



1859

## UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS  
NATURALES RENOVABLES  
CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA Y  
ZOOTECNIA

**“UTILIZACIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE  
INCLUSIÓN DE HARINA DE ALFALFA EN RACIONES  
SUPLEMENTARIAS PARA VACAS EN PRODUCCIÓN EN  
LA QUINTA EXPERIMENTAL PUNZARA DE LA  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA”**

Tesis de grado previa a la obtención del  
título de “Médico Veterinario Zootecnista”

**AUTOR:**

Jiphson Oswaldo Angamarca Patiño

**DIRECTOR:**

Dr. Luis Aguirre Mendoza Mg. Sc.

LOJA - ECUADOR  
2018

## **CERTIFICACIÓN**

Dr. Luis Aguirre Mendoza Mg. Sc.

**DIRECTOR DE TESIS**

### **CERTIFICA:**

Que el trabajo de tesis titulado: **“Utilización de diferentes niveles de inclusión de harina de alfalfa en raciones suplementarias para vacas en producción en la quinta experimental Punzara de la Universidad Nacional de Loja”** de la autoría del Señor Egresado: **Jiphson Oswaldo Angamarca Patiño**, previo a la obtención del título de **Médico Veterinario Zootecnista**, ha sido ejecutado en el cronograma establecido. Los resultados alcanzados son pertinentes, tienen validez y actualidad científica; por tanto se autoriza su presentación, para el trámite correspondiente.

Loja, 25 de enero de 2018



Dr. Luis Aguirre Mendoza Mg. Sc.  
**DIRECTOR DE TESIS**

## CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Que luego de haber procedido a la calificación de Tesis escrita del trabajo de investigación titulado “**UTILIZACIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE INCLUSIÓN DE HARINA DE ALFALFA EN RACIONES SUPLEMENTARIAS PARA VACAS EN PRODUCCIÓN EN LA QUINTA EXPERIMENTAL PUNZARA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**”, del Sr egresado JIPHSÓN OSWALDO ANGAMARCA PATIÑO, y al haber constatado que se ha incluido en el documento las observaciones y sugerencias realizadas por los miembros del tribunal autorizamos continuar con los trámites como requisito previo a la obtención del título de: **MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**.

**APROBADO**

Loja, 05 de abril del 2018



.....  
Dr. Tito Ramiro Muñoz Guarnizo Mg. Sc

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



.....  
Dr. Galo Vinicio Escudero Sánchez Mg. Sc

**VOCAL DEL TRIBUNAL**



.....  
Dr. Jorky Roosevelt Armijos T. Mg. Sc

**VOCAL DEL TRIBUNAL**

## AUTORÍA

Yo, Jiphson Oswaldo Angamarca Patiño, declaro ser autor del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación del presente Informe de Tesis en el Repositorio Institucional – Biblioteca virtual.

**Autor:** Jiphson Oswaldo Angamarca Patiño

**Firma:** .....  


**Cedula:** 1105917288

**Fecha:** Loja, 20 de abril de 2018

**CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO.**

Yo, Jiphson Oswaldo Angamarca Patiño, declaro ser el autor de la tesis titulada **“UTILIZACIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE INCLUSIÓN DE HARINA DE ALFALFA EN RACIONES SUPLEMENTARIAS PARA VACAS EN PRODUCCIÓN EN LA QUINTA EXPERIMENTAL PUNZARA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA”**, como requisito para optar al grado de: Médico Veterinario Zootecnista; autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los 20 días del mes de abril del dos mil dieciocho. Firma el autor.

**Firma:** .....  


**Autor:** Jiphson Oswaldo Angamarca Patiño

**Número de cédula:** 1105917288

**Dirección:** Loja, San Sebastián, calles Eduardo Kigman y Saraguro

**Correo electrónico:** jiphson92@hotmail.com

**Celular:** 0986213847

**Director de tesis:** Dr. Luis Aguirre Mendoza Mg. Sc.

**Tribunal de grado:** Dr. Tito Ramiro Muñoz Guarnizo Mg. Sc

Dr. Galo Vinicio Escudero Sánchez Mg. Sc

Dr. Jorky Roosevelt Armijos Tituana Mg. Sc

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero expresar mis sinceros agradecimientos a la Universidad Nacional de Loja, a la Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia, por haber permitido ser parte de esta prestigiosa carrera, así como también a los docentes por sus sabias enseñanzas, experiencias y consejos impartidos a lo largo de mi formación profesional, un agradecimiento especial, al Dr. Luis Aguirre Mendoza Mg. Sc, quien, con sus conocimientos y experiencia, dirigió con paciencia y motivación la presente tesis.

