33 | 17,16 |
| II              | 2,9      | 1,5       | 1,9       | 2,2       | 2,13        | 0,59 | 27,81 |
| III             | 2,4      | 2,3       | 1,8       | 2,0       | 2,13        | 0,28 | 12,96 |
| IV              | 2,1      | 1,7       | 2,2       | 1,6       | 1,90        | 0,29 | 15,49 |
| <b>Promedio</b> | 2,28     | 1,78      | 2,00      | 2,03      | <b>2,02</b> |      |       |
| <b>D.E.</b>     | 0,51     | 0,36      | 0,18      | 0,31      | <b>0,37</b> |      |       |
| <b>CV, %</b>    | 22,2     | 20,2      | 9,1       | 15,3      | <b>18,3</b> |      |       |
|                 | <b>M</b> | <b>IB</b> | <b>IA</b> | <b>AL</b> |             |      |       |
| <b>Promedio</b> | 1,65     | 1,90      | 2,10      | 2,43      |             |      |       |
| <b>D.E.</b>     | 0,13     | 0,22      | 0,29      | 0,32      |             |      |       |
| <b>CV, %</b>    | 7,8      | 11,4      | 14,0      | 13,2      |             |      |       |

**TABLA 44** Cuadrado latino, Emisión de CH<sub>4</sub>, Llamas, L/día.

| Etapa           | 1        | 2         | 3         | 4         | Promedio     | D.E.  | CV %  |
|-----------------|----------|-----------|-----------|-----------|--------------|-------|-------|
| I               | 66,3     | 60,7      | 81,6      | 88,2      | 74,20        | 12,85 | 17,32 |
| II              | 110,8    | 58,6      | 72,9      | 85,2      | 81,88        | 22,14 | 27,04 |
| III             | 93,5     | 89,2      | 70,0      | 76,1      | 82,20        | 11,00 | 13,38 |
| IV              | 79,4     | 66,8      | 85,3      | 62,9      | 73,60        | 10,51 | 14,28 |
| <b>Promedio</b> | 87,50    | 68,83     | 77,45     | 78,10     | <b>77,97</b> |       |       |
| <b>D.E.</b>     | 19,10    | 14,02     | 7,19      | 11,36     | <b>13,96</b> |       |       |
| <b>CV, %</b>    | 21,8     | 20,4      | 9,3       | 14,6      | <b>17,9</b>  |       |       |
|                 | <b>M</b> | <b>IB</b> | <b>IA</b> | <b>AL</b> |              |       |       |
| <b>Promedio</b> | 64,45    | 72,28     | 81,78     | 93,38     |              |       |       |
| <b>D.E.</b>     | 4,86     | 8,16      | 11,16     | 11,73     |              |       |       |
| <b>CV, %</b>    | 7,5      | 11,3      | 13,6      | 12,6      |              |       |       |

**TABLA 45** ANOVA, emisión de CH<sub>4</sub>, Alpacas.

|                | <b>F. de V.</b>    | <b>G.L.</b> | <b>S.C.</b> | <b>C.M.</b> | <b>F</b> | <b>p</b> |
|----------------|--------------------|-------------|-------------|-------------|----------|----------|
| <b>g/día</b>   | Nivel de Consumo   | 3           | 108,83      | 36,28       | 6,42     | p<,05    |
|                | Etapas             | 3           | 47,96       | 15,99       | 2,83     | ns       |
|                | Alpaca             | 3           | 42,00       | 14,00       | 2,48     | ns       |
|                | Error Experimental | 6           | 33,91       | 5,65        |          |          |
|                | Total              | 15          | 232,70      |             |          |          |
|                | C.V.               | 11,19       |             |             |          |          |
| <b>mol/día</b> | Nivel de Consumo   | 3           | 0,44        | 0,15        | 7,50     | p<.025   |
|                | Etapas             | 3           | 0,22        | 0,07        | 3,50     | ns       |
|                | Alpaca             | 3           | 0,20        | 0,07        | 3,50     | ns       |
|                | Error Experimental | 6           | 0,11        | 0,02        |          |          |
|                | Total              | 15          | 0,98        |             |          |          |
|                | C.V.               | 10,77       |             |             |          |          |
| <b>L/día</b>   | Nivel de Consumo   | 3           | 614,79      | 204,93      | 6,46     | p<.05    |
|                | Etapas             | 3           | 274,86      | 91,62       | 2,89     | ns       |
|                | Alpaca             | 3           | 237,48      | 79,16       | 2,50     | ns       |
|                | Error Experimental | 6           | 190,24      | 31,71       |          |          |
|                | Total              | 15          | 1317,37     |             |          |          |
|                | C.V.               | 11,08       |             |             |          |          |

