

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA



**ALIMENTACIÓN DE CARNERILLOS CORRIEDALE CON  
CONCENTRADO FIBROSO**

**TESIS**

PRESENTADA POR EL BACHILLER:

**JHON ABAD ALVARO MORALES**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

**MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA**

PUNO-PERÚ

2015

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
"ALIMENTACIÓN DE CARNERILLOS CORRIEDALE CON  
CONCENTRADO FIBROSO"

## TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. JHON ABAD ALVARO MORALES

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

**MEDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA**

SUSTENTADA Y APROBADA ANTE EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE:

  
Ph.D. JOSÉ LUIS BAUTISTA PAMPA

1ER MIEMBRO:

  
Mg. Sc. ROLANDO DANIEL ROJAS ESPINOZA

2DO MIEMBRO:

  
Mg. JESUS MARTÍN URVIOLA SÁNCHEZ

DIRECTOR:

  
Ph. D. BERNARDO ROQUE HUANCA

ASESOR:

  
MVZ. JOSÉ LUIS JAÉN RAMOS

ASESOR:

  
Mg.Sc. REGINA SUMARI MACHACA

2015

ÁREA : Nutrición animal

TEMA : Alimentos, forrajes no convencionales

Tras culminar la presente tesis y finalizando con su redacción, frases vinieron a mi mente:

**“El mayor éxito del hombre en la vida es, trascender y dejar una semilla de conocimiento en las personas”**

**“El hombre día tras día tiene que trabajar en su mente, y lograr conquistarlo, porque una vez conquistado este, conquistarás el mundo.**

**“La vida es un sueño, grandes acontecimientos pasaron por personas soñadoras y ejecutoras, el hombre sin sueños, está destinado a pasar la vida, sin vivirla”**



**DEDICATORIA**

A dios por iluminarme y guiarme  
en esta etapa de mi vida.

A mi padre Benedicto, quien con  
sus enseñanzas y experiencia  
formaron en mí hábitos para  
lograr el éxito.

A mi madre Tomasa, quien con  
su exigencia y tolerancia, supo  
hacerme entender que con  
esfuerzo y dedicación todo se  
logra en esta vida.

A mi hermana Ruth, por estar  
siempre dándome la mano y  
compartir sus experiencias.

A mi hermano Johnson, quien con  
sus acciones me inspiraron a  
seguir adelante y ser ejemplo para  
él.

JHON ABAD ALVARO MORALES

## AGRADECIMIENTOS

Mi sincero agradecimiento:

A mi Facultad de Medicina Veterinaria Y Zootecnia, lugar donde pasa las experiencias más agradables y extraordinarias de mi juventud.

Al Ph. D. Bernardo Roque Huanca, por brindarme la oportunidad de realizar un trabajo de investigación y su apoyo, sugerencias y críticas para la culminación de este proyecto.

A el MVZ. José Luis Jaén Ramos, asesor del presente trabajo quien con su entusiasmo y apoyo, se consiguió la ejecución del proyecto en el tiempo planteado.

Al Ing. Armando Machaca Director del IESTP- Santa Rosa, por brindarme las facilidades y comodidades, para la ejecución de este proyecto de investigación.

Deseo agradecer también a los docentes del IESTP- Santa Rosa: Ing. Bailon, Ing. Adalit, Ing. Candy, Ing. Russell, Ing. Godofredo, Ing. Anibal MVZ. Carlos, por sus consejos y críticas que han ayudado a mejorar el presente trabajo.

A los miembros del jurado: Ph.D. Jose Luis Bautista Pampa, Mg. Sc. Rolando Daniel Rojas Espinoza, Mg. Martin Urviola Sanches, quienes con sus aportes en las correcciones, ayudaron a mejorar mucho más este proyecto de investigación, especialmente por la celeridad con la que se realizó las revisiones. A todo este equipo, con quienes se logró una performance fabulosa, desde el inicio, hasta la finalización de este proyecto, estudiantes, amigos, tios, tias, simplemente decirles:

**Gracias**

JHON ABAD ALVARO MORALES

## ÍNDICE

Resumen.....	.....
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>3</b>
2.1. Concentrado fibroso.....	3
2.2. Elaboración de concentrado fibroso.....	4
2.3. Henificación de los forrajes.....	5
2.4. Proceso de henificación.....	6
2.4.1. Corte o siega.....	6
2.4.2. Oreo y secado.....	6
2.4.3. Empacado.....	7
2.4.4. Cosecha, oreo y empacado del heno.....	8
2.5. Perdidas en la elaboración de heno.....	9
2.6. Tratamiento físico de los forrajes.....	9
2.6.1. Picado o molienda.....	9
2.7. Consumo voluntario del forraje.....	12
2.7.1. Requerimientos nutricionales de carnerillos.....	13
2.8. Factores que afectan el consumo voluntario.....	14
2.8.1. Tamaño corporal.....	14
2.8.2. Estado fisiológico.....	14
2.8.3. Condición corporal.....	15
2.8.4. Suplementación.....	15
2.9. Emisiones de metano por los ovinos.....	16
2.9.1. Producción de metano entérico.....	18
2.9.2. Mitigación de metano entérico.....	21
2.9.3. Mitigación de metano mediante manejo de las dietas.....	24

2.9.4. Métodos para el cálculo y estimación de emisiones de metano.....	28
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>30</b>
3.1 Lugar de estudio .....	30
3.2. Material Experimental .....	30
3.2.1. De los Alimentos.....	30
3.2.2. Procesamiento del Concentrado Fibroso .....	30
3.2.3. Preparación de la mezcla alimenticia.....	31
3.3. Materiales de laboratorio.....	32
3.3.1. Equipos .....	32
3.3.2. Materiales .....	32
3.3.3. Reactivos .....	33
3.4. De los Animales.....	34
3.5. Metodología.....	35
3.5.1 Caracterización de la composición química de los forrajes disponibles.....	35
a) Muestreo de los forrajes .....	35
b) Determinación de la composición química .....	35
c) Cálculo del valor energético de los forrajes.....	36
3.5.2 Determinación del consumo del concentrado fibroso en carnerillos de engorde.....	37
3.5.3. Determinación de la ganancia de peso vivo alimentados con concentrado fibroso en carnerillos de engorde.....	40
3.5.4. Estimación y/o determinación de las emisiones de metano entérico.....	40
3.6. Análisis estadístico.....	41
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>42</b>
4.2. Consumo del concentrado fibroso en ovinos de engorde.....	42
4.3. Ganancia de peso vivo de ovinos para engorde alimentados con concentrado fibroso. ....	44
4.4. Estimación de las emisiones de metano entérico en carnerillos alimentos con concentrado fibroso. ....	47



V. **CONCLUSIONES**.....53

VI. **RECOMENDACIONES** .....54

VII. **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS** .....55

VIII. **ANEXOS** .....69



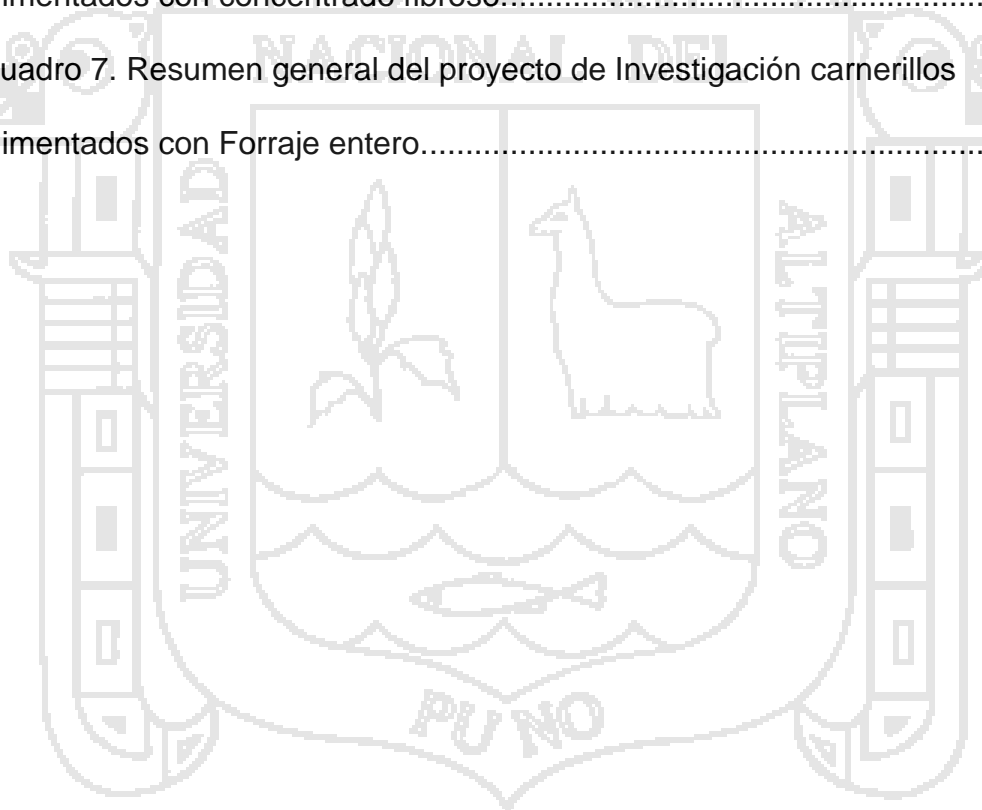


## TABLAS

Tabla 1.Efecto de la madurez sobre la calidad del heno de alfalfa. ....	8
Tabla 2. Requerimientos nutricionales de carnerillos. ....	14
Tabla 3. Desarrollo de ecuaciones predictivas de metano según composición nutricional. ....	29
Tabla 4.Distribución muestral de carnerillos utilizados en el experimento. ....	34
Tabla 5.Formula alimenticia y valor nutricional del concentrado fibroso utilizado. ....	38
Tabla 6.Valor nutricional del alimento del grupo control. ....	39
Tabla 7.Consumo de Concentrado Fibroso vs Forraje entero ....	42
Tabla 8. Ganancia de peso vivo de carnerillos engordados con concentrado fibroso vs Forraje entero (periodo de alimentación 90 días). ....	44
Tabla 9. Intensidad de las emisiones de metano entérico producido por Concentrado fibroso vs. Forraje entero. ....	48

**ANEXOS**

Cuadro 1. Analisis Químico de los insumos utilizados en el estudio.....	69
Cuadro 2. Consumo total de concentrado Fibroso por semana por carnerillo. .	70
Cuadro 3. Consumo total de forraje entero por semana por carnerillo.....	70
Cuadro 4. Ganancia de peso corporal de ovinos del grupo experimental alimentados con concentrado fibroso.....	71
Cuadro 5. Ganancia de peso corporal de ovinos del grupo control alimentados con heno de avena forrajera entero. ....	71
Cuadro 6. Resumen general del proyecto de investigación carnerillos alimentados con concentrado fibroso.....	73
Cuadro 7. Resumen general del proyecto de Investigación carnerillos alimentados con Forraje entero.....	74



## Resumen

El presente estudio tuvo por objetivos determinar el consumo del concentrado fibroso, la ganancia de peso vivo y las emisiones de metano de los carnerillos alimentados con concentrado fibroso. El estudio se realizó entre los meses de Junio - Setiembre del año 2014 en el Distrito de Santa Rosa de la Provincia de Melgar, Departamento de Puno. El consumo de concentrado fibroso se determinó por la medición de alimento ofrecido y rechazado en sistema ad libitum, la ganancia de peso a través de un experimento comparativo de engorde controlado donde se contrastó la alimentación de concentrado fibroso (CF) y forraje entero (FE). El concentrado fibroso (CF) estuvo compuesto de forrajes fibrosos en un 82.2 % (heno de avena, alfalfa, broza de quinua, broza de cañihua) y algunos suplementos 17.8 % (afrecho de trigo, polvillo de arroz, maíz molido, harina de soya, pasta de algodón, harina de pescado, melaza, sal común, minerales) del 100% de mezcla. Las características propias de la mezcla (concentrado fibroso) mostraron una alta palatabilidad por parte los ovinos a pesar que no fue nuestro objetivo. El consumo promedio en materia seca de concentrado fibroso y forraje entero fue de 2.315 y 1.298 Kg/día, respectivamente. La ganancia de peso promedio para CF fue altamente significativo ( $P < 0.00001$ ) con respecto a FE, con 0.263 y 0.023 Kg/d, respectivamente. Las emisiones de metano en carnerillos alimentados con concentrado fibroso fueron de 55.053 CH<sub>4</sub> L/animal/d, frente al grupo control que fue de 30.6 CH<sub>4</sub> L/animal/d.

### Palabras clave

Concentrado fibroso, metano entérico, carnerillos, fibra, proteína cruda.

## I. INTRODUCCIÓN

El altiplano peruano es una zona eminentemente ganadera, según el IV Censo Agropecuario 2012, la población nacional de ovinos en el Perú es alrededor de 9,523, 198 (INEI, 2013). En este último año 2013, la tendencia de la población y la producción de carne es levemente creciente, a pesar de la disminución de los precios reales de carne a nivel del productor, debido a la insuficiente asistencia técnica, despoblación del sector rural, bajo nivel tecnológico y uso inadecuado de los recursos naturales (pastos y agua); estos datos nos motiva a buscar un valor agregado en la crianza, implementando centros de engorde que preserven el medio ambiente y que mejore los ingresos de los productores (Díaz y Vilcanqui, 2013).

La alimentación tradicional del ganado ovino de engorde en estas áreas se realiza con forrajes enteros como la avena, alfalfa y otros, con un evidente desperdicio que significa pérdida de la masa vegetal, menor consumo, menor eficiencia y mayor contaminación, estos alimentos son 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).

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

El procesamiento mecánico de los forrajes en la época seca en concentrados fibroso es una estrategia en base a una dieta 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> estimados a través de modelos (Roque et al., 2012).

El picado o molido por sí misma no mejora el valor nutricional de los forrajes; sin embargo, posibilita un mayor consumo y una mayor respuesta productiva de los animales. La combinación de los procesos de corte e impacto, tritura finamente una variedad de materiales vegetales, cuya fragilidad fue de mayor a menor para broza de cañihua y quinua, heno de alfalfa y heno de avena, con un rendimiento que está en relación negativa con el tamaño de partícula (Mani et al., 2004; Adapa et al., 2011).

Bajo estas consideraciones en el presente trabajo se ha planteado los siguientes objetivos: a) Determinar el consumo de concentrado fibroso b) Ganancia de peso de carnerillos alimentados con concentrado fibroso, c) Estimar y/o determinar las emisiones de metano entérico de carnerillos alimentados con concentrado fibroso.

## I. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Concentrado fibroso

Los concentrados fibrosos son una alternativa de uso para el aprovechamiento de los recursos forrajeros disponibles en la altura, estos se obtienen del procesamiento mecánico (molienda) que rompe los enlaces de lignocelulosa y fractura la estructura cristalina de la celulosa; despolimeriza también las hemicelulosas (Tahezadeh y Karimi, 2008), aumentando su área superficial para la fermentación microbiana y mejorando su digestibilidad (Johnson et al., 1999).

Algunos indican que el procesamiento puede incrementar la digestibilidad en 30 a 35%, la ganancia de peso en 50% a 100% y es la mejor forma de acceder a la energía y los enlaces de proteína en los forrajes de gramíneas, puesto que las bacterias del rumen inician la digestión desde el interior de la estructura vegetal debido a que el exterior está protegido por la capa de cutícula serosa. Los hongos del rumen juegan un rol importante en esta digestión dado que digieren la fibra más recalcitrante de los forrajes (Akin y Borneman, 1990).

Por mucho tiempo se han utilizado los concentrados basados en granos como alimentos de elección para incrementar la productividad de los animales, sobre todo en los sistemas de alimentación de rumiantes al pastoreo y forrajeo (Dilon et al., 1997; Kennedy et al., 2003). A raíz de los problemas ambientales, este tipo de concentrados se está utilizando además para disminuir las emisiones de metano entérico (Holter y Young, 1992; Moss y Givens, 1995; Ferris et al., 1999), con resultados favorables; sin embargo estos concentrados tienen sus desventajas puesto que disminuyen el pH ruminal, el consumo de forraje y la

producción de leche (Stakelum y Dillon, 2003), por lo que ahora ha surgido la suplementación con concentrados fibrosos, como una nueva alternativa para incrementar la producción y disminuir las emisiones de metano entérico en los animales (Farmer et al., 2001)

Estudios han mostrado que las vacas al pastoreo suplementadas con concentrado fibrosos mejoran el consumo de alimento, la producción de leche y disminuyen las emisiones de metano entérico (Dillon et al., 1997; Kennedy et al., 2003; Stakelum y Dillon, 2003). Los toretes criollos, mejoran la ganancia de peso corporal (Roque et al., 1996); toros de engorde en época seca (junio-noviembre) alimentados con concentrado fibroso incluido con heno de totora mejoraron las ganancias de peso, mostrando un elevado consumo de la misma (Flores, 2012).

Los nuevos enfoques en la alimentación animal sugieren mejorar la dieta del ganado para disminuir las emisiones de metano entérico. La suplementación alimenticia es una alternativa práctica y útil que está siendo acogida en los sistemas de alimentación con pastos de baja calidad (Kunkle et al., 2000). En vacunos de engorde, la suplementación mejora el consumo y la digestibilidad de los forrajes (McCollum y Galyean, 1985; Del Curto et al., 1990; Brandyberry et al., 1991; Olson et al., 1999).