A mi familia que han velado por mi bienestar y educación siendo apoyo en todo momento y demás personas que han formado parte de mi vida universitaria. Algunas presentes y otras en mis recuerdos, sin importar donde se encuentren les expreso mi sincera gratitud.

Jiphson Angamarca

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A la memoria de mi madre Olivia Patiño (†) aunque nos faltaron muchas cosas por vivir juntos, sé que este momento hubiera sido muy especial para ti como para mí, a mi padre Luis Angamarca que con su esfuerzo y tenacidad ha sido mi pilar fundamental durante todo este proceso; a mis hermanos: Luis, Mireya, Carlos, Yadira, Deysi y Daniel Alejandro que han sabido estar junto a mí cuando los he necesitado.

Jiphson Angamarca

## ÍNDICE GENERAL

CERTIFICACIÓN .....	II
CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	III
AUTORÍA .....	IV
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO.....	V
AGRADECIMIENTO.....	VI
DEDICATORIA.....	VII
ÍNDICE GENERAL.....	VIII
ÍNDICE DE CUADROS .....	XI
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XII
ÍNDICE DE FOTOS.....	XIII
RESUMEN .....	XV
SUMMARY .....	XVI
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA .....	3
2.1. FISIOLÓGÍA DIGESTIVA DE LOS BOVINOS.....	3
2.1.1. Ecosistema Rumiar.....	3
2.1.2. Regulación del pH .....	5
2.1.2.1. Saliva 6	
2.1.2.2. Rumia .....	6
2.1.2.3. Producción de AGV .....	6
2.1.2.4. Absorción de AGV .....	7
2.2. DIGESTIÓN DE LOS NUTRIENTES.....	8
2.2.1. Digestión de los Hidratos de Carbono .....	8
2.2.2. Digestión de las Proteínas.....	10
2.3. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DE LOS BOVINOS DE LECHE .....	11
2.3.1.1. Energía .....	11
2.3.1.2. Proteína.....	12



2.3.1.3. Lípidos .....	13
2.3.1.4. Carbohidratos .....	13
2.3.1.5. Minerales .....	14
2.3.1.6. Vitaminas .....	15
2.4. SUPLEMENTACIÓN ALIMENTICIA.....	16
2.4.1 Suplementación Proteínica.....	16
2.4.2. Suplementación Energética.....	16
2.5. INSUMOS UTILIZADOS .....	17
2.5.1. Harina de Alfalfa (Alfarina).....	17
2.5.1.1. Obtención de la harina de alfalfa .....	17
2.5.1.2. Valor nutritivo de la harina de alfalfa.....	18
2.5.2. Caña .....	19
2.5.3. Maíz.....	19
2.5.4. Soya .....	19
3. MATERIALES Y MÉTODOS .....	20
3.1. MATERIALES.....	20
3.1.1. Materiales de Campo.....	20
3.1.2. Materiales de Oficina .....	20
3.2. MÉTODOS .....	21
3.2.1. Ubicación.....	21
3.2.2. Descripción y Adecuación de las Instalaciones .....	21
3.2.3. Descripción e Identificación de las Unidades Experimentales.....	21
3.2.4. Formulación y Elaboración de las Raciones Experimentales .....	21
3.2.5. Descripción de los Tratamientos .....	22
3.2.5.1. Tratamiento uno.....	22
3.2.5.2. Tratamiento dos.....	22
3.2.5.3. Tratamiento tres.....	22
3.2.5.4. Tratamiento cuatro.....	22
3.2.6. Diseño Experimental.....	23
3.2.7. Variables en Estudio.....	24
3.2.8. Toma y Registro de Datos .....	24