**TABLA 46** ANOVA, emisión de CH<sub>4</sub>, Llamas.

|                | <b>F. de V.</b>    | <b>G.L.</b> | <b>S.C.</b> | <b>C.M.</b> | <b>F</b> | <b>p</b> |
|----------------|--------------------|-------------|-------------|-------------|----------|----------|
| <b>g/día</b>   | Nivel de Consumo   | 3           | 322,73      | 107,58      | 41,06    | p<.001   |
|                | Etapas             | 3           | 45,33       | 15,11       | 5,77     | p<.05    |
|                | Llama              | 3           | 121,19      | 40,40       | 15,42    | p<.005   |
|                | Error Experimental | 6           | 15,71       | 2,62        |          |          |
|                | Total              | 15          | 504,96      |             |          |          |
|                | C.V.               | 4,99        |             |             |          |          |
| <b>mol/día</b> | Nivel de Consumo   | 3           | 1,29        | 0,43        | 43,00    | p<.001   |
|                | Etapas             | 3           | 0,18        | 0,06        | 6,00     | p<.05    |
|                | Llama              | 3           | 0,50        | 0,17        | 17,00    | p<.005   |
|                | Error Experimental | 6           | 0,07        | 0,01        |          |          |
|                | Total              | 15          | 2,04        |             |          |          |
|                | C.V.               | 4,95        |             |             |          |          |
| <b>L/día</b>   | Nivel de Consumo   | 3           | 1868,06     | 622,69      | 40,43    | p<.001   |
|                | Etapas             | 3           | 265,81      | 88,60       | 5,75     | p<.05    |
|                | Llama              | 3           | 698,96      | 232,99      | 15,13    | p<.005   |
|                | Error Experimental | 6           | 92,39       | 15,40       |          |          |
|                | Total              | 15          | 2925,21     |             |          |          |
|                | C.V.               | 5,03        |             |             |          |          |

**TABLA 47** Prueba de Duncan para emisión de CH<sub>4</sub> en niveles de consumo g, mol y L/día, Alpacas.

|                | Tratamiento | n  | x ± D.S.   | Duncan (p<0,05) |
|----------------|-------------|----|------------|-----------------|
| <b>g/día</b>   | AL          | 4  | 23,13±3,24 | a               |
|                | IA          | 4  | 22,71±2,76 | a               |
|                | IB          | 4  | 22,38±3,97 | a               |
|                | M           | 4  | 16,75±2,73 | b               |
|                | Total       | 16 | 21,24±3,94 |                 |
| <b>mol/día</b> | AL          | 4  | 1,43±0,22  | a               |
|                | IA          | 4  | 1,4±0,16   | a               |
|                | IB          | 4  | 1,4±0,27   | a               |
|                | M           | 4  | 1,03±0,17  | b               |
|                | Total       | 16 | 1,31±0,26  |                 |
| <b>L/día</b>   | AL          | 4  | 55,28±7,71 | a               |
|                | IA          | 4  | 54,33±6,6  | a               |
|                | IB          | 4  | 53,5±9,41  | a               |
|                | M           | 4  | 40,13±6,53 | b               |
|                | Total       | 16 | 50,81±9,37 |                 |

**TABLA 48** Prueba de Duncan para emisión de CH<sub>4</sub> en niveles de consumo g, mol y L/día, Llamas.

|                | Tratamiento | n  | x ± D.S.    | Duncan (p<0,05) |
|----------------|-------------|----|-------------|-----------------|
| <b>g/día</b>   | AL          | 4  | 38,85±4,77  | a               |
|                | IA          | 4  | 34,05±4,74  | b               |
|                | IB          | 4  | 30,1±3,34   | c               |
|                | M           | 4  | 26,83±2,11  | d               |
|                | Total       | 16 | 32,46±5,8   |                 |
| <b>mol/día</b> | AL          | 4  | 2,43±0,32   | a               |
|                | IA          | 4  | 2,1±0,29    | b               |
|                | IB          | 4  | 1,9±0,22    | c               |
|                | M           | 4  | 1,65±0,13   | d               |
|                | Total       | 16 | 2,02±0,37   |                 |
| <b>L/día</b>   | AL          | 4  | 93,38±11,73 | a               |
|                | IA          | 4  | 81,78±11,16 | b               |
|                | IB          | 4  | 72,28±8,16  | c               |
|                | M           | 4  | 64,45±4,86  | d               |
|                | Total       | 16 | 77,97±13,96 |                 |