## **2.2. Elaboración de concentrado fibroso**

Para elaborar el concentrado fibroso, inicialmente se debe de conocer las características químicas de los forrajes (fibra, proteína, grasa, energía y otros) en las diferentes etapas de crecimiento (prefloración, floración, otros), esto determinará el tiempo de cosecha, periodo de henificación, que posteriormente

se traducirá en un concentrado fibroso de excelente calidad (Argote y Cabrera, 2009).

### **2.3. Henificación de los forrajes**

La henificación fue el primer proceso ideado por el hombre para conservar los forrajes verdes, principalmente gramíneos y leguminosos sobrantes en épocas de abundancia para utilizarlos en épocas de escasez. La hierba fresca contiene 70 a 85 % humedad, y cuando esta se corta se reduce a 15 a 10 % mediante el secado natural o artificial, pudiendo almacenarse en forma de heno sin riesgo de que se deteriore. Por ello se debe de realizar de manera que el forraje no se decolore, que no pierda sus nutrientes en un estado de madurez juvenil (hojas, tallo y flor) (Silveira y franco, 2006).

La madurez de las plantas es el factor de mayor importancia en el valor nutricional de los forrajes. Los forrajes demasiado maduros tienen altos niveles de fibra, bajos niveles de proteína cruda, pobre digestibilidad y bajo contenido de nutrientes digestibles totales que los forrajes tiernos. Algunos indicadores deseables de la madurez de los forrajes incluyen: 1) la ausencia de cabezas florales o tallos florales (inflorescencia madura para los henos de leguminosas); 2) tallos pequeños y finos; 3) un alto porcentaje de hojas que estén verdes comparado a las muertas; 4) alta relación hoja: tallo (Philipp y Jennings, 2006).

Conforme el forraje madura, la digestibilidad del FDN puede declinar 40 unidades porcentuales (%) de FDN. Con el avance de la madurez, todas las plantas, incluyendo pastos, leguminosas, maíz y granos pequeños, sufren cambios fisiológicos. Las plantas llegan a desarrollar tejido de xilema para el transporte de agua, acumulan celulosa, y otros carbohidratos complejos, y estos tejidos llegan



a enlazarse a través de un proceso conocido como lignificación. El efecto combinado de cambios fisiológicos resulta en la pared celular de las plantas (FDN), la cual es más difícil para la bacteria ruminal de adherirse y digerir (Hoffman et al., 2003).

## **2.4. Proceso de henificación.**

### **2.4.1. Corte o siega**

La siega del forraje se realiza con maquinaria (segadora) cuando se tiene extensiones considerables del cultivo (> 1 ha), o manualmente con segadera (hoz) cuando las áreas cultivadas son pequeñas (<1 ha), cortando al ras del suelo y colocando el forraje en forma de hileras (Argote y Cabrera, 2009).

### **2.4.2. Oreo y secado**

El oreo se realiza con la finalidad de eliminar la humedad existente en la planta, hasta alcanzar un contenido de 15 al 20 % de humedad, esto nos permitirá un almacenamiento con la humedad adecuada, una mayor cantidad de hojas, así como su color verde, sin perder su palatabilidad. El secado debe de realizarse lo más rápido posible para evitar pérdidas. En el momento del corte el forraje contiene entre 60 a 80 % de agua lo cual debe reducirse a un 15 a 20 % antes del almacenamiento del heno, utilizando el siguiente mecanismo para el secado: secado al medio ambiente en forma de hieleras: 1) consiste en dejar el forraje cortado en el lugar de corte, reduciéndose la humedad si hay buen sol y brisa de aire, lo cual ocurre en un lapso a  $\geq 4$  días, 2) en forma de conos y/o parvas; consiste en poner el forraje cortado en conos de espigas hacia arriba y también en forma rectangular (arcos), los forrajes deben de ser puestos unidos por las

espigas, en estas dos formas de secado la duración del henificado es de 12 a 14 días, 3) bajo sombra dejando extendida el forraje en hileras muy ralas en la sombra estará listo en un lapso de 14 a 18 días (Argote y Cabrera, 2009).

Después de que se cortan las plantas siguen funcionando durante un tiempo con el resultado donde se pueden oxidar los carbohidratos solubles, las reacciones oxidativas pueden continuar durante algún tiempo dependiendo de la temperatura y el cómo se almacena el heno, el cambio más obvio es la pérdida de la pigmentación a medida que la planta pierde carotenos por la oxidación de las proteínas se puede modificar a medida que ocurra la hidrólisis la que resulta en cantidades relativamente más grande de NNP, sobre los aminoácidos (Church y Pond, 2007).

### **2.4.3. Empacado**

Consiste en encajonar el forraje en el campo, reduciéndose en volumen con la finalidad de almacenar la mayor cantidad de forraje posible; esta labor se realiza mecanizadamente utilizando una empacadora accionada por un tractor que puede enfardar de 180 a 200 pacas/hora cuando el forraje es denso con un volumen promedio de paca que varía de 18 a 20 Kg. También se puede realizar manualmente utilizando una empacadora artesanal (Argote y Cabrera, 2009).

#### 2.4.4. Cosecha, oreo y empacado del heno

Ningún simple factor afecta la calidad del heno tanto como la madurez del forraje. A medida que las plantas maduran, su calidad declina, disminuye el contenido de proteína y aumenta el contenido de fibra (Ball et al., 1978); el contenido de proteína en los tallos incrementa la masa total del forraje, y por lo tanto, disminuye la relación hoja a tallo. El incremento de la proporción de tallos incrementa la concentración de fibra (FDN y FDA) y disminuye la concentración de proteína cruda y la digestibilidad de la materia seca tabla 1.

La regla de juego para la alfalfa, es por ejemplo, cosechar antes de que el cultivo alcance 1/10 de floración, sin embargo, las características de la alfalfa cosechada en este estado de crecimiento puede quizá no satisfacer las expectativas económicas de los productores.

Tabla 1. Efecto de la madurez sobre la calidad del heno de alfalfa.

Estado fenológico	PC	FDN	ADF	NDT
	-----% de materia seca-----			
Vegetación temprana	23	38	28	66
Vegetación tardía	20	40	29	63
Inicio de floración	18	42	31	60
Media floración	17	46	35	58
Plena floración	15	50	37	55

National Research Council (1989).

## **2.5. Perdidas en la elaboración de heno**

Es imposible cortar, secar y transportar el heno sin pérdida. La lluvia causa poco daño al heno recién cortado; sin embargo en el heno parcialmente seco es muy perjudicial. El heno cortado antes del tiempo suele ser baja calidad. El daño por lixiviación y pérdida de hojas, la pérdida de materia seca varía de 6 % pérdida por respiración vegetal 3.5 % en 24 horas, la lixiviación por lluvia de 5 a 14 % y el rompimiento de las hojas en los henos de las leguminosas 3 a 3.5 % (Church y Pond, 2007).

## **2.6. Tratamiento físico de los forrajes**

### **2.6.1. Picado o molienda**

La forma física de un forraje tiene un marcado efecto sobre su valor alimenticio. En comparación al picado, la molienda incrementa el consumo del valor nutritivo de un forraje, a pesar de una ligera disminución en la digestibilidad. Los dos factores importantes que afectan la digestión ruminal de los forrajes son el tamaño de partícula y el nivel de consumo de alimento (Lloyd et al., 1960).

Las cantidades adecuadas de forraje en ambas formas físicas y químicas son necesarias para una buena función del rumen. Si disminuye la cantidad total de forraje o el tamaño de partícula del forraje, los animales realizan menor trabajo de rumia y tienen una menor cantidad de masa de alimento flotante en el rumen, disminuyendo la producción de saliva y el pH ruminal por debajo de 6. Un insuficiente tamaño de partícula en la dieta deprime las bacterias celulíticas y disminuye la relación acética a propiónica y reduce el pH ruminal. La reducción del tamaño de partícula incrementa el consumo de materia seca, pero disminuye la digestibilidad debido a que disminuye el tiempo de retención de alimento en el

rumen. El tamaño medio de partícula de la dieta, la variación en el tamaño de partícula y la cantidad de fibra química son todos nutricionalmente importantes para la vaca lechera. La definición de la cantidad y la distribución de la fibra son factores importantes en el balanceo de dietas para rumiantes. Puesto que el tamaño de partícula de la dieta juega tales importantes roles en la digestión y la performance animal, este debe ser una importante consideración de cosecha a través de la alimentación (Heinrichs et al. 1997).

El molido suele reducir el rechazo y el desperdicio de alimento, sin embargo puede incurrir en gastos adicionales y la pérdida de parte del alimento en forma de polvo puede ser considerable al moler en los molinos de martillo. El picado produce una textura física más deseable que el molido (Church y Pond, 2007).

La molienda de los forrajes conduce a un incremento de la velocidad de ingestión de estos (Weston y Kennedy, 1984). Especialmente cuando se presenta en forma granulada (Balch et al., 1971) Estima que la reducción del tiempo de masticación para dietas de pajas y henos de calidad media es del 65 % y 74 % respectivamente cuando se suministran molidos como consecuencia la producción de saliva también se ve disminuida. Siendo la magnitud del cambio del 52 % en dietas de forrajes molidos según (Putnam et al., 1966).

El NRC (1989) recomienda niveles mínimos de FDN 25 % - 28% sobre materia seca y suministrar al menos un 75 % de fibra en forma de forraje.

Ingestión involuntaria de forraje en rumiantes está controlada principalmente por la velocidad de vaciado del rumen. Se considera en general que el suministro del heno en forma de cubos mejora la ingestión de materia seca respecto al heno de pacas (Bath et al., 1985) ya que el picado del heno favorece la colonización microbiana de las partículas y facilita también su salida física del rumen. El efecto es más claro cuando el heno es de baja calidad (40% FAD; +27%  $P \leq 0.001$ ) (Anderson et al., 1990).

Análogamente la molienda del heno (especialmente los de baja calidad) supone un general incremento apreciable del consumo voluntario. Sin embargo un suministro excesivo de forraje granulado da lugar a una reducción del consumo al afectar negativamente a la motilidad del rumen y al destruir la estructura tridimensional de las partículas (Greenhalgh y Reid, 1973).

La alteración del tamaño de las partículas de forraje no tradujo en general cambios significativos de la producción diaria en vacunos de leche, excepto (menos del 8%,  $p \leq 0.05$ ) cuando el suministro de una alta proporción de alfalfa granulada (70% del forraje total) redujo la ingestión de materia seca (Woodford y Murphy, 1988).

La consecuencia más importante de una excesiva reducción en el tamaño de partícula es la disminución del contenido de la grasa de la leche; este efecto es paralelo a la caída del pH ruminal y el descenso de la relación acético y propionico y se explica por el incremento en los niveles de glucosa e insulina en sangre inducidos por la mayor formación de propionico en dietas con forrajes excesivamente molidos (Grant et al., 1990).

La insulina reduce la lipólisis en el tejido adiposo y por tanto la disponibilidad de AG en la sangre.

## **2.7. Consumo voluntario del forraje**

El consumo voluntario es la cantidad de materia seca consumida cada día cuando los animales se les ofrece alimento en exceso (Minson, 1990).

El consejo nacional de investigación de los estados unidos (NRC, 1985) señala que en ovinos, el consumo voluntario se debe conocer o predecir para determinar la proporción de sus requerimientos.

Hay dos teorías responsables de la regulación del consumo; la teoría física, relacionada con la capacidad del tracto digestivo, y la teoría quimios-tática basada en la densidad calórica de la dieta, coincidiendo (Allison, 1985; NRC, 1987; Minson, 1990 y Chávez, 1995).

Los ovinos alimentados con una alto contenido en fibra y agua, puede llegar restringir el consumo de nutrientes. Esto es particularmente un problema durante la gestación tardía, corderos destetados precozmente, y corderos de acabado alimentados por la máxima ganancia (NRC, 1985).

El consumo voluntario de forraje puede ser también limitado por la osmolaridad, concentración de hidrogeno y ácido acético en la digesta retículo-rumen, por la concentración de ácido propiónico en las venas ruminales e hígado o por algunas hormonas como la insulina, glucagón, gastrina y colecistoquinina (Grovm, 1988)

El consumo también depende del volumen estructural, por lo tanto del contenido de las paredes celulares del forraje (Van Soest, 1994).

Con relación a ello que la fracción del forraje fermentable rápidamente no ocupa espacio en el retículo – rumen por periodos largos de tiempo en comparación con los componentes estructurales (pared celular) del forraje (Allison, 1985).

Los rumiantes deben de almacenar los alimentos por varias horas para permitir la fermentación microbiana; este almacenaje es una limitante a la capacidad física y potencialmente una limitante al consumo. Existe primero un control metabólico y luego una limitación física al consumo (Forbes, 1998).

A lo anterior el consumo de agua está estrictamente relacionado en el consumo de MS (aprox. 4.5 Kg de agua/ Kg Ms) y la temperatura ambiental (Mc Dowell, 1985).

La productividad y eficiencia de rumiantes en pastoreo es relativamente bajo debido en partes las limitaciones en el consumo, la productividad probablemente se podría incrementar si se incrementa el consumo. La distensión de la pared rumen- retículo es el principal mecanismo de regulación del consumo de forraje de baja calidad en rumiantes en pastoreo aunque la digestibilidad y la tasa de pasaje también afectan el consumo voluntario. Igualmente el consumo se ve afectado por el tamaño corporal y peso metabólico del animal, por la cantidad o tipo de suplemento ofrecido, por la disponibilidad de forraje y por la intensidad de pastoreo (Haro, 2002).

### **2.7.1. Requerimientos nutricionales de carnerillos.**

Los requerimientos nutricionales de carnerillos, son presentados en la tabla 2. Los requerimientos son planteados según el NRC de 1985 para ovinos.



Tabla 2. Requerimientos nutricionales de carnerillos.

Peso vivo	Energía			Proporciones de dieta		Proteína	Calcio	Fosforo	Vitamina A	Vitamina E
	NDT	DE	ME	Concentrado	Forraje					
Kg	%	Mcal/kg	Mcal/kg	%	%	%	%	%	UI/kg	UI/kg
40	63	2.8	2.3	30	70	13.5	0.43	0.21	1.175	15
60	63	2.8	2.3	30	70	11	0.35	0.18	1.659	15
80-100	63	2.8	2.3	30	70	9.6	0.30	0.16	1.979	15

Requerimientos nutricionales para carnerillos según NRC, 1985.

## 2.8. Factores que afectan el consumo voluntario

### 2.8.1. Tamaño corporal

Si la capacidad física del tracto digestivo no es un factor limitante, el máximo nivel de consumo se manifiesta por efectos de los requerimientos energéticos del animal. La demanda de energía es proporcional al tamaño corporal o peso metabólico (NRC, 1987).

De esta forma las necesidades de energía por unidad de peso de animales menores son mayores que para animales de talla grande, reflejándose en una relación más eficiente de la dieta de los primeros (Allison, 1985).

### 2.8.2. Estado fisiológico.

Las diferencias significativas en el promedio de consumo de materia seca entre vacas lactantes, preñadas y secas y las vacas preñadas consumieron más que las vacas secas; también señala que los animales jóvenes son más selectivos

prefieren forrajes con mayor nivel de proteína cruda y menores de fibra detergente acida y celulosa al compararles con vacas adultas (Allison, 1985).

### **2.8.3. Condición corporal**

Los animales delgados comen más que los animales gordos, esto también se relaciona al consumo y crecimiento compensatorio es decir animales que pasaron por un periodo de subnutrición comen más por unidad de peso vivo que animales que estaban bien alimentados previamente (Minson, 1990).

Con relación a lo dicho anteriormente, se ha demostrado que los animales restringidos tienen mayor consumo en relación a su peso metabólico, se debe a: un tubo digestivo más grande en relación a su peso corporal, los depósitos de grasa en el tubo digestivo son mayores en los animales no restringidos (Bavera et al., 2005).

### **2.8.4. Suplementación**

La adición de carbohidratos de fácil digestión provoca una disminución en el consumo voluntario de forraje, contrariamente la suplementación de proteína favorece la actividad microbiana ruminal, incrementando la digestibilidad y la velocidad de pasaje de la digesta y por ende del consumo, el consumo responde a la suplementación proteica solo cuando los forrajes contienen menos del 8% a 10% de proteína cruda (Allison, 1985).

La importancia de la suplementación mineral en los rumiantes en pastoreo al mencionar que la deficiencia de nitrógeno, azufre, fósforo, magnesio, sodio,

cobalto y selenio reducen el consumo voluntario de forraje al inhibir la digestión de la materia orgánica (Kawas, 1995).

Dilon et al (1997), Kennedy et al (2003) nos describe que los sistemas tradicionales, por lo general utilizan concentrados preparados con granos como alimentos de elección para el incremento de la productividad de los animales, sobre todo en los sistemas de alimentación de rumiantes al pastoreo y forrajeo, por otro lado, un grupo de investigadores Holter y Young (1992), Moss y Givens (1995), Ferris et al. (1999) deliberan que en esos sistemas, el forraje es consumido entero sin ningún tratamiento y los concentrados sirven, además de los fines productivos, para mitigar las emisiones de metano entérico.

## **2.9. Emisiones de metano por los ovinos**

La ganadería es una de las fuerzas que impulsa la seguridad alimentaria y el desarrollo sostenible de la población mundial, mediante el uso y transformación de alimentos vegetales fibrosos en leche, carne y despojos útiles para la alimentación del ser humano (FAO, 2011).