3.2.8.1. Composición bromatológica de las raciones. ....	24
3.2.8.2. Consumo de alimento.....	24
3.2.8.3. Producción de leche .....	25
3.2.8.4. Calidad de la leche .....	25
3.2.8.5. Cambio de peso.....	25
3.2.8.6. Rentabilidad.....	25
3.2.8.7. Análisis Estadístico.....	25
4. RESULTADOS .....	26
4.1. VALORACIÓN BROMATOLÓGICA DE LAS RACIONES .....	26
4.2. PESOS CORPORALES.....	26
4.3. CONSUMO DE ALIMENTO .....	27
4.4. PRODUCCIÓN DE LECHE.....	28
4.5. CALIDAD DE LA LECHE .....	29
4.5.1. Características Organolépticas.....	29
4.5.2. Composición Química.....	29
4.6. CAMBIO DE PESO .....	32
4.7. ANÁLISIS ECONÓMICO .....	33
4.7.1. Costos de Producción.....	33
4.7.2. Ingresos.....	34
5. DISCUSIÓN.....	37
6. CONCLUSIONES .....	41
7. RECOMENDACIONES.....	43
8. BIBLIOGRAFÍA.....	44
9. ANEXOS.....	47
9.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE LOS RESULTADOS.....	47
9.2. FOTOGRAFÍAS DEL TRABAJO DE CAMPO .....	52

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b>	Composición nutricional de la harina de alfalfa.....	18
<b>Cuadro 2.</b>	Raciones suplementarias con diferentes niveles de inclusión de harina de alfalfa.....	22
<b>Cuadro 3.</b>	Esquema del experimento. ....	23
<b>Cuadro 4.</b>	Composición química de las raciones experimentales en base a materia seca (%). ....	26
<b>Cuadro 5.</b>	Pesos corporales de vacas Holstein en pastoreo con cuatro raciones suplementarias a base de harina de alfalfa (kg).....	27
<b>Cuadro 6.</b>	Consumo de alimento (MS) en vacas Holstein en pastoreo con cuatro raciones suplementarias a base de harina de alfalfa (kg). ....	27
<b>Cuadro 7.</b>	Producción de leche en vacas Holstein en pastoreo, con raciones suplementarias a base de harina de alfalfa (l/vaca/día). ....	28
<b>Cuadro 8.</b>	Contenido de grasa en la leche de vacas Holstein alimentadas con raciones suplementarias a base de harina de alfalfa (%). ....	30
<b>Cuadro 9.</b>	Contenido de proteína en la leche de vacas Holstein alimentadas con raciones suplementarias a base de harina de alfalfa (%). ....	31
<b>Cuadro 10.</b>	Ganancia de peso en vacas Holstein con raciones suplementarias a base de harina de alfalfa (g/d). ....	32
<b>Cuadro 11.</b>	Costo de las raciones experimentales. ....	33
<b>Cuadro 12.</b>	Ingresos por concepto de venta de la producción láctea. ....	34
<b>Cuadro 13.</b>	Costos, ingresos y rentabilidad en los cuatro grupos experimentales (\$). .....	35

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Consumo de alimento (MS) en vacas Holstein en pastoreo con cuatro raciones suplementarias (kg). .....	28
<b>Figura 2.</b> Producción de leche en vacas Holstein en pastoreo con cuatro raciones suplementarias (l/vaca/día). .....	29
<b>Figura 3.</b> Contenido de grasa de la leche en vacas Holstein alimentadas con cuatro raciones suplementarias a base de harina de alfalfa. ....	30
<b>Figura 4.</b> Contenido de proteína de la leche en vacas Holstein con cuatro raciones suplementarias a base de harina de alfalfa (%). ....	31
<b>Figura 5.</b> Ganancia de peso en vacas Holstein con raciones suplementarias a base de harina de alfalfa. ....	32
<b>Figura 6.</b> Rentabilidad en vacas Holstein mestizas con raciones suplementarias a base de harina de alfalfa (%). ....	36

## ÍNDICE DE FOTOS

<b>Foto 1.</b> Elaboración de las raciones experimentales .....	52
<b>Foto 2.</b> Suministro de la ración. ....	52
<b>Foto 3.</b> Análisis cuantitativo de la leche. ....	52
<b>Foto 4.</b> Análisis químico de las raciones.....	53

**“UTILIZACIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE INCLUSIÓN DE HARINA DE  
ALFALFA EN RACIONES SUPLEMENTARIAS PARA VACAS EN PRODUCCIÓN EN  
LA QUINTA EXPERIMENTAL PUNZARA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE  
LOJA”**