**TABLA 49** Emisión CH<sub>4</sub> contraste Alpacas VS Llamas g, mol y L/día.

|                | Nivel de consumo | Alpaca     | Llama       | T     |    |
|----------------|------------------|------------|-------------|-------|----|
| <b>g/día</b>   | M                | 16,75±2,73 | 26,83±2,11  | 0,001 | ** |
|                | IB               | 22,38±3,97 | 30,1±3,34   | 0,025 | *  |
|                | IA               | 22,73±2,75 | 34,05±4,74  | 0,003 | ** |
|                | AL               | 23,13±3,24 | 38,85±4,77  | 0,002 | ** |
|                | Promedio         | 21,24±3,94 | 32,46±5,8   |       |    |
| <b>mol/día</b> | M                | 1,03±0,17  | 1,65±0,13   | 0,001 | ** |
|                | IB               | 1,4±0,27   | 1,9±0,22    | 0,028 | *  |
|                | IA               | 1,4±0,16   | 2,1±0,29    | 0,006 | ** |
|                | AL               | 1,43±0,22  | 2,43±0,32   | 0,002 | ** |
|                | Promedio         | 1,31±0,26  | 2,02±0,37   |       |    |
| <b>L/día</b>   | M                | 40,13±6,53 | 64,45±4,86  | 0,001 | ** |
|                | IB               | 53,5±9,41  | 72,28±8,16  | 0,024 | *  |
|                | IA               | 54,33±6,6  | 81,78±11,16 | 0,005 | ** |
|                | AL               | 55,28±7,71 | 93,38±11,73 | 0,002 | ** |
|                | Promedio         | 50,81±9,37 | 77,97±13,96 |       |    |

\*\*:(p<0.01), \*(p<0.05)

**FIGURA 2** Traslado de alpacas y llamas al CIP-La raya.



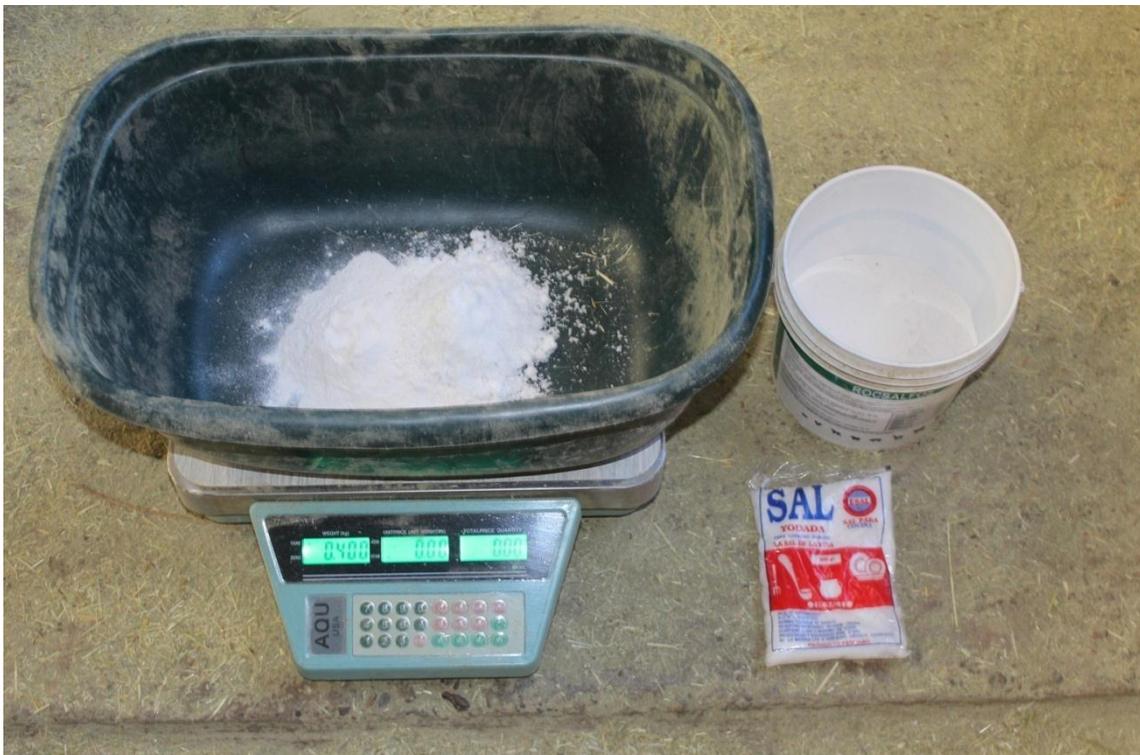
**FIGURA 3** Etapa pre experimental, acostumbramiento al consumo de concentrado fibroso.