Los animales herbívoros son capaces de convertir la celulosa y hemicelulosa en energía a comparación de los animales monogástricos. Los microorganismos en el rúmen fermentan las fibras y producen ácidos grasos volátiles como: ácido propiónico, acético y butírico. La formación de cualquiera de estos ácidos requiere o produce hidrogeniones y estos conjuntamente con el dióxido de carbono forman el gas metano,  $\text{CH}_4$ . La producción de ácido propiónico requiere hidrogeniones y la formación de acetato y butirato producen hidrogeniones. En una dieta rica en almidón, el ácido propiónico es producido en mayor cantidad, y en una dieta rica en fibra, el ácido acético se produce con mayor cantidad

(Nicholson y Sutton, 1969). Por lo tanto, las emisiones de metano se diferencia de acuerdo a la dieta del animal, una dieta rica en fibra da lugar a emisiones más altas que una dieta rica en concentrados (Johnson y Johnson, 1995).

Una mayor parte de gas absoluto producido se pierde a través de eructos, sólo en una pequeña parte es absorbida por la sangre a través de la pared ruminal y luego exhalado por los pulmones (Blaxter y Czerkawski, 1966).

Las fuentes de metano pueden ser naturales o antropogénicas. Las fuentes antropogénicas se agrupan en tres sectores: agricultura, energía y estiércol. El sector agricultura contribuye con las mayores emisiones de metano, seguido por energía y estiércol (Yusuf et al., 2012).

El sector ganadero representa un sector significativo en las emisiones de gases del efecto invernadero a nivel mundial, generando dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ) y óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) cualquiera ya sea directa o indirectamente. La fermentación entérica y la descomposición del estiércol, son los procesos responsables para la emisión de  $\text{CH}_4$  y  $\text{N}_2\text{O}$  estas vendrían a ser los objetivos de las prácticas de mitigación para las industrias ganaderas (Hristov et al., 2013).

Los cálculos indican que para el año 2050, el consumo mundial de carne aumentará de 229 a 465 millones de toneladas y el de leche de 580 a 1.043 millones de toneladas (FAO, 2006), lo cual significa que la seguridad alimentaria y nutricional de la población mundial tendrá un costo ambiental mucho más alto dado por las emisiones de gases de efecto invernadero, tales como metano ( $\text{CH}_4$ ) y óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), los cuales son responsables del calentamiento

global y el cambio climático (IPCC, 2007; Thornton, 2010; O'Mara, 2011; Smith et al., 2013).

Los estimados muestran que durante 1990-2010, las emisiones biogénicas de CH<sub>4</sub> incrementaron de 0.159 a 0.502 petagramos (Pg) de equivalentes a dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) por año. Para finales del siglo, estas emisiones incrementarán de 137 a 157%, con relación a los niveles detectados durante 2000-2010, por lo que es necesario investigar las estrategias de mitigación de las emisiones de los gases de efecto invernadero distintos al CO<sub>2</sub> (Tian et al., 2012).

El metano (CH<sub>4</sub>) 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 radiactiva del metano es de 25 veces más poderosa que la de CO<sub>2</sub> en un horizonte de 100 años y constituye el 18% de la fuerza radiactiva 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).

### **2.9.1. Producción de metano entérico**

Los rumiantes producen como mucho 86 millones de toneladas métricas (TM) de metano por año, aproximadamente un 9.5 TM provienen de ovinos y cabras (10 a 16 kg CH<sub>4</sub>/año); los estimados de metano libres de rumiantes varían en base

a la localización geográfica, calidad del alimento, alimento ingerido, composición del alimento y la forma de procesado del alimento (Hook et al., 2010).

La cantidad de metano emitido por los ovinos en granjas de producción de carne, con un manejo intensivo causa emisiones de 8.3 kg de metano por ovino/año y en granjas con sistemas extensivos causan emisiones de 15.9 kg de metano por ovino/año. Las elevadas emisiones de metano producidas por granjas con sistemas extensivos fueron probablemente causadas por el largo periodo de pastoreo y la mayor inclusión de forrajes enteros en la dieta (Allard, 2009)

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  $\text{H}_2$  (o formato) como fuente de energía y electrones que derivan del  $\text{H}_2$  (o formato) 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 eucariotas y bacterias, a pesar de vivir en estrecha asociación con bacterias anaeróbicas (Hook et al., 2010; Min et al., 2014).

Las archaeas metanógenos 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

hidrogenotrópica), (ii) a partir de compuestos metilados tales como el metanol y aminas metiladas (ruta metilotrópica), 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  $\text{H}_2$ , (o formato) 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 H<sub>2</sub> (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), 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).

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 CH<sub>4</sub> 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).

### **2.9.2. Mitigación de metano entérico**

Hay diferentes enfoques para la reducción de las emisiones de metano de ovinos. Los estudios sobre mitigación de las emisiones de metano entérico en el ganado rumiante han mostrado una variedad de alternativas posibles de realizar.

Joblin (1999), aclara que la producción general de H<sub>2</sub> en el rumen es el factor más importante a ser considerado cuando se desarrollen estrategias para el control de emisiones de metano en rumiantes. Por lo tanto sería posible reducir la producción de metano inhibiendo las reacciones de liberación de H<sub>2</sub>, o



promocionando alternativas de reacción usando H<sub>2</sub> o rutas de disposición de los H<sub>2</sub> durante la fermentación.

En general, cuando la productividad animal es mejorada a través de la nutrición, manejo, reproducción genética, la producción de metano por unidad de carne y leche es reducida. La cantidad de energía del alimento asociado con el mantenimiento del animal esta sobre los 70 75% en res de carne (Mathison et al. 1998). Los agentes potenciadores de la producción son viables para usarlos en el incremento de la eficiencia de la producción en vacunos.

Otras estrategias incluyen la adición de ionóforos, grasas, uso de forrajes de alta calidad y granos. Estos cambios nutricionales reducen las emisiones de CH<sub>4</sub> por manipulación de la fermentación ruminal, inhibiendo directamente los metanógenos y protozoarios, o desviando los iones de hidrógeno lejos de los metanógenos. La adición de probióticos, acetógenos, bacteriocinas, virus de archaeas, ácidos orgánicos, extractos de plantas (aceites esenciales) a la dieta, así como la inmunización y selección genética de las vacas (Boadi et al., 2004; Patra, 2012).

Dentro de los ionoforos más usados se encuentran la monensina, lasalocid, tetrasolid entre otros, inicialmente usados como coccidiostático para aves, actúan en la fermentación ruminal evitando la formación de metano, inhibiendo la producción de H<sub>2</sub> en el rumen, inhibición de los productos de lactato y disminución del consumo (Russell y Strobel, 1989).

Los inhibidores de la metanogénesis (químicos, defaunación y ionóforos inhiben directa o indirectamente la metanogénesis en el rumen, pero no han confirmado efectos consistentes para usos prácticos. Los correctores nutricionales (incremento de granos, inclusión de forrajes leguminosos que contienen taninos condensados y ionóforos en las dietas); la suplementación de forrajes baja calidad con proteína y carbohidratos de fácil fermentación y la adición de grasa; el uso de metabolitos vegetales secundarios, probióticos y promotores de propionato, estimulación de acetógenos, inmunización, oxidación de CH<sub>4</sub> por metilotropos y selección genética de animales de baja producción de CH<sub>4</sub> han surgido para disminuir la producción de CH<sub>4</sub>, pero estos aún requieren mayor investigación antes de su recomendación de uso a los ganaderos. Así mismo, el uso de bacteriocinas, bacteriófagos y el desarrollo de vacunas recombinantes que actúen sobre genes específicos de las archaeas y proteínas de superficie celular pueden ser áreas dignas de investigación para la mitigación de CH<sub>4</sub> (Boadi et al., 2004).

Al administrar bromoclorometano (BCM) a cabritos después del nacimiento y estudiaron su efecto sobre las emisiones de metano, el ecosistema microbiano del rumen y la persistencia de los efectos después del destete. Al mes de edad los cabritos tratados eliminaron 55% menos CH<sub>4</sub> que los cabritos sin tratamiento; a los 4 meses de edad los cabritos tratados con BCM eliminaron 33% menos metano y su ganancia de peso fue mayor (146 g/d) con relación a los no tratados (121.8 g/d). La aplicación de BCM al inicio de la vida de los cabritos modificó la población de arqueas que coloniza el rumen, disminuyendo las emisiones de CH<sub>4</sub> alrededor del destete (Abecia et al., 2013)

### 2.9.3. Mitigación de metano mediante manejo de las dietas.

Existe una clara relación entre la digestibilidad de la materia orgánica MO, alimentación de concentrado o la ingestión de almidón, y el patrón de fermentación ruminal. Como sostiene Wolin (1960), la estequiometría de la fermentación ruminal dicta, que la cantidad de hidrogeno, en consecuencia  $\text{CH}_4$ , será como consecuencia del proceso de fermentación de fibra a comparación del almidón.

Un análisis planteado, predijo que la fermentación de azúcares y almidón cambió la fermentación ruminal hacia la producción de propionato, cuando el pH del rumen disminuyó. De hecho, un 72 vs. 52% de dieta de concentrado produjo un aumento del 59% en la concentración de propionato de rumen y una caída de 44% en Ac:Pr. Por lo tanto, debido a la fuerte relación entre forraje: concentrado y Ac: Pr, aumentar la inclusión de grano (o alimentando forrajes con mayor contenido de almidón, como ensilajes de cereales integrales de cultivos) en la alimentación de rumiantes debe bajar la producción de  $\text{CH}_4$  (Bannink et al., 2008).

La digestibilidad de los alimentos usualmente incrementa cuando la cantidad de concentrado en la dieta es en mayor cantidad (Nicholson y Sutton, 1969). Cuando la digestibilidad de un alimento incrementa, como regla, el porcentaje de energía bruta liberada como metano también se incrementa (Lindgren, 1980). Una caída en el pH ruminal puede llevar a ver una caída en la proporción de acetato: propionato. Los Metanogenos, los cuales son los responsables para la producción de metano en el rumen, son sensibles a ambientes ácidos y por lo tanto sus funciones son inhibidas cuando el pH cae. Esto resulta en emisiones de metano bajas en una dieta rica en concentrado (Russell, 1998).

En un estudio hecho por Chandromani et al. (2000), doce ovinos fueron divididos en tres grupos, todos recibieron diferentes cantidades de concentrado y forrajes en sus dietas. El grupo 1 fue dado con 8% de concentrado y el resto forraje en su dieta, el grupo 2, con 50 %de concentrado y 50% de forraje y al grupo 3 se ofreció 70% de concentrado fibroso y 30% de forraje. Los trabajadores pudieron estimar que la digestibilidad de los alimentos en la ración dado al grupo 1 fue significativamente bajo que las dietas de los otros, pero la digestibilidad de fibra cruda fue elevada. La pérdida de metano como porcentaje de energía bruta aumento con el incremento de la cantidad de forraje en la dieta, pero con concentrado mayor a 50% en la dieta únicamente tuvo una pequeña efecto en la reducción de emisión de metano.

Christophersen et al. (2008) dice que una disminución del 16% en las emisiones de metano fue cuando los ovinos fueron alimentados con 70% de grano en sus dietas comparando, cuando estos fueron dados con 35 % de grano. No todos los estudios en ovinos muestran disminución de las emisiones de metano cuando se incluye concentrado en mayor cantidad en la dieta.

Moss y Givens (1995) notifico que la cantidad de energía perdida de metano como porcentaje del incremento de energía bruta, cuando la proporción de ensilado de gramíneas en una dieta con contenido de harina de soya fue menor. Las cuatro dietas fueron diseñadas a ser isoenergeticas y la proporción de ensilado fue 100%, 75%, 50% y 25%. Cuando se expresó como litros de metano por día las emisiones primeramente incrementaron y fue menor cuando se aumentaron la cantidad de harina de soya en la dieta.

Los últimos reportes indican que el incremento de la digestibilidad de los forrajes y el consumo de forrajes digestibles es una de las mayores prácticas de mitigación recomendadas. Las leguminosas pueden también disminuir las emisiones de CH<sub>4</sub> comparado con las gramíneas debido a sus menores concentraciones de fibra. La inclusión de alimentos concentrados en la dieta de rumiantes disminuye la intensidad de las emisiones de CH<sub>4</sub> (E<sub>i</sub>; CH<sub>4</sub> por unidad de producto animal), principalmente cuando la inclusión es por encima de 40% de la materia seca dietaria, sin perjudicar la función del rumen. La suplementación de dietas que contienen forrajes de pobre calidad con pequeñas cantidades de concentrado normalmente disminuye el CH<sub>4</sub> (Hristov et al., 2013).

Los forrajes de leguminosas juegan un rol importante en la mitigación de las emisiones de metano con relación a los forrajes de gramíneas. Un estudio comparó el efecto de la alimentación de carnerillos con dos dietas con diferentes tratamientos, una dieta a base de pasturas (rygrass /trébol blanco) en un proporción de 80:20 y otra con leguminosa lotus (*Lotus pedunculatus*). Los carnerillos alimentados con pasturas consumieron mayor cantidad de materia seca que los alimentados con Lotus sola (1.116 vs. 0.935 Kg MS/d), pero eliminaron menor cantidad de metano (11.5 vs. 25.7 gCH<sub>4</sub>/kg IMS), respectivamente (Waghorn et al., 2002).

Otro estudio confirmó lo mismo. Las vacas alimentadas con dietas de leguminosa eliminaron 124 gCH<sub>4</sub>/d frente a 170 gCH<sub>4</sub>/d de las alimentadas con dietas de gramínea + leguminosa, evidenciando el efecto de los forrajes de leguminosas en la mitigación de las emisiones de metano (Vlaming et al., 2008).

Al comparar y evaluar cuatro especies de gramíneas (*ryegrass perenne*, *dactylis*, *festuca* y cola de gato) y tres variedades de trébol blanco (Aran, Chieftain y Crusader). Incluyeron los pastos como substratos solos o como parte de una mezcla binaria (gramínea: leguminosa de 0:1, 0.25:0.75, 0.5:0.5, 0.75:0.25 y 1:0) con líquido ruminal tamponado por 24 h a 39°C. Todos los tréboles tuvieron menores ( $P < 0.001$ ) emisiones de CH<sub>4</sub> por unidad de materia seca aparentemente degradada que las gramíneas (27.0 mL/g vs. 36.1 mL/g). Los tréboles también tuvieron menores emisiones de CH<sub>4</sub> por unidad de ácidos grasos volátiles totales producidos (0.147 vs. 0.199 mmol/mmol de AGVt) y por unidad de gas total producido (0.118 vs. 0.153 mmol/mmol) que las gramíneas. Además, los tréboles Aran y Crusader tuvieron menores ( $P < 0.001$ ) emisiones de CH<sub>4</sub> por unidad de materia seca incubada que todas las gramíneas. Hubieron efectos asociativos sinérgicos (p.e., donde la respuesta fue mayor para las mezclas que el cálculo aritmético usando respuestas para las gramíneas y tréboles solos;  $P < 0.05$ ) de las mezclas de gramíneas y tréboles en las combinaciones binarias sobre todas las variables de emisión de CH<sub>4</sub>. Estos resultados evidencian la bondad de las mezclas forrajeras en la digestión del alimento y las emisiones de metano entérico (Purcell et al., 2012)

Archimède et al. (2011) realizaron una meta-análisis para comparar los efectos de las gramíneas C4 y C3 así como las leguminosas de clima cálido y frío sobre la producción de CH<sub>4</sub> en los rumiantes. La base de datos estuvo conformado de 22 estudios in vivo con 112 observaciones de 58 gramíneas C3, 28 gramíneas C4, 26 leguminosas de clima frío y 12 leguminosas tropicales. Los resultados indicaron que los rumiantes alimentados con gramíneas C4 produjeron 17% más CH<sub>4</sub> como L/Kg de materia orgánica ingerida ( $P < 0.05$ ) que

con gramíneas C3. Los animales alimentados con leguminosas tropicales produjeron 20% menos CH<sub>4</sub> (P<0.05) que con gramíneas C4. En cambio, no se observó diferencia en la producción de CH<sub>4</sub> entre gramíneas C3 y leguminosas de climas fríos. El uso de algunas leguminosas en climas cálidos puede ser una estrategia para reducir las emisiones de CH<sub>4</sub> por los rumiantes.

Existe un creciente interés para reducir las emisiones de metano entérico (CH<sub>4</sub>) de los rumiantes por medios dietarios a fin de mejorar la captura de la energía dietaria y reducir los efectos ambientales (Fonty et al., 2007); sin embargo, este esfuerzo se ve limitada por la complejidad de la comunidad microbiana en el rumen del animal adulto.

#### **2.9.4. Métodos para el cálculo y estimación de emisiones de metano.**

En la actualidad existen diferentes métodos para el cálculo y estimación de metano en los rumiantes. Los métodos tienen varios campos para su aplicación, estos presentan ventajas y desventajas, pero ninguno de ellos es perfecto, algunos son caros, algunos adecuados para animales en pastoreo, algunos para granjas, algunos pueden ser para varios animales los mejor conocidos son Cámaras/ Cámaras de Respiración, técnica SF<sub>6</sub> y la técnica de producción de gas in vitro, y el nuevo método de CO<sub>2</sub> (Storm et al., 2012).

Existe un interés global de usar modelos que sean capaces de predecir la producción de metano a partir de datos existentes, tal como las características del animal (peso, raza), características del alimento (contenido de nutrientes y energía), datos de consumo (materia seca o nutrientes) o digestión de nutrientes (Storm et al., 2012). La tabla 3 muestra los diferentes modelos para estimación

de metano en rumiantes (vacas lecheras, ovinos), utilizando la composición de alimento.