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se ejecutó en la Quinta Experimental “Punzara” de la Universidad Nacional de Loja, con el propósito de evaluar raciones con diferentes niveles de inclusión de harina de alfalfa en vacas Holstein mestizas mantenidas en pastoreo. Se evaluaron cuatro raciones con diferentes niveles de harina de alfalfa: T1: sin harina de alfalfa, (testigo); T2: con el 10% de harina de alfalfa; T3: con el 20% de harina de alfalfa y T4: con el 30% de harina de alfalfa. Se utilizaron cuatro vacas mestizas de diferentes edades, con un peso promedio de 542.2 kg y una producción media diaria de 7 litros, con cuatro tratamientos y cuatro periodos. Las variables estudiadas fueron: composición bromatológica de las raciones experimentales; consumo de alimento, producción de leche, calidad de la leche, cambio de peso y rentabilidad. Los resultados demuestran un apreciable valor nutritivo de las raciones elaboradas con diferentes niveles de inclusión de harina de alfalfa, con valores medios de 60,49 para materia seca; 21.91 y 15,63 para proteína y fibra cruda respectivamente; así mismo se evidenció mayor consumo de alimento en el tratamiento tres y cuatro (20 y 30% de harina de alfalfa) lo que generó un incremento de la producción de leche de 1 l/vaca/día en el tratamiento tres. Las características organolépticas y la cuantificación de la grasa en la leche, no se vieron comprometidas; sin embargo, el contenido de proteína evidencio una disminución progresiva, siendo más bajo en el tratamiento dos (10%HA). Finalmente, la rentabilidad fue aceptable para todos los tratamientos; por lo que se concluye que el uso de raciones suplementarias a base de harina de alfalfa, constituye una alternativa técnica y económicamente viable para mejorar la producción de leche.

**Palabras clave:** Harina de Alfalfa, raciones, composición bromatológica, características organolépticas.

## SUMMARY

This research work was carried out in the Fifth Experimental "Punzara" of the National University of Loja, with the purpose of evaluating rations with different levels of inclusion of alfalfa meal in Holstein mestizo cows kept in pasture. Four rations with different levels of alfalfa meal were evaluated: T1: without alfalfa meal, (control); T2: with 10% alfalfa meal; T3: with 20% of alfalfa flour and T4: with 30% of alfalfa flour. Four mestizo cows of different ages were used, with an average weight of 542.2 kg and an average daily production of 7 liters, with four treatments and four periods. The variables studied were: bromatological composition of the experimental rations; food consumption, milk production, milk quality, weight change and profitability. The results show an appreciable nutritional value of the rations prepared with different inclusion levels of alfalfa meal, with average values of 60.49 for dry matter; 21.91 and 15.63 for protein and crude fiber respectively; likewise, greater consumption of food was evident in treatment three and four (20 and 30% of alfalfa meal), which generated an increase in milk production of 1 l / cow / day in treatment three. With regard to the organoleptic characteristics and the quantification of fat in milk, they were not compromised; however, the protein content evidenced a progressive decrease, being lower in the treatment two (10% HA). Finally, profitability was acceptable for all treatments; so it is concluded that the use of supplementary rations based on alfalfa flour, is a technically and economically viable alternative to improve milk production.

**Key words:** Alfalfa flour, rations, bromatological composition, organoleptic characteristic



# 1. INTRODUCCIÓN

En el Ecuador la ganadería de leche es uno de los renglones de mayor importancia del sector agropecuario la cual está identificada como extensiva, por tal razón la alimentación se basa mayoritariamente en uno o varios forrajes, los cuales no cumplen los niveles de producción y productividad (Grijalva,2008).

La nutrición y alimentación son factores importantes en la producción de ganado lechero, ya que una dieta bien balanceada y un manejo adecuado optimiza la producción de leche, la reproducción y la salud de la vaca. Una nutrición inadecuada predispone a la vaca a problemas de reproducción, y a no cubrir los requerimientos para la producción de leche. En la hoya de Loja la alimentación de las vacas en producción es deficiente especialmente en la época de verano, donde hay una marcada escasez de forrajes; requiriéndose del suministro de raciones suplementarias a base de subproductos agrícolas, que permitan suplir el déficit de nutrientes especialmente de energía y proteína.

La suplementación con raciones elaboradas como la caña, maíz, alfarina, puede constituir una buena alternativa para mejorar la alimentación de los bovinos, pudiendo corregir las dietas desbalanceadas, incrementar la eficiencia en la utilización de los pastos y mejorar los niveles de producción de leche, por otro lado, la alfarina por sus características nutritivas es un importante insumo para la elaboración de raciones suplementarias, por su buen aporte de proteína, puede contribuir a mejorar el aprovechamiento de pastos de mediana y mala calidad; así mismo, es ideal para balancear raciones de granos molidos (Fernandez, 2017).