**FIGURA 4** Etapa pre experimental, acostumbramiento al consumo de concentrado fibroso.



**FIGURA 5** Pesado de insumos minerales para la preparación de concentrado fibroso.



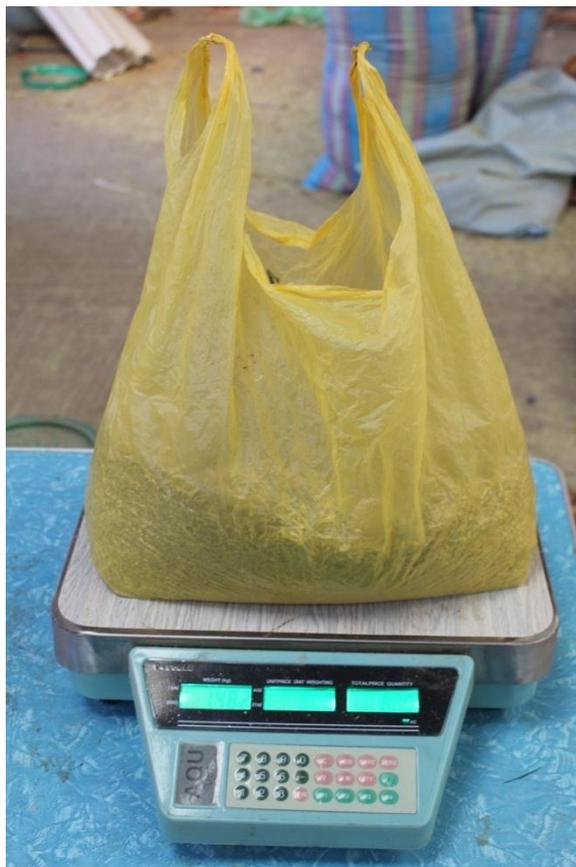
**FIGURA 6** Pesado de la avena o alfalfa picada, para la preparación de concentrado fibroso.



**FIGURA 7** Preparación mecánica de concentrado fibroso



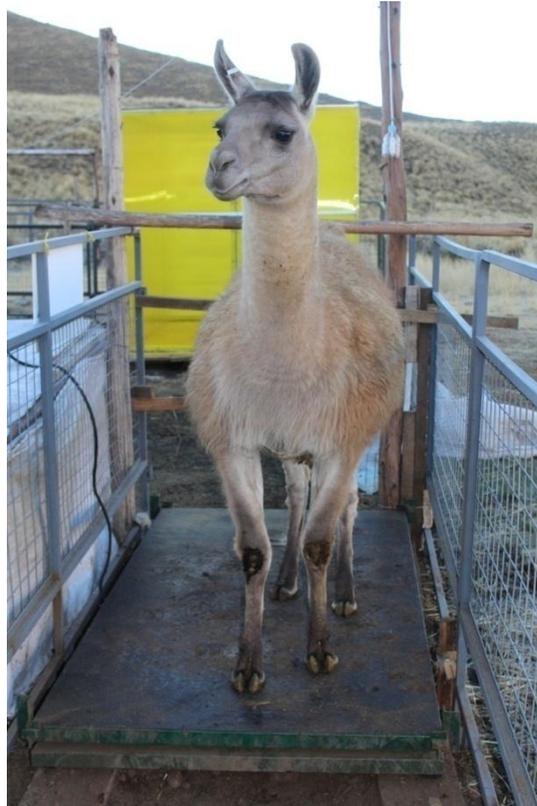
**FIGURA 8** Pesado de concentrado fibroso, para la suministración a los animales, en la balanza analítica T-scale



**FIGURA 9** Pesado de alpaca en la balanza digital T-scale.



**FIGURA 10** Pesado de llama, se observa la plataforma metálica de la balanza digital T-scale.



**FIGURA 11** Consumo de concentrado fibroso, llama.



**FIGURA 12** Equipo analizador de gas, Gasetm DX 4030.



**FIGURA 13** Cámara de respiración, ingreso de llama para muestreo.



**FIGURA 14** Muestreo de CH<sub>4</sub> en la cámara de respiración, controlado con el PDA mediante conexión inalámbrica (bluetooth), vista lateral.



**FIGURA 15** Muestreo de CH<sub>4</sub> en la cámara de respiración herméticamente sellada, controlado con el PDA mediante conexión inalámbrica (bluetooth), vista frontal.