Tabla 3. Desarrollo de ecuaciones predictivas de metano según composición nutricional.

Referencia	Ecuación
IPCC, 2006	Metano (Kg/dag)=GE(MJ/d) × Y <sub>m</sub> /55.65
Yan et al. 2006	Methane (L/d) = 47.8 × DMI - 0.76 × DMI <sup>2</sup> - 41 (kg/d)
Yan et al. 2006	Methane (L/d) = 0.34 × BW (kg) + 19.7 × DMI (kg/d) + 12
Jentsch et al. 2007	Methane (kJ/d) = 1.62 × d_CP - 0.38 × d_Cfat + 3.78 × d_CF + 1.49 × d_NFE + 1142 (g/d)
Ellis et al. 2007	Methane (MJ/d) = 0.14 × forage (%) + 8.6
Mills et al. 2003	Methane (MJ/d) = 0.07 × ME (MJ/d) + 8.25
Millis et al. 2003	Methane (MJ/d) = 0.92 × DMI (kg/d) + 5.93
Millis et al. 2003	Methane (MJ/d) = 10.3 × forage (%) + 0.87 × DMI (kg/d) + 1.1 0.61
Grainger et al. 2007	Methane (g/d) = 18.5 × DMI (kg/d) - 9.5
Kischgessner et al. 1994	Methane (g/d) = 63 + 79 × CF + 10 × NFE + 26 × CP - 212 × Cfat (kg/d)
Blaxter and Clapperton, 1965	Methane (g/d) = 18 + 22.5l
Moraes et al. 2014	Methane(MJ/d)= 0.796×IMS(Kg/d) + 0.157×FDN(%MS)- 0.219×EE(%MS) - 1.285

GE= ingestión de energía bruta; Y<sub>m</sub>= factor de emisión; DMI y IMS=ingestión de materia seca; BW= peso vivo; FDN= fibra detergente neutro; EE= extracto etéreo; CF= fibra cruda; NFE= extracto libre de nitrógeno; CP= proteína cruda; d= digestión; ME=ingestión de energía metabolizable.



## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1 Lugar de estudio

El presente estudio se llevó a cabo en las instalaciones para ovinos del Instituto de Educación Superior Tecnológico Público - Santa Rosa, ubicado en el Distrito de Santa Rosa, Provincia de Melgar, Región Puno a una altitud de 4115 m.s.n.m, entre 14° 20' y 15° 25' de latitud sur y entre los 70° 12' y 71° 15' de longitud oeste (INEI- 2013). Los análisis químicos se realizaron en el laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

### 3.2. Material Experimental

#### 3.2.1. De los Alimentos

Los insumos alimenticios que se utilizaron fueron propios de la zona, tales como heno de avena (*Avena Sativa*), heno de alfalfa (*Medicago sativa*) de la variedad W350, broza de cañihua (*Chenopodium pallidicauli*), broza de quinua (*Chenopodium quinoa*), los cuales fueron procesados físicamente a un tamaño de 12mm, también se utilizaron afrecho de trigo, polvillo de arroz, maíz molido, harina integral de soya, pasta de algodón, harina de pescado, melaza, sal común y minerales.

#### 3.2.2. Procesamiento del Concentrado Fibroso

Las condiciones de inicio de estiaje de Puno (Junio – Agosto), después de un tratamiento previo de los forrajes (avena y alfalfa) mediante la henificación, estos fueron picados o molidos con facilidad debido a las características que

obtuvieron los forrajes ofreciendo mínima resistencia al molino/picador y el producto sale con mucha facilidad en un tamaño de partícula  $\leq 12\text{mm}$ .

La humedad es un factor importante a tener en cuenta en el procesamiento de heno de avena y heno de alfalfa. Cuando la humedad del heno supera el 12%, es relativamente difícil lograr una molienda completa, la cuchilla logra seccionarlo, pero los martillos no logran tritararlo, las partículas grandes se atascan en las cribas de la zaranda, el forraje molido se hace lento y el motor realiza mayor esfuerzo de giro.

Los otros insumos utilizados en la mezcla fueron broza de quinua y cañihua, cuyo fraccionamiento fue relativamente sencillo aunque con ligeras diferencias entre las especies de plantas. El procesamiento de la mezcla alimenticia (picado/molienda) se ha realizado con dos molinos, un molino triturador marca Trapp, modelo TRF 800 de fabricación brasilera, equipado con dos cuchillas y 24 martillos y una criba de 12 mm de luz de propiedad de la FMVZ- UNA, el otro molino/triturador marca Dynamic y una zaranda de 12mm propiedad del IESTP.

### **3.2.3. Preparación de la mezcla alimenticia**

La fórmula alimenticia fue ajustada en base al programa Solver, de acuerdo a los requerimientos nutricionales para el ovino productor de carne (NRC, 1985) y para el grupo testigo en sistema ad libitum.

### 3.3. Materiales de laboratorio

#### 3.3.1. Equipos

- ✓ Horno secador ( estufa 60 C+- 1 C)
- ✓ Balanza analítica 200 g/ 0.1 mg de sensibilidad
- ✓ Balanza analítica, 1 mg de sensibilidad
- ✓ Unidad de extracción Soxhlet
- ✓ Mufla de Incineración
- ✓ Hornilla eléctrica a prueba de Chispas
- ✓ Digestor de Fibra
- ✓ Bomba de vacío
- ✓ Digestor, destilador y titulador macro Kjeldahl

#### 3.3.2. Materiales

- ✓ Bolsa de plástico
- ✓ Campana desecadora
- ✓ Tijeras
- ✓ Bolsa de Papel
- ✓ Crisoles de porcelana
- ✓ Campana desecadora
- ✓ Desecadora, con desecante de gel de sílice
- ✓ Papel filtro de Poro fino (lento) Watman Nro 2
- ✓ Vaso de Berzelius
- ✓ Kitazato
- ✓ Embudo

- ✓ Papel tornasol
- ✓ Balones de Kjeldahl de 100 ml
- ✓ Matraces de 100 ml
- ✓ Frasco lavador 500 ml

### 3.3.3. Reactivos

- ✓ éter de petróleo o Hexano
- ✓ Ácido sulfúrico, 1.25 %
- ✓ Hidróxido de sodio, 1.25%
- ✓ Lauril Sulfato de Sodio 30 g
- ✓ Etileno diaminotetracético ( EDTA) 18.61 g
- ✓ Tetraborato Sodio Decahidratado 6.81 g
- ✓ Etilenglicol monoetil eter 10ml
- ✓ Fosfato Acido disodico anhídrido 4.56 g
- ✓ Decahidronaftaleno (decalina)
- ✓ Acetona para desengrasar la muestra
- ✓ Sulfato de sodio
- ✓ Sulfato de magnesio
- ✓ Sulfato de cobre
- ✓ Hidróxido de sodio
- ✓ Rojo de metilo

### 3.3.4 De campo

- ✓ Balanza de electrónica de 500 Kg
- ✓ Rejillas de metal
- ✓ Cuadernos de campo o registro

- ✓ Alicates
- ✓ Alambres

### 3.4. De los Animales

Los animales utilizados para el estudio estuvieron conformados por 14 carnerillos de la raza Corriedale, con 1 año y medio de edad, provenientes del mismo lote y fundo todos identificados (aretas) distribuidos en dos grupos; cada carnerillo fue estabulado individualmente, en box (corral), los cuales mostraron pesos vivos promedio inicial de  $52 \pm 3.35$  para el grupo alimentado con concentrado fibroso y  $54 \pm 4.18$  en el grupo control ( $P= 0.207127$ ), tabla 4.

Los animales del grupo experimental y el grupo control fueron alojados en un cobertizo de calamina, acondicionados con box individuales, comederos y bebederos (lavadores), donde pernoctaron durante el día y la noche cuyas medidas fueron de 1.5 m de ancho por 1.8 m de largo, medidas que fueron calculadas teniendo en consideración las características propias de los carnerillos.

Tabla 4. Distribución de carnerillos utilizados en el experimento.

Grupos	N° de	Peso inicial, Kg	P value
	animales		
	n	$\bar{x} \pm DS$	
T1 concentrado fibroso	7	$52 \pm 3.54$	0.207127
T2 forraje entero	7	$54 \pm 4.18$	

### **3.5. Metodología.**

#### **3.5.1 Caracterización de la composición química de los forrajes disponibles.**

##### **a) Muestreo de los forrajes**

Las muestras de forrajes (Heno de avena, Heno alfalfa, Broza de Quinua y Broza de Cañihua) se colectaron en bolsas previamente rotuladas, durante el proceso de molido. Se tomó 500 gr. de muestra en cada bolsa y su posterior remisión al Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia para su evaluación.

##### **b) Determinación de la composición química**

La composición química de los forrajes se determinó a través de los métodos oficiales de la AOAC (1990), habiéndose determinado humedad (H°) y materia seca (MS), extracto etéreo (EE), fibra detergente neutro (FDN), proteína cruda (PC) y cenizas totales (CT). El contenido de H° y MS se determinó por secado en estufa de aire caliente forzado a 60°C hasta peso constante por un tiempo  $\geq 72$  horas (Goering y Van Soest, 1970). La preparación de las muestras se realizó por molienda en molino de disco a un tamaño de partícula de 1 a 2 mm, luego conservadas a temperatura de laboratorio en recipientes especiales a prueba de humedad.

El extracto etéreo se determinó por extracción a reflujo con hexano en equipo soxhlet; la fibra detergente neutro, por extracción a reflujo en analizador de fibra provista de vasos Berzelius; la proteína cruda, a partir de nitrógeno total determinado por análisis Kjeldahl (DK6, Velp Científica); las cenizas totales, por incineración a 600°C durante 4 horas en mufla Thermoline 48000. El contenido

de carbohidratos no fibrosos (CNF) se estimó por diferencia aritmética entre la materia seca y los componentes analizados químicamente, según la siguiente ecuación (Mertens, 1997):

$$\text{CNF} = 100 - (\text{EE} + \text{FDN} + \text{PT} + \text{CT})$$

### c) Cálculo del valor energético de los forrajes

La energía bruta de los forrajes se estimó a partir de su composición química y los coeficientes calóricos de cada componente, con adecuación a la ecuación de Nehring y Haenlein (1973).

$$\text{EB, Kcal/100 g MS} = 9.50 \text{ EE} + 4.79 \text{ FDN} + 5.72 \text{ PT} + 4.03 \text{ CNF}$$

Los nutrientes digestibles totales (NDT) de los forrajes se estimó a partir de su contenido de fibra detergente neutro (FDN, % de la materia seca), mediante las ecuaciones de Mertens (1997) desarrolladas para animales rumiantes alimentados con forrajes en nivel de consumo de mantenimiento (NDTm), dada la dificultad de las mediciones rutinarias de la digestibilidad durante los análisis de los forrajes (Undersander et al., 1993):

$$\text{Gramíneas: NDTm, \%} = 105.2 - (0.667 \times \text{FDN})$$

$$\text{Leguminosas: NDTm, \%} = 86.2 - (0.513 \times \text{FDN})$$

A partir del contenido de NDT se estimó el contenido de energía digestible y energía metabolizable de los forrajes, mediante modelos de predicción de uso en animales rumiantes.

La energía digestible (ED) se estimó como 4.41 Kcal/g NDT (Swift, 1957) y la energía metabolizable (EM) como 3.60 Kcal/g NDT (NRC, 1984).

### **3.5.2 Determinación del consumo del concentrado fibroso en carnerillos de engorde.**

El suministro de alimento se realizó 4 veces al día, en horario fijo y con observación permanente (7 a.m., 10 a.m., 1 p.m. y 4 p.m.) esto garantizó que el comedero se encuentre con alimento en todo momento; mientras que la colección de residuo de alimento se realizó una sola vez por día (6:30 a.m.) antes del nuevo suministro de alimento, previa etapa de adaptación de los animales por un periodo de 07 días, La medición del consumo voluntario de alimento se obtuvo por la diferencia de alimento ofrecido y rechazado (residuo y desperdicio) en horas de luz diurna (Burns y Sollenberger, 2002).

La fórmula alimenticia, fue calculada mediante Solver, con un requerimiento de proteína de 12.9% para carnerillos de engorde. La ración incluyó un 82.2 % de insumo fibroso previamente molido, esto incluyó heno de avena, heno de alfalfa, broza de quinua, broza de cañihua; y los otros insumos de la mezcla en un 17.8%.

La mezcla preparada fue realizada como ración en mezcla total (TMR), ofrecida en un nivel de alimentación ad libitum. La composición y/o valor nutricional se muestran en la tabla 5. Los datos del análisis proximal (extracto etéreo, fibra detergente neutra, proteína total, ceniza total y carbohidratos no fibrosos) corresponden a los análisis realizados en laboratorio, mientras que los datos de valores energéticos fueron estimados mediante el uso de modelos. El grupo



control fue alimentado con forraje entero de avena cuya valor nutricional se muestra en la tabla 6.

Tabla 5. Formula alimenticia y valor nutricional del concentrado fibroso utilizado.

Alimentos	Mezcla %	Valor nutricional de la mezcla (en 100% de materia seca)	
Heno de Avena	30.02	EB, Kcal/Kg MS	4493
Heno de alfalfa	30.02	NDT, %	64.6
Broza de quinua	11.39	ED, Kcal/Kg MS	2778
Broza de cañihua	10.77	EM, Kcal/Kg MS	2250
Afrecho de trigo	7.12	PT, %	12.9
Polvillo de arroz	2.85	FDN,%	53.1
Maiz molido	2.85	EE, %	3.3
Harina integral de soya	1.42	CNF, %	21.9
Pasta de algodón	1.42	Calcio, %	0.76
Harina de pescado	1.42	Fosforo, %	0.45
Melaza	0.28	Sodio, %	0.12
Sal común	0.28		
Rocsalfos	0.14		
Total	100.00		

Formula alimenticia ajustada con SOLVER.

Dónde: EB= Energía bruta, NDT= nutrientes digestibles totales, ED= energía digestible, EM= energía metabolizable, PT=proteína total, FDN=Fibra detergente neutro, EE=extracto etéreo.

Tabla 6. Valor nutricional del alimento del grupo control.

Alimento	Valor nutricional (100 % de material seca)	
Heno de Avena	EB, Kcal/Kg MS	4438
	NDT, %	63.2
	ED, Kcal/Kg MS	2780
	EM, Kcal/Kg MS	2252
	PT, %	7.5
	FDN,%	63
	EE,%	2.2
	CNF, %	19.4
	Calcio, %	0.22
	Fosforo, %	0.20
	Sodio, %	0.17

Dónde: EB= Energía bruta, NDT= nutrientes digestibles totales, ED= energía digestible, EM= energía metabolizable, PT=proteína total, FDN=Fibra detergente neutro, EE=extracto etéreo.

El suministro de agua fue de una pileta y distribuida en cada bebedero, el cual estuvo al costado del comedero para su consumo ad libitum. El grupo control fue alimentado con forraje entero de avena según el horario establecido, ad libitum.

### **3.5.3. Determinación de la ganancia de peso vivo alimentados con concentrado fibroso en carnerillos de engorde.**

La determinación de la ganancia de peso vivo se obtuvo mediante el pesado de los animales (peso inicial), hasta llegar al peso final, pesos que fueron registrados en cuaderno de campo semanalmente, este control se realizó mediante el uso de la balanza electrónica de 500 kg de capacidad, la misma que fue adaptada al final de una manga hecha con apoyo de tablas para facilitar el pesado. También se diseñó una rejilla que permitió la inmovilización de los animales por el tiempo que duró la lectura del pesado.

### **3.5.4. Estimación y/o determinación de las emisiones de metano entérico.**

Las emisiones de metano entérico fueron estimados a partir de modelos de predicción desarrollados por Shibata et al., 1992 y Knight et al., 2008. Con base al consumo de materia seca. A partir de los modelos se ha generado un promedio para estimar las emisiones de metano entérico de los ovinos. Dado que el consumo de materia seca ha demostrado ser el mejor predictor de las emisiones de metano entérico, ambos modelos con un coeficiente de determinación  $R^2=0.95$ .

$$\text{CH}_4 \text{ (L/d)} = 0.0305 \text{ DMI (g/day)} - 4.441 \text{ (Shibata et al., 1992)}$$

$$\text{CH}_4, \text{ (g/d)} = 3.1699 + 17.61 \text{ DMI (Kg)} \quad R^2 = 0.93 \text{ (Knight et al. 2008)}$$

Los resultados obtenidos en cada modelo de predicción, fueron como litros por día ( $\text{CH}_4\text{L/d}$ ), los demás cálculos utilizaron diferentes factores de conversión, para determinar en Mol, g, %EB, Mcal. La intensidad de las emisiones fue en relación a la ingestión de materia seca y la ganancia de peso vivo.

### 3.6. Análisis estadístico.

Los resultados de consumo, ganancia de peso y emisiones de metano, se expresaron como medidas de tendencia central y dispersión (promedio, desviación estándar y coeficiente de variabilidad). Las diferencias en el consumo y la ganancia de peso en el engorde de carnerillos se analizaron a través de la prueba de comparación de medias (t de student), con igual número de repeticiones bajo los principios de aleatoridad y control local del error y los supuestos de independencia de las unidades experimentales, normalidad de errores y homogeneidad de varianzas, sujeto a la siguiente prueba de hipótesis (Kuehl, 2001).