Con estos antecedentes la presente investigación se orientó a valorar raciones suplementarias elaboradas con diferentes niveles de inclusión de harina de alfalfa, con el propósito de mejorar la calidad nutricional de las vacas en producción en la Quinta Experimental "Punzara" de la Universidad Nacional de Loja, para lo cual se plantearon los siguientes objetivos:

- Determinar el valor nutritivo de las raciones suplementarias por medio de análisis bromatológico.
- Evaluar el efecto de diferentes niveles de inclusión de alfarina en raciones suplementarias sobre la producción y calidad de la leche.
- Realizar el análisis económico del empleo de las raciones con diferentes niveles de inclusión de alfarina en la alimentación de vacas en producción.

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. FISIOLÓGÍA DIGESTIVA DE LOS BOVINOS**

Los rumiantes se caracterizan por su capacidad para alimentarse de pasto o forraje. Esta característica se basa en la posibilidad de poder degradar los hidratos de carbono estructurales del forraje, como celulosa, hemicelulosa y pectina, muy poco digestibles para las especies de estómago simple o no-rumiantes. Basada en esta diferencia fundamental, la fisiología digestiva del rumiante adquiere características particulares (Gutiérrez, 2015).

La degradación del alimento se realiza mayoritariamente por digestión fermentativa y no por acción de enzimas digestivas, y los procesos fermentativos los realizan diferentes tipos de microorganismos a los que el rumiante aloja en sus divertículos estomacales (DE). Al alimentar a los rumiantes primero se está alimentando a los microorganismos rúmiales, y que para su buen desarrollo tiene que haber un medio ruminal favorable. De esta forma hay una simbiosis entre las bacterias y el animal. Esta digestión fermentativa, si bien favorece al rumiante al permitirle degradar hidratos de carbono estructurales, también afecta la digestión de todos los demás componentes de la dieta, expuestos a los mismos procesos fermentativos, sin que esto represente siempre una ventaja desde el punto de vista del mejor aprovechamiento del alimento (Relling, 2003).

#### **2.1.1. Ecosistema Rumiar**

La mayoría de los microorganismos que se encuentran en el retículo rumen son anaerobios estrictos, aunque existen algunos facultativos. Estos microorganismos son principalmente bacterias, protozoarios, y hongos. Aparecen ubicados en tres sitios diferentes en el rumen: adheridos a la pared, asociados a partículas alimenticias, libres, flotando en el líquido ruminal (Regueiro, 2008).

Las bacterias representan la fracción de la población ruminal imprescindibles para la vida del rumiante. Es importante señalar que los procesos digestivos de fermentación microbiana no ocurren en el rumiante desde su nacimiento. En terneros recién nacidos

las dimensiones de los pre-estómagos en su conjunto (aprox. 40%) no llegan a superar a las del abomaso, la población de microorganismos fermentativos es casi nula y el desarrollo de las papilas retículo-ruminales y las láminas omasales es muy rudimentario. Esto es debido a una falta de desarrollo de los preestómagos en el recién nacido, quien es considerado un no-rumiante mientras sea lactante. La leche pasa directamente desde el esófago hacia el canal omasal gracias a una estructura funcional ubicada en la pared del retículo: la gotera esofágica o surco reticular. El neonato adquiere la flora por el contacto directo con otros bovinos o bien por contacto indirecto a través de elementos contaminados como forrajes o agua de bebida. Si bien existe una amplia variedad de bacterias y alternativas para clasificarlas, resulta útil agruparlas en base a los sustratos que emplean y a los productos finales de su fermentación (Ortiz, 2008).

Cada mililitro de contenido ruminal alberga alrededor de 10 000 a 50 000 millones de bacterias, siendo estos los microorganismos más abundantes. Esta concentración varía en relación directa con el contenido energético de la dieta. Otro factor que afecta el desarrollo bacteriano es el pH ruminal. Dentro del rango fisiológico, por ejemplo, la flora celulolítica desarrolla mejor en el extremo menos ácido (6,0 a 6,9) mientras que a la flora amilolítica le es favorable el extremo más ácido (5,5 a 6,0). La importancia nutricional de las bacterias radica en que son responsables de la mayor parte de la actividad celulolítica del rumen, y son capaces de sintetizar sus proteínas a partir de compuestos nitrogenados no proteicos, especialmente amoníaco (Díaz, 2015).