VARIABLES DE MEDICIÓN FUERON LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS FORRAJES (%), EL CONSUMO DE ALIMENTO (Kg/d), GANANCIA DE PESO (Kg/d) Y EMISIÓN DE METANO ENTÉRICO (g/d).  $H_0: \mu_1 = \mu_2$  y  $H_1: \mu_1 \neq \mu_2$

El valor  $t_c$  se estimó con la siguiente fórmula:

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\left(\frac{(N_1 - 1)s_1^2 + (N_2 - 1)s_2^2}{N_1 + N_2 - 2}\right)\left(\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}\right)}}$$

Donde:

$|t_c|$  = Valor estimado de "t"

$\bar{X}_1$  = Media del grupo con concentrado fibroso.

$\bar{X}_2$  = Media del grupo sin concentrado fibroso.

$s_1^2$  = Varianza del grupo con concentrado fibroso.

$s_2^2$  = Varianza del grupo sin concentrado fibroso.

$n_1$  = Número de animales del grupo con concentrado fibroso.

$n_2$  = Número de animales del grupo sin concentrado fibroso.

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.2. Consumo del concentrado fibroso en ovinos de engorde.

El consumo de concentrado fibroso promedio expresado en materia seca del grupo experimental fue de  $2.315 \pm 0.062$  kg/d, mientras que el grupo control (forraje entero) fue solo  $1.298 \pm 0.034$  Kg/d. En tal sentido la productividad y eficiencia de los carnerillos se incrementó en el grupo experimental, porque se ofreció alimento molido el cual a su vez tuvo una mayor aceptabilidad.

Tabla 7. Consumo de Concentrado Fibroso vs Forraje entero

Consumo de alimento	Concentrado Fibroso	Forraje Entero	P <sub>Valor</sub>
Cantidad, Kg/día	$2.315 \pm$ $0.062$	$1.298 \pm$ $0.04$	<0.00001
Proporción del peso vivo, %	$3.6 \pm 0.288$	$2.37 \pm 0.19$	<0.00001
Cantidad por peso metabólico, g/W <sup>0.75</sup>	$102.3 \pm 5.395$	$64.4 \pm 4.128$	<0.00001

La revisión previa sobre consumo y los resultados obtenidos en nuestro estudio muestran un mayor consumo en relación a otros estudios, el factor que pudo influir en el consumo ávido de la mezcla (concentrado fibroso) sería la forma física del forraje (picado o molido) que jugó un papel muy importante en el consumo; información que coincide con los datos reportados por Lloyd et al (1960), quien detalla que la forma física del forraje es un factor influyente en el consumo, por un lado hay un marcado efecto sobre su valor alimenticio, por otro

lado, la molienda incrementa el consumo y el valor nutritivo del forraje a pesar de una ligera disminución en la digestibilidad.

Del mismo modo la información reportada por Church y Pond (2007) es similar a nuestro estudio, quienes observaron que el alimento molido suele reducir el rechazo y el desperdicio del alimento, el picado produce una textura física más deseable que el molido ya que el picado del heno favorece la colonización microbiana de las partículas y facilita también su salida física del rumen.

En otra investigación dirigida por Al-Saiyadi et al. (2010), en ovinos de 3 meses de edad nos describe que en el uso de dos dietas homogéneas de concentrado preparado con granos más heno de alfalfa con un tamaño de partícula de 9.5 mm y 14 mm. El consumo de alimento kg/d fue de 1.39 y 1.37 respectivamente. Información que está por debajo de los resultados obtenidos en nuestro estudio.

Por otra parte también, hemos podido observar que el mayor consumo obtenido en nuestros resultados se debió a la fracción del forraje fermentable este hecho hace que no ocupe espacio en el retículo rumen por periodos largos de tiempo, en comparación con los componentes estructurales (pared celular) del forrajes enteros (Allison, 1985).

Del mismo modo podemos mencionar que al inicio (2 semanas) del proceso de engorde hubo rechazo por el consumo de la broza de quinua, asumiendo que fue por el tamaño (12 mm), corrigiéndose a un tamaño de 8mm haciendo que los animales puedan consumirlo de manera íntegra todo el concentrado fibroso.

#### 4.3. Ganancia de peso vivo de ovinos para engorde alimentados con concentrado fibroso.

Los animales iniciaron el proceso de engorde con un peso homogéneo dentro de cada grupo, el estudio fue acondicionado a la disponibilidad de alimento y confinados. La medición semanal de los pesos corporales con balanza electrónica, ha mostrado que en un periodo de 90 días de engorde (tabla 8), los animales del grupo control lograron una ganancia de peso de  $2.06 \pm 0.20$  kg, mientras que los animales del grupo experimental lograron una ganancia de  $23.6 \pm 0.03$  kg, los mismos que expresan una ganancia diaria de  $0.022 \pm 0.002$  y  $0.263 \pm 0.004$  kg/d, para forraje entero y concentrado fibroso, respectivamente, con una diferencia de  $0.241$  kg/d a favor del grupo experimental alimentado con mezcla alimenticia (concentrado fibroso). Al análisis estadístico, la diferencia fue altamente significativa ( $P < 0.00001$ ).

Tabla 8. Ganancia de peso vivo de carnerillos engordados con concentrado fibroso vs Forraje entero (periodo de alimentación 90 días).

Composición	Concentrado fibroso (experimental) (n= 7)	Forraje entero (control) (n=7)	Valor P
Peso inicial, Kg	$52.3 \pm 3.4$	$54.0 \pm 4.2$	0.20712
Peso final, Kg	$75.9 \pm 3.7$	$56.0 \pm 4.0$	$<0.00001$
Ganancia de peso, Kg/90d	$23.69 \pm 3.15$	$2.06 \pm 0.763$	$<0.00001$
Ganancia de peso, Kg/d	$0.263 \pm 0.004$	$0.023 \pm 0.008$	$<0.00001$
Conversión alimenticia	$8.9 \pm 1.24$	$66.9 \pm 34.094$	0.000738

Según Olarte (2000), al estudiar carnerillos con 1.5 años de edad, los cuales fueron alimentados con 3 distintos tratamientos, dieta donde se incluyó heno de avena, pastos naturales, azúcar y urea, tuvo una ganancia de peso promedio de 4 kg/60d. Carnerillos del CIP-Chuquibambilla de la raza Corriedale, suplementados con sales minerales y vitaminas obtuvieron una ganancia de peso de 185.21 g/día (Bernedo, 1988). Siendo los resultados inferiores a nuestro estudio; esto debido a que nuestra dieta cubrió con los requerimientos nutricionales.

Borreguillas de la raza Corriedale de 6 meses de edad fueron sometidos a 4 tratamientos; T1: Heno de Avena (HA) + jipi quinua, T2: HA + broza quinua, T3: HA + Jipi + Cañihua y T4: Heno de Avena. Las ganancias de peso vivo fueron 9, 8, 12 y 8 Kg/90 días respectivamente (Gutierrez, 1977). Datos muy por debajo de los obtenidos en nuestro estudio.

Mendibal, R. (2001) utilizando 32 carnerillos de la raza corriedale de aproximadamente de 8 a 9 meses de edad, alimentados con heno de alfalfa, ensilado de avena y lenteja de agua pre secado más melaza y pastoreados en pastos naturales se lograron ganancias de peso después de 90 días de 7.28, 7.24 y 6.54 kg respectivamente. Datos que se encuentran por debajo de nuestro estudio debido tal vez a la pérdida de energía por actividad física (patoreo).

Al-Saiady et al. (2010) reportó que ovinos alimentados con dos dietas de concentrado preparados con granos con inclusión de heno de alfalfa, donde se manejó el tamaño de partícula, obtuvieron ganancias de peso de 278 y 251 g/día con tamaños de partícula de 9.5 y 14 mm respectivamente. Datos que se



aproximan que se aproximan a nuestro estudio, debido a un manejo adecuado de los insumos.

Un aspecto importante a considerar en la alta ganancia de peso de los animales, también sería el ahorro de energía en la caminata y la termorregulación. Los animales estuvieron confinados en un centro de engorde sin mucho movimiento por lo que el costo energético por actividad física fue mínimo; asimismo, los animales estuvieron alojados bajo cobertizo por las noches protegidas parcialmente del estrés del frío por lo que el gasto energético por termogénesis fue también mínimo. En suma, el ahorro energético por actividad física y termogénesis se han acumulado como retención de energía traducido en ganancia de peso.

Otro aspecto a considerar es el crecimiento compensatorio que se debe en primer lugar a la diferencia entre la tasa de síntesis y la tasa de degradación de la proteína muscular, y en segundo lugar, el hecho de que la tasa de recambio proteico corporal es elevada en ciertos periodos durante el crecimiento compensatorio (Jones et al, 1990). Por eso, al principio de la realimentación la ganancia de peso son máximas de 10.8 kg/ 21 días a más, tienen un incremento del apetito en relación a su peso metabólico, destinando un menor porcentaje a mantenimiento por pesar menos. En definitiva tienen un tubo digestivo más grande con relación a su peso corporal, por ende destinando un mayor porcentaje de energía en producción (aumento de peso) (Bavera et al., 2005, Church y Pond., 2007). Ese principio se puso de manifiesto en nuestros animales del grupo experimental, puesto que los carnerillos de raza Corriedale al estar sometidos a una dieta de pasturas anteriormente con claras deficiencias nutricionales (época seca), y posteriormente alimentados con alimento

balanceado, incrementaron las ganancias de peso. Esto es lógico de comprender puesto que la velocidad de crecimiento de un animal está controlada por su caudal genético y los factores ambientales de los cuales, la alimentación y el manejo del estrés de frío han sido los factores más importantes. La adquisición de animales con antecedentes de una subalimentación previa podría ser una buena estrategia para lograr crecimiento compensatorio y mayores ganancias de peso en el engorde de ovinos con alimentación de mezcla alimento

#### **4.4. Estimación de las emisiones de metano entérico en carnerillos alimentos con concentrado fibroso.**

Los carnerillos alimentado con concentrado fibroso produjeron 55.053 CH<sub>4</sub>L/animal/día y 30.6 CH<sub>4</sub>L/animal/día para forraje entero. Existe una gran diferencia en cuanto a la producción de metano del grupo de experimento y control, debido principalmente a la cantidad de alimento consumido, donde influyó la selectividad de los carnerillos a las dietas, como se muestra en el tabla 9.

Al analizar la intensidad de las emisiones de metano entérico, en base a la ganancia de peso vivo, se observa una alta significancia (<0.00001) lo que demuestra que la alimentación de carnerillos con forraje entero producen mayor metano 928.4 gCH<sub>4</sub>/KgGPV frente a concentrado fibroso 151.7 gCH<sub>4</sub>/KgGPV.

Tabla 9. Intensidad de las emisiones de metano entérico producido por Concentrado fibroso vs. Forraje entero.

Variables	(n)	Concentrado fibroso	Forraje entero	P value
Ingest. Materia seca (IMS), Kg/d	7	2.3 ± 0.062	1.3 ± 0.040	<0.00001
Ganancia de peso, Kg/d	7	0.263 ± 0.035	0.023 ± 0.008	<0.00001
EB de IMS, Mcal/d	7	10.401 ± 0.279	5.760 ± 0.178	<0.00001
Emisiones de CH <sub>4</sub> entérico				
CH <sub>4</sub> , L/animal/d	7	55.053 ± 1.492	30.6±0.966	<0.00001
CH <sub>4</sub> , Mol/d	7	2.458 ± 0.067	1.365 ±0.043	<0.00001
CH <sub>4</sub> , g/d	7	39.323 ± 1.066	21.841 ± 0.69	<0.00001
CH <sub>4</sub> , %EB alimento	7	5.03 ± 0.02	5.05 ± 0.003	0.07364
CH <sub>4</sub> , L/Kg IMS	7	23.780 ± 0.007	23.56 ± 0.015	<0.00001
CH <sub>4</sub> , g/Kg GPV	7	151.75 ± 21.037	928.40 ± 294.581	0.000376
CH <sub>4</sub> , %EB/Kg GPV	7	2.175 ± 0.059	3.89 ± 0.116	<0.00001

Pelchen y Peters (1998) realizó una revisión de las emisiones de metano en ovinos. El promedio de emisión fue 7.22 % CH<sub>4</sub> perdido como energía Bruta, no hubo diferencia entre ovinos en crecimiento y ovinos adultos. Estos datos son mayores que la información mostrada en nuestro estudio, por lo tanto menor contaminación, con referencia a los autores. En IPPC 2006 calculo emisiones de metano entérico perdido como energía bruta en ovinos adultos y en crecimiento de 6.5% y 4.5%, respectivamente, datos similares a los reportados en nuestro estudio.

Los modelos de predicción para metano entérico, pueden llegar a determinar las emisiones a partir de los alimentos utilizados, la ingestión del alimento juega un rol muy importante para determinar las cantidades de emisión.

Las características químicas de la ración juegan un rol muy importante en la producción de metano entérico en ovinos, estas serán las que definan la mayor o menor producción de metano en el ovino. Los resultados de este experimento, son muy altos, una de las causas puede haber sido el uso de los modelos de predicción utilizados, los cuales consideraron como base el consumo de materia seca solamente; los datos que se muestran serían mejores si se plantearan modelos predictivos donde incluya la fibra (FDN), proteína (PT) y EE (grasa) lo que garantizaría los resultados.

Chandromoni et al. (2000) ovinos alimentados con porcentajes de concentrado: forraje, para tres grupos, 8%: 92%, 50%:50% y 70%: 30%. La cantidad de metano perdido como energía bruta incrementó, cuando aumenta la cantidad de forraje en la dieta, pero con concentrado mayor a 50 % en la dieta, únicamente tuvo una pequeña disminución en las emisiones de metano. Christophersen et al. (2008) vio una disminución de 16% en emisiones de metano cuando ovinos fueron alimentados con 70% de grano en la dieta, comparado, cuando se dio 35% de granos.

No todos los estudios de ovinos muestran disminución para emisiones de metano entérico, cuando la inclusión de concentrado en la dieta incrementa. Kelly y Thomas (1978), compararon dietas incluyendo diferentes cantidades de ensilado de gramínea y cebada. La base de las dietas con 2500 g de MS de ensilado y 400 g de cebada resultaron en emisiones de metano perdidos de 7.4% del

consumo de energía bruta y la dieta con 2500g de ensilado y 200g de cebada causaron 6.7%CH<sub>4</sub> perdido del contenido de energía bruta. Estos resultados muestran que las emisiones de metano disminuyen a partir de las dietas, no siempre se puede usar como predictor la proporción de alimentos incluidos en la dieta.

Ulyatt M, et al.(2002b) investigando ovinos alimentados con rye grass - trebol blanco en diferentes temporadas del año, demostró que llegan a cambiar las características químicas de los forrajes en setiembre-noviembre, marzo-junio provocando incremento de FDN, FDA, PC disminuida y FDN, FDA, PC aumentada, respectivamente; las emisiones de metano son para setiembre-noviembre de 30 – 30.6 g CH<sub>4</sub>/d (6.1-6.9 %EB) donde la digestibilidad de materia seca fue de 82-75 % respectivamente, en cambio los meses de marzo-julio generaron 27-27.9 gCH<sub>4</sub>/d (6.1- 4.6 %EB)con una digestibilidad de MS 74.5 y 82 % en ovinos.

Ulyatt et al. (2002a) en otro estudio realizado en pasturas dominantes, con mayor predominancia de kikuyo afirma que cuando las pasturas son significativamente altas en proteína, azúcares solubles, lípidos, materia seca digestible y bajo en cenizas, FDA y FDN, las emisiones de metano fueron mínimas 4.4g CH<sub>4</sub>/d (1.9%EB) con una digestibilidad de materia seca 64.1 %.

Otro de los factores que favorece la disminución de metano en carneros es la edad, los animales jóvenes y adultos emiten diferentes cantidades de metano, 4.1 y 3.9 %EB respectivamente (Ulyatt et al., 2005). Otros estudios afirman que las emisiones de metano (CH<sub>4</sub>) son relativamente independientes de las

características químicas de pasturas según el grado de fertilización en las mismas, influenciada mayormente por el animal (Mbanzamihigo et al., 2001).

Estos estudios realizados determinaron las emisiones de metano entérico en ovinos, utilizando la técnica del marcador de gas SF<sub>6</sub> (hexafluoruro de azufre), el cual se mide después del eructo y los gases de respiración.

Existe una clara relación entre la digestibilidad de la materia orgánica MO, alimentación de concentrado o la ingestión de almidón, y el patrón de fermentación ruminal. Como sostiene Wolin (1960), la estequiometría de la fermentación ruminal dicta, que la cantidad de hidrógeno producido es directamente proporcional a la producción de metano entérico, esto como consecuencia del proceso de fermentación de fibra a comparación del almidón.

La digestibilidad de los alimentos usualmente incrementa cuando la cantidad de concentrado en la dieta es en mayor cantidad (Nicholson y Sutton, 1969). Cuando la digestibilidad de un alimento incrementa, como regla, el porcentaje de energía bruta liberada como metano también se incrementa (Lindgren, 1980). Una caída en el pH ruminal puede llevar a ver una caída en la proporción de Acetato: Propionato. Los Metanógenos, los cuales son los responsables para la producción de metano en el rumen, son sensibles a ambientes ácidos y por lo tanto sus funciones son inhibidas cuando el pH cae. Esto resulta en emisiones de metano bajas en una dieta rica en concentrado (Russell, 1998).

Los últimos reportes indican que el incremento de la digestibilidad de los forrajes y el consumo de forrajes digestibles es una de las mayores prácticas de mitigación recomendadas. Las leguminosas pueden también disminuir las

emisiones de CH<sub>4</sub> comparado con las gramíneas debido a sus menores concentraciones de fibra. La inclusión de alimentos concentrados en la dieta de rumiantes disminuye la intensidad de las emisiones de CH<sub>4</sub> (Ei; CH<sub>4</sub> por unidad de producto animal), principalmente cuando la inclusión es por encima de 40% de la materia seca dietaria, sin perjudicar la función del rumen. La suplementación de dietas que contienen forrajes de pobre calidad con pequeñas cantidades de concentrado normalmente disminuye el CH<sub>4</sub> (Hristov et al., 2013).

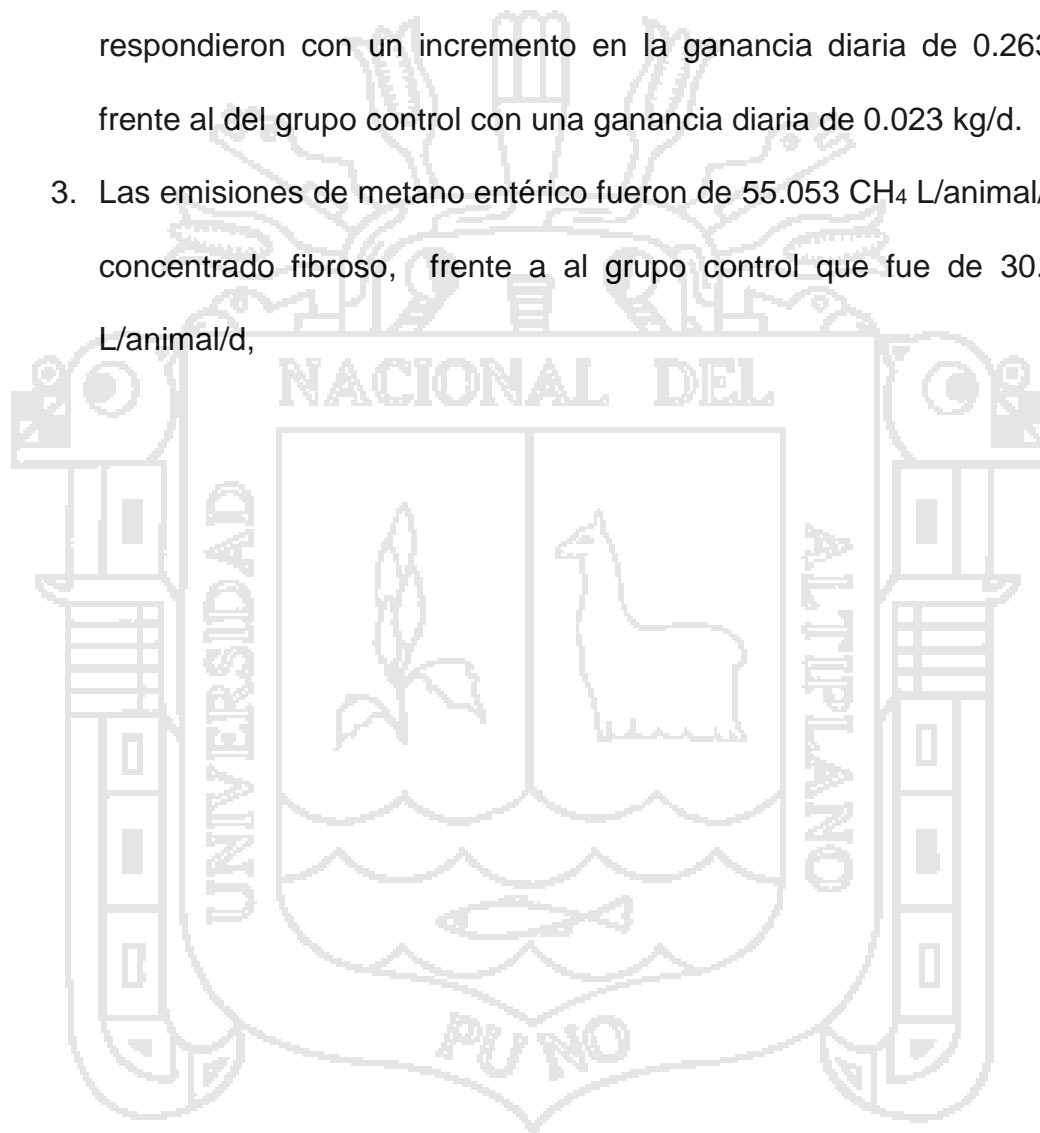
Existe un creciente interés para reducir las emisiones de metano entérico (CH<sub>4</sub>) de los rumiantes por medios dietarios a fin de mejorar la captura de la energía dietaria y reducir los efectos ambientales; sin embargo, este esfuerzo se ve limitada por la complejidad de la comunidad microbiana en el rumen del animal adulto (Fonty et al., 2007).



#### IV. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones del presente estudio se llegó a las siguientes conclusiones

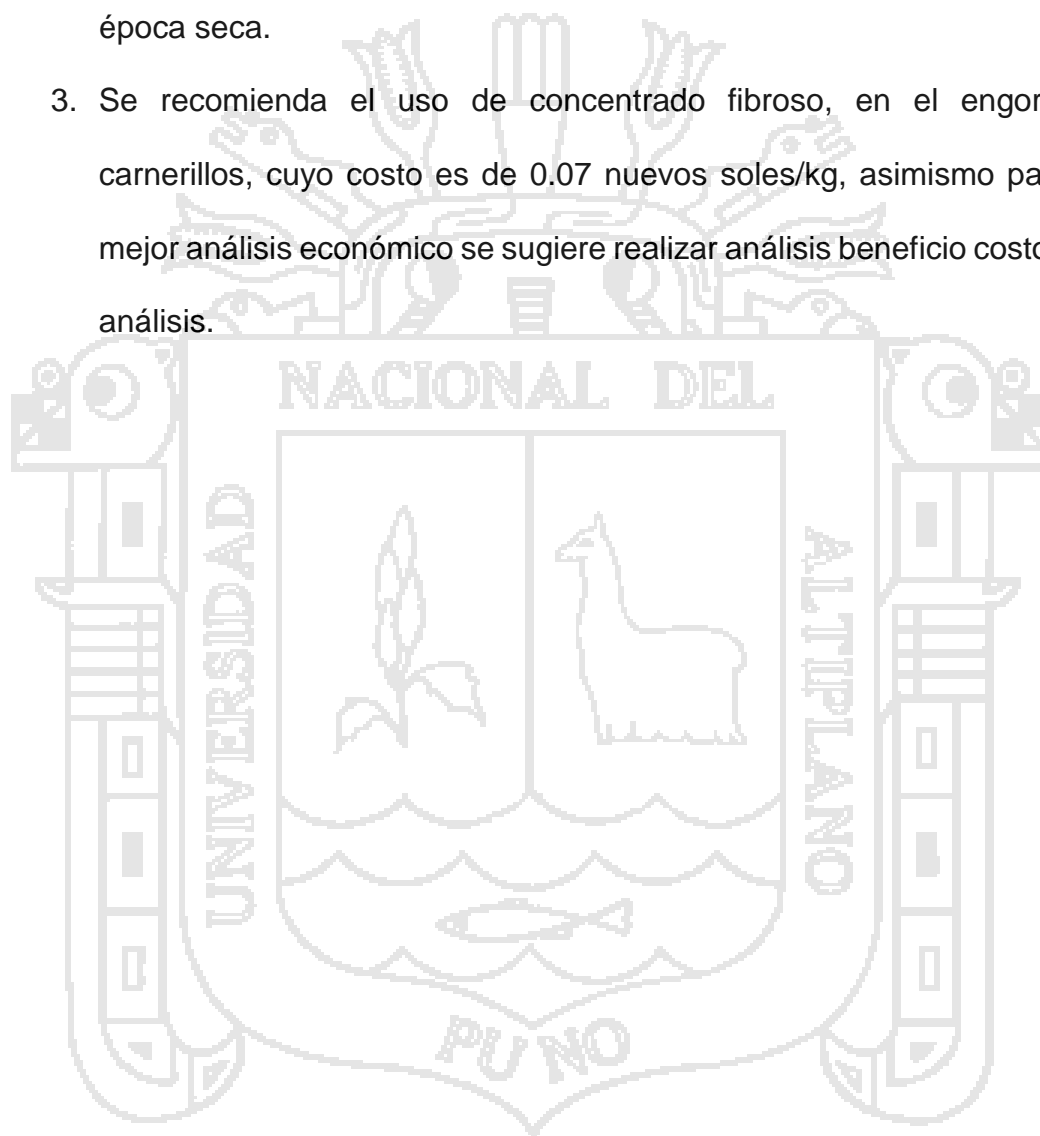
1. El concentrado fibroso tuvo un consumo diario de 2.315 Kg de materia seca y el forraje entero de 1.298 kg.
2. Los carnerillos de engorde alimentados con concentrado fibroso respondieron con un incremento en la ganancia diaria de 0.263 kg/d, frente al del grupo control con una ganancia diaria de 0.023 kg/d.
3. Las emisiones de metano entérico fueron de 55.053 CH<sub>4</sub> L/animal/d para concentrado fibroso, frente a al grupo control que fue de 30.6 CH<sub>4</sub> L/animal/d,





## V. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda validar los resultados de metano entérico, con el uso de otros métodos predictivos de emisión existentes en ovinos.
2. Implementar estrategias para impulsar el manejo adecuado de forrajes fibrosos, para su procesamiento y uso en la alimentación de ovinos en época seca.
3. Se recomienda el uso de concentrado fibroso, en el engorde de carnerillos, cuyo costo es de 0.07 nuevos soles/kg, asimismo para una mejor análisis económico se sugiere realizar análisis beneficio costo u otro análisis.



## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abecia, L., A. I. Martín-García, G. Martínez, C. J. Newbold, and D. R. Yáñez-Ruiz. 2013. Nutritional intervention in early life to manipulate rumen microbial colonization and methane output by kid goats postweaning. *J. Anim. Sci.*, 91:4832-4840.
- Adapa, P., L. Tabil, and G. Schoenau. 2011. Grinding performance and physical properties of non-treated and steam exploded barley, canola, oat and wheat straw. *Biom. Bioener.*, 35:549-561.
- Akin, D. E., and W. S. Borneman. 1990. Role of rumen fungi in fiber degradation. *J. Dairy Sci.*, 73:3023-3032.
- Allison, C. D. 1985. Factors affecting forage intake by range ruminants: A Review. *J. Range Manag.*, 38:305-311.
- Allard, H. 2009. Methane emissions from Swedish Sheep Production. SLU, Uppsala.
- Al-Saiady, M. Y; Abouheif, M. A; Aziz Makkawi, A; Ibrahim, Hafiz A. and Al-Owaimer, A. N. 2010. Impact of Particle Length of Alfalfa Hay in the Diet of Growing Lambs on Performance, Digestion and Carcass Characteristics. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* Vol 23, 4: 475-482.
- Anderson, M. J., G. E. Stoddard, C. H. Mickelsen, and R. C. Lamb. 1990. Intake limitations feeding behavior and rumen function of cow challenged with rumen fill from dietary fiber or inert bulk. *J. Dairy Sci.*, 58:72-75.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1990. Official Methods of Analysis. 15th edition.
- Archimède, H., M. Eugène, C. Marie Magdeleine, M. Boval, C. Martin, D. P. Morgavi, P. Lecomte, and M. Doreau. 2011. Comparison of methane production between C3 and C4 grasses and legumes. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 166:59-64.

- Argote, G. and P. Cabrera. 2009. Henificación de avena con vicia. Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA).
- Bavera, G; Bocco, O; Bequet, H. y Petryna, A. 2005. Curso producción Bovina de carne. F. A. V.UNRC; Crecimiento y Desarrollo Compensatorio. Argentina.
- Barra, J. 1993. Ganancia de peso de ovinos corriedale y criollos con implante de zeranol y Heno de cañihua. Tesis FMVZ-UNA. Puno.
- Bernedo, L. 1998. Suplementation de minerales y vitaminas en el engorde de carnerillos Corriedale. Tesis FMVZ-UNA. Puno.
- Ball, D. G., J. Wagner, Powell and R. W. Hammond. 1978. Plant chemical composition and digestibility of rangeland forage. Oklahoma Agric. Exp. Sta. MP- 103: 60.
- Bannink, A., J. France, S. Lopez, W.J.J. Gerrits, E. Kebreab, S. Tammingad, and J. Dijkstrad, 2008. Modelling the implications of feeding strategy on rumen fermentation and functioning of the rumen wall. Anim feed Sci and Techn. Vol 143: 3-26.
- Bath, D.L.; Dickinson, F.N.; Tucker, H.A. y Appleman, R. D. 1985. Dairy cattle. Principles, practices, problems, profits. 3a. ed. Lea y Febiger Press.
- Balch, C. C. 1971. Proposal to use time spent chewing as an index of the extent to which diets for ruminants possess the physical property of fibrousness characteristic of Roughages. Br.J.Nutr.26, 383
- Boadi, D., C. Benchaar, J. Chiquette, and D. Massé. 2004. Mitigation strategies to reduce enteric methane emissions from dairy cows: Update review. Can. J. Anim. Sci., 84: 319-335.
- Blaxter KL and Czerkawski J.1966. Modifications of the methane production of the sheep by supplementation of its diet. J Sci Food Agric 17, 417-421.
- Blaxter, K.L. and J.L. Clapperton. 1965. Prediction of the amount of methane produced by ruminants. Br.J. Nutr., 19;511.

- Brandyberry, S., D. R. C. Cochran, E. S. Vanzant, T. Del Curto, and L. R. Corah. 1991. Influence of supplementation method on forage use and grazing behavior by beef cattle grazing bluestem range. *J. Anim. Sci.*, 69:4128-4136.
- Burns, J. C., and L. E. Sollenberger. 2002. Grazing behavior of ruminants and daily performance from warm-season grasses. *Crop Sci.*, 42:873.
- Chavez, M.G. 1995. Consumo voluntario de forrajes en rumiantes en libre pastoreo. En curso taller Internacional de Actualizacion sobre Consumo voluntario de Alimentos. U.A.A.A.N. Sattillo coah.
- Chandramoni, Jadhao, S. B. Tiwari, C. M., Khan, M. Y. 2000. Energy metabolism with particular reference to methane production in Muzaffarnagari sheep fed rations varying in roughage to concentrate ratio. *Animal Feed Science and Technology* 83. 287-300.
- Church, D. C and Pond, W.G. 2007. *Fundamentos de Nutricion y Alimentacion de Animales*, Ed. Limusa Willey, 2da Edicion, Mexico.
- Christophersen, C. T., A.D.G Wright, P.E Vercoe, 2008. In vitro methane emission and acetate:propionate ratio are decreased when artificial stimulation of the rumen wall is combined with increasing grain diets in sheep. *Journal of Animal Science* 86. 384-389.
- Dias, R. and H. Vilcanqui. 2013. *Manual del Ovino y las Buenas Practicas*. 1era edición, Minag-Cendoc, Lima, Peru.
- Dilon, P; Crosse, S; and B. O'Brien. 1997. Effect of concentrate supplementation of grazing dairy cows in early lactation on milk production and milk processing quality. *Irish J. Agric. Food Res.* 36.
- Doreau, M., H. M. G. van der Werf, D. Micol, H. Dubroeuq, J. Agabriel, Y. Rochette, and C. Martin. 2011. Enteric methane production and greenhouse gases balance of diets differing in concentrate in the fattening phase of a beef production system. *J. Anim. Sci.*, 89:2518-2528.

- Del Curto, T. R., R. C. Cochran, D. L. Harmon, A. A. Beharka, K. A. Jacques, G. Towne, and E. S. Vanzant. 1990. Supplementation of dormant tallgrass-prairie forage: I. Influence of varying supplemental protein and (or) energy levels on forage utilization characteristics of beef steers in confinement. *J. Anim. Sci.*, 68:515-531.
- Ellis, J.L.; E. Kebreab, N.E. Odondo, B.W. McBride, E.K. Okine, J. France. 2007. Prediction of methane production from dairy and beef cattle. *J. Dairy Sci.* 90, 3456–3467.
- FAO. 2006. World Agriculture towards 2030/2050. Interim report. Global Perspective Studies Unit. FAO, Rome.
- FAO. 2011. World Livestock 2011. Livestock in food security. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, 2011.
- Farmer, C. G., R.C. Cochran, D.D. Simms, J.S. Heldt, and C.P. Mathis. 2001. Impact of different wheat milling by-products in supplement on the forage use and performance of beef cattle consuming low-quality, tall grass-prairie forage. *J. Anim. Sci.* 79: 2472-2480.
- Ferry, J. G. 2011. Fundamentals of methanogenic pathways that are key to the biomethanation of complex biomass, *Current Opinion in Biotech.* 22:351-357.
- Ferris, C. P., F.J. Gordon, D.C. Patterson, M.G. Porter, and T. Yan. 1999. The effect of genetic merit and concentrate proportion in the diet on nutrient utilization by lactating dairy cows. *J. Agric. Sci. (Camb)*.
- Fonty, G., K. Joblin, M. Chavaro, R. Roux, G. Naylor, and F. Michallon. 2007. Establishment and Development of Ruminant Hydrogenotrophs in Methanogen-Free Lambs. *Appl. Environ. Microbiol.*, 73:6391-6403.
- Forbes, J.M. 1998. Feeding Behavior. In Forbes, J.M. Ed Voluntary Feed Intake and diet selection in farm animal. CAB. International Oxon (uk).

- Flores, J. A. 2012. Inclusion del heno de totora (*Shoenoplectus tatora*) en mezcla alimenticia para vacunos. Tesis UNA- Puno.
- Goering, H. K., and P. J. Van Soest. 1970. Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures, and some applications). ARS/USDA Handbook No. 379.
- Grainger, C.; Clarke, T.; McGinn, S.M.; Auld, M.J.; Beauchemin, K.A.; Hannah, M.C.; Waghorn, G.C.; Clark, H.; Eckard, R.J. 2007. Methane emissions from dairy cows measured using sulfur hexafluoride (SF<sub>6</sub>) and chamber techniques. *J. Dairy Sci.* 90, 2755–2766.
- Grant, R. J; Colembrander, V. F. y Mertens, D.R. 1990. Milk fat depression in dairy cows: role of alfalfa hay. *J. Dairy Sci.* 73, 1834.
- Greenhalgh, J.F.D. y G. W. Reid. 1973. An Introduction to herbaje intake measurements. In, J.D. Leaver (Ed) *Herbaje intake Handbook*. The British Grassland Societ. *Anim. Prod.* 16, 223.
- Grovum, W.L. 1988. Appetite, palatability and control of feed. Intake. In: D.Church (ed) *the Ruminant Animal*. Prentice-Hall, Engle Wood Cleffs.N.J.
- Gutierrez, N. 1994. Cuatro raciones alimenticias a base de heno de avena y cebada y residuos de cosecha de quinua y Cañihua en borreguillas del Cip. Illpa, UNA- PUNO.
- Haro, J.M. 2002. Consumo voluntario de forraje por ruminates en pastoreo, Vol.12, N 0.03, Ed. Acta Universitaria, Mexico.
- Heinrichs, A. J., B. P. Lammers, and D. R. Buckmaster. 1997. Processing, mixing, and particle size reduction. *Forage Processing for Ruminants In: Pasture and Forage Symposium. J. Anim. Sci.* 75 (Suppl. 1 ): 140.
- Hook, S. E., A. D. G. Wright, and B. W. McBride. 2010. Methanogens: Methane producers of the rumen and mitigation strategies. *Archaea.* 2010:1-11.
- Hoffman, C.P., K. M. Lundberg, L. M. Bauman and R. D. Shaver. 2003 the effect of maturity on FDN Digestibility. *Focus on Forage.* Vol 5:15

- Holter, J. B; and A. J. Young. 1992. Methane Prediction in Dry and Lactating Holstein Cows. *J. Dairy Sci.* 75: 2165-2175.
- Hristov, A. N., J. Oh, J. L. Firkins, J. Dijkstra, E. Kebreab, G. Waghorn, H. P. S. Makkar, A. T. Adesogan, W. Yang, C. Lee, P. J. Gerber, B. Henderson, and J. M. Tricarico. 2013. SPECIAL TOPICS — Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations.
- IPCC 2007(Intergovernmental Panel on Climate Change). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Camb. Univ. Press, Cambridge, U.K.
- IPCC. *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. 2006. vol4.
- INEI, 2013. Instituto Nacional de Estadística e Inferencia, IV Censo Nacional Agropecuario 2012. Perú.
- Janssen, P. H., and M. Kirs. 2008. Structure of the archaeal community of the rumen. *Appl. Environ. Microbiol.*, 74:3619-3625.
- Jentsch, W.; Schweigel, M.; Weissbach, F.; Scholze, H.; Pitroff, W.; Derno, M. 2007. Methane production in cattle calculated by the nutrient composition of the diet. *Arch. Anim. Nutr.* 61, 10–19.
- 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.
- Joblin, K. N. 1999. Rumen acetogens and their potential to lower ruminant methane emissions. *Australian Journal of Agricultural Research* 50: 1307-1313.
- Johnson, K. A., and D. E. Johnson. 1995. Methane emissions from cattle. *J. Anim. Sci.*, 73:2483-2492.
- Johnson, L., J. H. Harrison, C. Hunt, K. Shinnars, C. G. Doggett, and D. Sapienza. 1999. Nutritive value of corn silage as affected by maturity and

- mechanical processing: A Contemporary Review. *J. Dairy Sci.*, 82:2813-2825.
- Jones, S. J., D. L. Starkey, C. R. Calkins, and J. D. Crouse. 1990. Myofibrillar proteinturnover in feed-restricted and realimented beef-cattle. *J. Anim. Sci.* 68:2707- 2715.
- Kawas, J.J. 1995. Factores que afectan el consumo voluntario de forrajes en bovinos en pastoreo. Curso-Taller Internacional de Actualizacion sobre consumo Voluntario de Alimentos. U.A.A.A.N. Saltillo Coah.
- Kaufmann, W. 1976. Influence of the composition of the ration and the feeding frequency on ph-regulation in the rumen and on feed in-take in ruminants. *Livestock Production Science*
- Kennedy, J., P. Dillon, K O'Sullivan, F. Buckley, and M. Rath. 2003. The effect of genetic merit for milk production and concentrate feeding level on the reproductive performance of Holstein- Friesian cows in a grass – based system. *Anim. Sci.* 76: 297 – 308.
- Kelly, N. C. and P.C. Thomas. 1978. The nutritive value of silages: Energy metabolism in sheep receiving diets of grass silage or grass silage and barley. *British Journal of Nutrition* 40. 205-219.
- Kirchgessner.; Windisch, W.; Müller, H.L. 1994. Nutritional Factors for the Quantification of Methane Production. In *Proceedings of the 8th International Symposium on Ruminant Physiology*, Willingen, Hesse, Germany; pp. 333–348.
- Knight. T. W., H. Clark, G. Molano, Maclean S.V and D.S. Villacorta. 2008. Methane emissions from sheep fed different intakes of high quality pasture. MAF Project INVENT 18A
- Kunkle, W. E; J.T. Johns; M. H. Poore, and D.B. Herd. 2000. Designing supplementation programs for beef cattle fed forage- based diets. *J. Anim. Sci.* 77: 1-11.



- Kuehl, R. 2001. Diseño de Experimentos. Segunda Edición. Thomson Learnig, Mexico.
- Lindgren, E. 1980. Estimation of energy losses in methane and urine by ruminants. A review. Report 47, Department of Animal Nutrition, Swedish University of Agricultural Sciences.
- Liu, Y., and W. B. Whitman. 2008. Metabolic, phylogenetic, and ecological diversity of the Methanogenic archaea. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 1125:171-189.
- Lloyd, L. E., E. W. Crampton, E. Donefer and S. E. Beacom. 1960. The effect of chopping versus grinding on the nutritive value index of early versus late cut red clover and timothy hays. *J. Anim. Sci.*, 19:859-866.
- Mani, S., L. G. Tabil, and S. Sokhansanj. 2004. Grinding performance and physical properties of wheat and barley straws, corn stover and switchgrass. *Biom. Bioen.*, 27:339-352.
- Mbanzamihigo, L; V. Fievez, C. Da Costa Gómez, F. Piattoni, L. Carlier, and D. Demeyer, 2001. Methane emissions from the rumen of sheep fed a mixed grass-clover pasture at two fertilisation rates in early and late season. *Agric. Research Centre. Belgium*.
- McAllister, T. A., and C. J. Newbold. 2008. Redirecting rumen fermentation to reduce methanogenesis. *Aust. J. Exp. Agr.*, 48:7-13.
- Mc Collum, F. T., and M. L. Galyean. 1985. Influence of cottonseed meal supplementation on voluntary intake, rumen fermentation and rate of passage of prairie hay in beef steers. *J. Anim. Sci.*, 60:570-577.
- Mc Dowell, L.R. 1985. Nutrition of grazing ruminants in worn climate. Academic Press, Orland. F.L.
- Mendibal, R. 2001. Uso de forrajes concervados con melaza como complement de pastos naturales en el engorde de carnerillos Corriedale. Tesis Ing. Agr. UNA. Puno.

- Mertens, D. R. 1997. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 80:1463-1481.
- Minson, D. 1990. Forage in ruminant nutrition. Academic Press.
- Min, B. R., S. Solaiman, R. Shange, and J. S. Eun. 2014. Gastrointestinal bacterial and methanogenic archaea diversity dynamics associated with condensed tannin-containing pine bark diet in goats using 16S rDNA amplicon pyrosequencing. *Intern. J. Microbiol.*, 2014:1-11.
- Mills, J.A.N., E. Kebreab, C.M. Yates, L.A. Crompton, S.B. Cammell, M.S.Dahnoa, R.E.Agneu, J. France, 2003. Alternative approaches to predicting methane emissions from dairy cows. *J. Anim. Sci.* 81, 3141–3150.
- Montzka, S. A., E. J. Dlugokencky, and J. H. Butler. 2011. Non-CO2 greenhouse gases and climate change. *Nature*, 476:43-50.
- Moss, A. R. And D. I. Givens. 1995. The effect of supplementing grass silage with soya bean meal on digestibility, in sacco degradability, rumen fermentation and methane production in sheep. *Anim. Feed.*
- Moraes, L., J. Fadel, A. Castillo, E. Kebreab. 2014. Minimizing diet costs and enteric methane emissions from dairy cows. Nicholas Institute for Environmental Policy Solutions. Report NI GGMOCA R 5. February 2014. Greenhouse Gas Mitigation Opportunities in California Agriculture, California.
- Morgavi, D. P., E. Forano, C. Martin, and C. J. Newbold. 2010. Microbial ecosystem and methanogenesis in ruminants. *Animal*, 4:1024-1036.
- NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). 2013. The methane bomb, clathrates, and arctic tundra. *Life in a world at 1830 parts per billion and rising.*
- National Research Council (NRC). 1984. Nutrient requirements of beef cattle. 6th Rev. Ed. National Academy Press. Washington, DC.

- National Research Council (NRC). 1985. Nutrient requirements of Sheep. 6th Rev. Ed. National Academy Press. Washington, DC.
- National Research Council (NRC). 1989. Nutrient requirements of dairy cattle. National Academy Press. Washington, DC.
- National Research Council (NRC). 1987. Predicting feed intake of Food-Producing Animals. Ed. National Academy Press. Washington, D.C.
- Nehring, K., and G. F. H. Haenlein. 1973. Feed evaluation and ration calculation based on net energyFAT. *J. Anim. Sci.*, 36:949-964.
- Nicholson, J.W.G. and J.D.Sutton. 1969. The effect of diet composition and level of feeding on digestion in stomach and intestines of sheep. *Brit. J. Nutr.* 23: 585.
- O'Mara, F. P. 2011. The significance of livestock as a contributor to global greenhouse gas emissions today and in the near future. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 166-167:7-15.
- Olson, K. C., R. C. Cochran, T. J. Jones, E. S. Vanzant, E. C. Titgemeyer, and D. E. Johnson. 1999. Effects of ruminal administration of supplemental degradable intake protein and starch on utilization of low-quality warm-season grass hay by beef steers. *J. Anim. Sci.*, 77:1016-1025.
- Olarte, C. 2000. Alimentación de carnerillos de saca con heno de avena, cebada tratados con urea, azúcar y pastos naturales en la comunidad de Japuria Munaypata- Ayaviri.
- Patra, A. K. 2012. Enteric methane mitigation technologies for ruminant livestock: a synthesis of current research and future directions. *Environ. Monit. Assess.* 184:1929-1952.
- Pelchen A. and J.K. Peters. 1998. Methane emissions from sheep. *Small Ruminant Research* 27, 137-150

- 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.
- Putnam, P.A., D.A. Yarns and R.E. Davis. 1966. Effect of pelleting rations and hay: Grain ratio on salivary secretion and ruminal characteristics of steers. *J. Anim. Sci.*, 25:1176-1180.
- Purcell, P. J., J. Grant, T. M. Boland, D. Grogan, and P. O'Kiely. 2012. The in vitro rumen methane output of perennial grass species and white clover varieties, and associative effects for their binary mixtures, evaluated using a batch-culture technique. *Anim. Prod. Sci.*, 52:1077-1088.
- Philipp, D; and J.A. Jennings. 2006. Management of hay Production. University of Arkansas. MP434: 1- 22.
- 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.
- Roque, B., R. Gallegos y J. C. Chayña. 1996. Efecto de la suplementación alimenticia en el engorde de toretes criollos. Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
- Russell, J. B. 1998. The importance of pH in the regulation of ruminal acetate to propionate ratio and methane production in vitro. *Journal of Dairy Science* 81. 3222–3230.
- Russell, J.B. and H.J. Strobel. 1989. Effect of ionophores on ruminal fermentation. *Appl Environ Microbiol.* 55(1): 1-6.
- Silveira, P.E y F.R. Franco. 2006. Conservación de Forrajes- primera parte. *Revista Electrónica de Veterinaria REDVET*, ISSN 1695-75

- Smith, J., K. Sones, D. Grace, S. MacMillan, S. Tarawali, and M. Herrero. 2013. Beyond milk, meat, and eggs: Role of livestock in food and nutrition security. *Anim. Front.*, 3:6-13.
- Shibata, M., F. Terada, K. Iwasaki, M. Kurihara and T. Nishida. 1992. Methane production in heifers, sheep and goats consuming diets of various hay-concentrate ratio. *Anim. Sci. Technol. (Jpn)*. 63:1221-1227.
- Stakelum, G., and R. Dillon. 2003. The effect of grazing pressure on rotationally grazed pastures in spring/early summer on the performance of dairy cows in the summer/autumn period. *Irish J. Agric. Food Res.*, 46:29-46.
- Storm, D.L.M.I, A.L.F. Helling, N.I. Nielsen and J. Madsen. 2012. Methods for Measuring and Estimating Methane Emission from ruminants.
- Swift, R. W. 1957. The caloric value of TDN. *J. Anim. Sci.*, 16:753.
- Taherzadeh, M. J. and K. Karimi. 2008. Pretreatment of lignocellulosic wastes to improve ethanol and biogas production: A review. *Int. J. Molec. Sci.*, 9:1621-1651.
- Thauer, R. K., A. K. Kaster, H. Seedorf, W. Buckel, and R. Hedderich. 2008. Methanogenic archaea: ecologically relevant differences in energy conservation. *Nat. Rev. Microb.*, 6:579-591.
- Thornton, P. K. 2010. Livestock production: recent trends, future prospects. *Phil. Trans. R. Soc. B.*, 365:2853-2867.
- Tian, H., C. Lu, G. Chen, B. Tao, S. Pan, S. J. Del Grosso, X. Xu, L. Bruhwiler, S. C. Wofsy, E. A. Kort, and S. A. Prior. 2012. Contemporary and projected biogenic fluxes of methane and nitrous oxide in North American terrestrial ecosystems. *Front. Ecol. Environ.*, 10:528-536.
- Ulyatt, M. J., K.R. Lassey, I.D. Shelton, C.F. Walker. 2002a. Methane emission from dairy cows and wether sheep fed subtropical grass-dominant pastures in midsummer in New Zealand. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 45. 227-234.

- Ulyatt, M. J., K.R. Lassey, I.D. Shelton, F.C. Walker, 2002b. Seasonal variation in methane emission from dairy cows and breeding ewes grazing ryegrass/white clover pasture in New Zealand. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 45. 217-226.
- Ulyatt, M. J., Lassey, K. R., Shelton, I. D., Walker, C. F. 2005. Methane emission from sheep grazing four pastures in late summer in New Zealand. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 48. 385-390.
- Undersander, D., D. R. Mertens, and N. Thiex. 1993. *Forage Analyses Procedures*. National Forage Testing Assoc., Omaha, NE. 154 pp.
- Van Soest, P.J. 1994. *Nutritional Ecology of the Ruminant*. Second Ed. Cornell University press. Ithaca N.Y.
- Vlaming, J. B., N. Lopez-Villalobos, I. M. Brookes, S. O. Hoskin, and H. Clark. 2008. Within- and between-animal variance in methane emissions in non-lactating dairy cows. *Aust. J. Exp. Agric.*, 48:124-127.
- Waghorn, G.C., M.H. Tavendale and D.R. Woodfield. 2002. Methanogenesis from forages fed to sheep. *Proceed. Of the new Zeal. Grass. Associ.*, 64: 167-171.
- Weston, R.H. y Kennedy, P.M. 1984. En: *Techniques in particle size analysis of feed and digesta in ruminants*. P. M. Kennedy (ed). Can. Soc. Anim. Sci. pps. 777.
- Wolin, M. J.: 1960, 'A Theoretical Rumen Fermentation Balance', *J. Dairy Sci.* 40, 1452-1459.
- Woodford, S.T and M.R. Murphy, 1988. Effect of forage physical form on chewing activity, dry matter intake, and rumen function of dairy cows in early lactation. *J. Dairy Sci.* 71, 674.

Yan, T., C.S. Mayne, G.M. Porter.2006. Effects of dietary and animal factors on methane production in dairy cows offered grass silage based diets. Int. Congr. Ser, 1293, 123–126.

Yusuf, R. O., Z. A. Noor, A. H. Abba, M. A. A. Hassan, and M. F. M. Dinb. 2012. Methane emission by sectors: A comprehensive review of emission sources and mitigation methods. Renew. Sustain. Energy Rev., 16:5059-5070.



## VII. ANEXOS

Cuadro 1. Análisis Químico de los insumos utilizados en el estudio.

ALIMENTOS	M	EE	PT	FDN	CT	CNF	NDT	EB	ED	EM	Ca	P	Na	Precio
	S													
	%	%	%	%	%	%	%	Kcal/Kg MS						S/Kg
Heno de avena	93.0	2.2	7.5	63.0	7.9	19.4	63.2	4438	2780	2252	0.22	0.20	0.17	0.58
Heno de alfalfa	92.0	3.2	16.0	48.8	7.3	24.7	61.0	4552	2682	2173	1.13	0.20	0.10	0.73
Broza quinua	95.0	2.2	7.5	66.7	11.4	12.2	56.3	4325	2479	2008	0.67	0.42		0.34
Broza de cañihua	95.0	3.4	7.3	65.1	10.2	14.0	57.3	4423	2521	2042	1.33	0.83		0.79
Afrecho de trigo	89.0	4.3	17.4	42.8	6.6	28.9	83.0	4619	3090	2503	0.11	1.22	0.04	0.92
Polvillo de arroz	89.0	15.6	14.4	33.0	11.5	25.5	89.0	4914	3090	2503	0.02	0.11	0.02	1.15
Maíz molido	90.0	4.1	9.8	10.8	1.5	73.8	91.0	4443	3920	3175	0.33	0.74	0.94	1.07
Harina integral de soya	89.0	18.2	40.3	14.9	4.8	21.8	84.0	5626	4140	3353	0.30	0.63	0.04	1.85
Pasta de algodón	92.0	3.2	46.1	28.9	7.0	14.8	90.0	4922	3310	2681	0.20	0.90	0.04	1
Harina de pescado	90.0	4.6	71.2	0.0	16.0	8.2	73.0	4840	3480	2819	5.18	2.89	0.39	1.08
melaza	74.3	0.2	5.8	1.0	13.3	79.7	72.0	3611	3170	2568	1.04	0.14	0.14	3
Sal común	99.0										0.30			2
Rocsalfos	99.0										25.00	16.00	2.10	7

Laboratorio de Nutrición Animal, FMVZ., NRC (1985).



Cuadro 2. Consumo total de concentrado Fibroso por semana por carnerillo.

Semana/ Animal	T1-1	T1-2	T1-3	T1-4	T1-5	T1-6	T1-7
1	12.900	14.040	14.080	15.695	14.045	14.865	15.185
2	15.080	15.831	15.400	15.895	15.485	15.502	16.145
3	17.995	19.255	19.246	17.350	17.540	17.893	17.885
4	19.905	20.450	17.335	19.341	16.530	18.820	19.645
5	20.283	20.364	20.241	20.521	19.734	19.524	20.580
6	19.219	20.178	19.605	19.918	17.688	19.786	20.188
7	20.470	20.295	18.630	18.631	16.705	19.185	19.330
8	20.321	20.435	18.005	19.030	17.595	19.185	19.475
9	20.392	20.096	19.330	20.270	19.506	19.172	19.115
10	20.145	21.115	18.811	20.880	19.515	20.801	20.208
11	20.335	20.500	21.943	19.765	19.806	20.370	20.370
12	20.515	20.745	17.870	20.425	20.640	21.000	20.340
Total	227.56	233.30	220.50	227.72	214.79	226.10	228.47
Promedio	18.96	19.44	18.37	18.98	17.90	18.84	19.04
Desv. Est.	2.5	2.2	2.1	1.8	2.0	1.9	1.8
C. V. (%)	13.0	11.2	11.4	9.3	11.2	10.2	9.2

Cuadro 3. Consumo total de forraje entero por semana por carnerillo.

Semana/Animal	T2-1	T2-2	T2-3	T2-4	T2-5	T2-6	T2-7
1	9.290	8.705	6.270	9.520	9.520	10.415	14.153
2	11.750	11.240	10.885	10.965	10.965	11.725	11.525
3	13.000	13.000	13.000	13.000	13.000	13.000	13.000
4	12.070	13.685	13.470	12.980	12.980	13.860	13.785
5	13.194	13.800	13.699	13.630	13.630	13.859	13.421
6	13.546	13.727	13.562	12.702	12.702	13.862	13.878
7	9.351	9.585	9.070	9.220	9.220	9.325	9.480
8	8.175	8.352	8.262	8.174	8.174	8.987	8.380
9	8.290	8.240	8.385	8.130	8.130	8.891	8.400
10	8.385	8.400	8.200	7.945	7.945	8.920	8.370
11	8.400	8.400	8.400	8.400	8.400	9.000	8.400
12	8.400	8.400	8.400	8.400	8.400	9.000	8.400
Total	123.85	125.53	121.60	123.07	123.07	130.84	131.19
Promedio	10.32	10.46	10.13	10.26	10.26	10.90	10.93
Desv. Est.	2.19	2.44	2.64	2.25	2.25	2.19	2.57
C.V. (%)	21.2	23.3	26.1	21.9	21.9	20.1	23.5

Cuadro 4. Ganancia de peso corporal de ovinos del grupo experimental alimentados con concentrado fibroso.

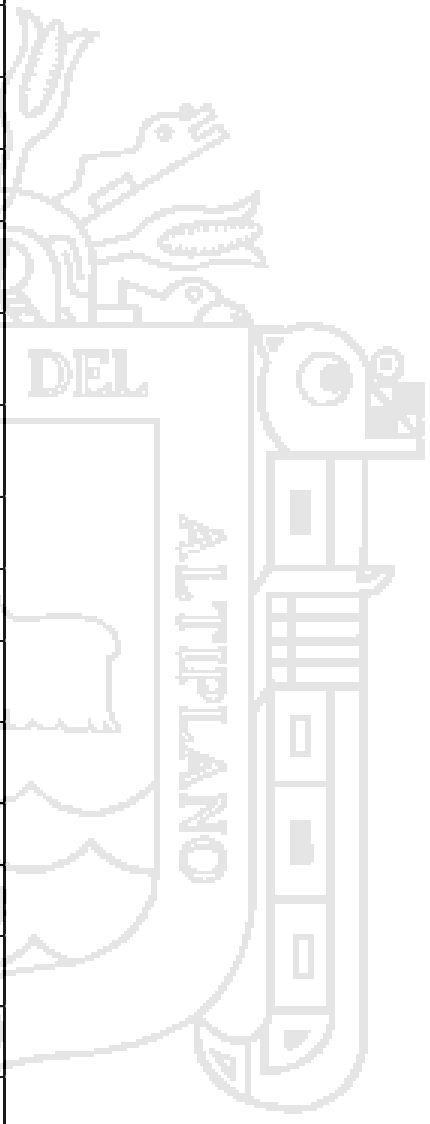
Replica	Inicial Kg	Final Kg	Ganancia de peso		
			Kg/90d	Kg/d	$g/W_{kg}^{0.75}$
1 CO88	51.7	78.2	26.5	0.294	7743.9
2 CO96	52.2	77.5	25.3	0.281	7337.0
3 CO103	52.5	70.2	17.7	0.197	4779.0
4 CO67	50.6	73.5	22.9	0.254	6691.9
5 CO105	59.4	81.4	22.0	0.244	6624.4
6 CO109	50.6	77.2	26.6	0.296	7684.4
7 CO106	49	73.8	24.8	0.276	6944.0
Promedio	52.286	75.971	23.686	0.263	6829.23
Desviación Estándar	3.354	3.706	3.150	0.035	1008.56
C.V %	6.4	4.9	13.3	13.3	14.8

Cuadro 5. Ganancia de peso corporal de ovinos del grupo control alimentados con heno de avena forrajera entero.

Replica	Inicial Kg	Final Kg	Ganancia de peso		
			Kg/90d	Kg/d	$g/W_{kg}^{0.75}$
1 CO88	54.7	57.5	2.8	0.031	649.6
2 CO96	59.1	61.2	2.1	0.023	510.6
3 CO103	47.9	50.4	2.5	0.038	525.4
4 CO67	51.8	54.8	3.0	0.033	671.4
5 CO105	59.0	60.5	1.5	0.027	361.5
6 CO109	50.7	52.3	1.6	0.028	345.7
7 CO106	54.8	55.7	0.9	0.010	203.9
Promedio	54.000	56.057	2.057	0.023	466.882
Desviación Estándar	4.185	4.002	0.763	0.008	171.019
C.V %	7.7	7.1	37.1	37.1	36.6

Cuadro 6. Resumen general del proyecto de investigación carnerillos alimentados con concentrado fibroso.

Carnerillos alimentados con Concentrado fibroso																						
Peso vivo, Kg		GPV, Kg	Consumo				Emisiones de CH <sub>4</sub> entérico				Emisiones de CH <sub>4</sub> entérico				Emisiones de CH <sub>4</sub> entérico				intensidad			
Final	Promedio	90 días	1 día	Kg/90d	Kg/d	%p.v.	gW <sup>0.75</sup>	Mcal/d	EB	CA	EA	L/dia <sup>1</sup>	L/dia <sup>2</sup>	Promedio	Mold	g/dia	Mol/Kg GPV	Mcal/d	%EB	L/Kg IMS	g/KgGPV	%EB/Kg GPV
1	51.7	78.2	64.95	0.294	2.528	2.336	3.60	102.1	10.497	7.93	0.126	66.8	44.3	55.6	2.5	39.7	8.4	0.5	5.0	23.78	135	2.2
2	52.2	77.5	64.85	0.281	2.592	2.395	3.69	104.8	10.762	8.52	0.117	68.6	45.4	57.0	2.5	40.7	9.0	0.5	5.0	23.79	145	2.1
3	52.5	70.2	61.35	0.197	2.450	2.264	3.69	103.3	10.171	11.51	0.087	64.6	43.0	53.8	2.4	38.4	12.2	0.5	5.0	23.77	195	2.2
4	50.6	73.5	62.05	0.254	2.277	2.338	3.77	105.7	10.504	9.19	0.109	66.9	44.3	55.6	2.5	39.7	9.8	0.5	5.0	23.78	156	2.2
5	59.4	81.4	70.40	0.244	2.387	2.205	3.13	90.7	9.908	9.02	0.111	62.8	42.0	52.4	2.3	37.4	9.6	0.5	5.0	23.77	153	2.3
6	50.6	77.2	63.90	0.296	2.512	2.321	3.63	102.7	10.430	7.85	0.127	66.4	44.0	55.2	2.5	39.4	8.3	0.5	5.0	23.78	133	2.2
7	49	73.8	61.40	0.276	2.539	2.346	3.82	106.9	10.539	8.51	0.117	67.1	44.5	55.8	2.5	39.8	9.0	0.5	5.0	23.78	145	2.1
tot	366	531.800	448.900	1.842	1578.439	17.538	16.205	25.334	72.810	62.542	0.795	463.175	307.565	385.370	17.204	275.264	66.394	3.664	35.230	166.462	1062.311	15.227
prom	52.286	75.971	64.13	0.263	2.25.5	2.505	3.6	102.3	10.401	8.93	0.114	66.168	43.938	55.053	2.458	39.323	9.485	0.523	5.033	23.780	151.759	2.175
D.S	3.354	3.706	3.16	0.035	6.042	0.067	0.228	5.395	0.279	1.24	0.014	1.892	1.092	1.492	0.067	1.066	1.315	0.014	0.002	0.007	21.037	0.059
C.V	6.4	4.9	4.9	13.3	2.7	2.7	6.3	5.3	2.7	13.9	12.0	2.9	2.5	2.7	2.7	2.7	13.9	2.7	0.03	0.03	13.9	2.7





Cuadro 7. Resumen general del proyecto de Investigación carnerillos alimentados con Forraje entero.

r	Peso vivo, Kg		ganancia de peso	Consumo				CA	EA	Metano Enteroico				Intensidad								
	Inicial	Promedio		Heno avena		Materia seca				Shibata	Knight		promedio	Molid	g/día	Mol/Kg GPV	Mcal/d	%EB	L/kgMS	g/KgGPV	%EB/Kg GPV	
				Kg/90d	Kg/d	%p.v.	g/W <sup>0.75</sup>				L/d	L/d										L/d
1	54.7	56.100	2.80	0.031	123.9	1.376	2.28	62.43	5.680	41.1	0.024	34.6	25.7	30.1	1.3	21.5	43.3	0.3	5.0	23.56	692	3.9
2	59.1	60.150	2.10	0.023	125.5	1.395	2.16	60.06	5.757	55.6	0.018	35.1	26.0	30.6	1.4	21.8	58.5	0.3	5.0	23.57	936	3.9
3	47.9	49.150	2.50	0.028	121.6	1.351	2.56	67.69	5.577	45.2	0.022	33.9	25.3	29.6	1.3	21.1	47.6	0.3	5.0	23.55	761	4.0
4	51.8	53.300	3.00	0.033	123.1	1.367	2.39	64.47	5.644	38.2	0.026	34.3	25.6	30.0	1.3	21.4	40.1	0.3	5.0	23.56	642	4.0
5	59	59.750	1.50	0.017	123.1	1.367	2.13	59.17	5.644	76.3	0.013	34.3	25.6	30.0	1.3	21.4	80.2	0.3	5.0	23.56	1284	4.0
6	50.7	51.500	1.60	0.018	130.8	1.454	2.63	70.33	6.000	76.1	0.013	36.8	27.0	31.9	1.4	22.8	80.1	0.3	5.1	23.58	1281	3.7
7	54.8	55.250	0.90	0.010	131.2	1.458	2.45	66.90	6.016	135.6	0.007	36.9	27.0	32.0	1.4	22.8	142.7	0.3	5.1	23.59	1281	3.7
Tot	378	392.400	14.400	0.160	879.156	9.768	16.588	451.050	40.318	468.036	0.124	245.994	182.189	214.081	9.557	152.915	492.480	2.036	35.343	164.954	6876.775	27.255
prom	54.000	56.057	2.06	0.023	125.6	1.395	2.37	64.4	5.760	66.9	0.018	35.1	26.0	30.6	1.365	21.845	70.4	0.3	5.05	23.56	982.40	3.89
DS	4.185	4.002	4.077	0.008	3.887	0.043	0.19	4.128	0.478	34.094	0.007	1.225	0.707	0.966	0.043	0.690	35.919	0.009	0.003	0.015	294.581	0.116
C.V	7.7	7.1	37.1	37.1	3.1	3.1	8.1	6.4	3.1	51.0	38.8	3.5	2.7	3.2	3.2	3.2	51.1	3.2	0.1	0.1	30.0	3.0

**FOTOS**

**Fotos de henificación, corte y molido de alimentos.**



Foto 1. Henificación de avena en forma de parvas.



Foto 2. Cosecha de avena mediante motoguadaña.



Foto 3. Molido de broza de quinua.



Foto 4. Molido de avena forrajera.



Fotos de construcción y elaboración de corrales para ovino.



Foto 5. Plantado de machones de palo para la construcción de corrales de ovino.



Foto 6. Entablado de corrales individuales.



Foto 7. Corrales de ovinos, previamente dimensionados según los carnerillos.

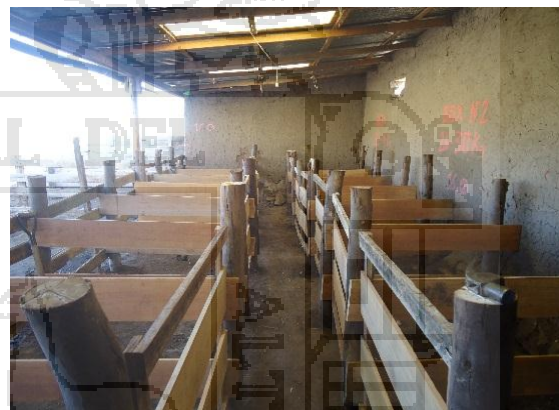


Foto 8. corrales de ovinos (derecha=ovinos de experimentacion; izquierda = ovinos control) culminados.

Fotos de desparasitación, esquila e identificación de ovinos.



Foto 9. Preparación de antiparasitario externo, con todas las medidas de seguridad para su realización.



Foto 10. Baño de ovinos por aspersión con antiparasitario externo (Neogam).



Foto 11. Esquila de ovinos de la raza corriedale.



Fotos 12. Identificación de ovinos aleatoriamente (al azar) según tratamiento.



Fotos de preparación de concentrado fibroso y alimentación de ovinos.



Foto 13. Concentrado fibroso resultado de la mezcla por fórmula alimenticia.



Fórmula 14. Recojo y embolsado de concentrado fibroso en sacos de 32 kg.



Foto 15. Alimentación de ovinos experimentales con concentrado fibroso.



Foto 16. Pesado de concentrado fibroso antes de proceder con la alimentación de los ovinos de experimentación.



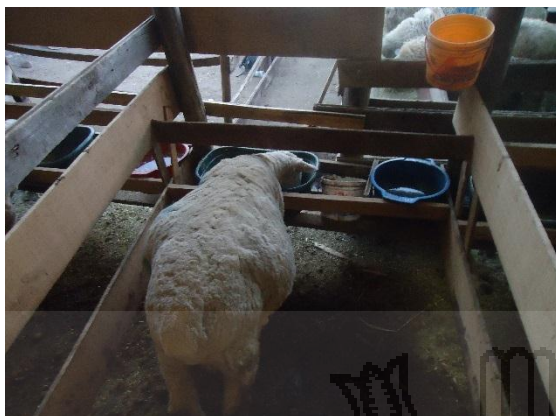


Foto 17. Ovino de grupo experimental en su corral individual con comedero y bebedero.



Foto 18. Ovino consumiendo concentrado fibroso.