Los protozoos representan la microfauna ruminal, se desarrollan preferentemente a pH superior a 6 y a pesar de estar normalmente presentes no son imprescindibles para la función ruminal ni para la supervivencia del animal. Normalmente son adquiridos por el ternero por contacto directo con otros rumiantes. Desde el punto de vista metabólico los protozoarios se diferencian de las bacterias por poseer una menor capacidad celulolítica (5 al 20 % del total) y además son incapaces de sintetizar proteínas a partir de NNP (McDonald *et al.*, 2011).

Con respecto al metabolismo proteico favorecen al rumiante aumentando el valor biológico de la proteína, pero se cree que es a un elevado costo energético por la recirculación de nitrógeno. Esto es que utilizan para formar proteínas con las proteínas sintetizadas por las bacterias.

Los hongos representan alrededor del 8 % de la biomasa ruminal. Poseen una importante actividad celulolítica, en especial cuando el rumiante consume forrajes demasiado maduros o encañados. Los hongos no predominan en el rumen debido a su baja tasa de multiplicación en comparación con las bacterias, algunas de las cuales reprimen su crecimiento, como el *Ruminococcus* spp (Relling, 2003).

### **2.1.2. Regulación del pH**

El pH ruminal ideal para la actividad y multiplicación de microorganismos es de 6,2 a 7,0, en este rango se favorecen los procesos de fermentación de los alimentos, incluyendo la máxima fermentación de los componentes fibrosos del forraje. El pH ruminal varía principalmente según el tipo de alimento, la forma y frecuencia como es ofrecido; las raciones altas en carbohidratos no estructurales disminuyen el pH, mientras que las dietas ricas en carbohidratos estructurales, tienden a regularlo en su límite superior (Guevara, 2012).

Así, una ración rica en almidón es fermentada por una flora amilolítica que desarrolla mejor a un pH de 5,5 a 6,0 mientras que una ración compuesta por forraje con alto contenido de H<sub>2</sub>O<sub>C</sub> estructurales (celulosa, hemicelulosa y pectinas) será fermentada por una flora celulolítica que desarrolla mejor a pH de 6 a 6,9. Para poder adecuar el pH del rumen a la dieta, el rumiante pone en juego cuatro factores de modifican el pH ruminal.

Estos factores son:

#### **2.1.2.1. Saliva**

La saliva de los rumiantes difiere mucho de la saliva de los otros animales. Es francamente alcalina saliva (pH 8.2 a 8.4) y en bovinos de alto consumo la secreción puede superar los 100 litros diarios. Esto implica que por día llega aproximadamente 1 a 2 kg de bicarbonato y 250 g de fosfato al rumen (Guevara, 2012).

#### **2.1.2.2. Rumia**

La rumia es un importante factor en el mantenimiento del pH, ya que con la misma aumenta la rumia producción de saliva y por ende la llegada de tampones al rumen. En animales alimentados en base de forraje el pH ruminal tenderá a aproximarse a 7. Esto está dado por la combinación de la forma física y química del alimento. Tiene una estructura física por la fibra que induce una buena rumia y llegada de saliva al rumen. Químicamente está principalmente compuesto por la celulosa que se fermenta lentamente y por lo tanto libera a los AGV también lentamente. La alimentación en base a granos o concentrados tendrá el efecto opuesto al forraje. Su forma física no induce una buena rumia y su forma química permite una rápida fermentación y una acumulación de AGV que baja fuertemente el pH. Cabe aclarar que los concentrados no se encuentran en la naturaleza de la manera en que lo utiliza el hombre para alimentar a sus vacas. Se puede alimentar a las vacas con concentrados, pero se debe hacer con un estricto control, ya que un exceso de granos en la dieta puede llevar a un descenso del pH ruminal que no es compatible con la salud e inclusive con la vida del animal (Reyes, 2010).

#### **2.1.2.3. Producción de AGV**

Por su carácter ácido cuanto mayor es la producción de AGV más bajo es el pH ruminal resultante. La producción de AGV es especialmente alta con dietas ricas en concentrados energéticos, como los granos, y menor en aquellas ricas en forrajes maduros (Relling, 2003).

#### **2.1.2.4. Absorción de AGV**

Los AGV producidos en el retículo-rumen tienen la particularidad de poder ser absorbidos por las paredes del mismo. La mayor parte de los AGV se absorben en rumen, retículo y omaso, y sólo una pequeña parte atraviesa el abomaso y es absorbida en el intestino delgado (5%). Los AGV difunden pasivamente hacia el interior del epitelio ruminal, tanto en estado ionizado como no ionizado. Sin embargo, para pasar del epitelio ruminal a la sangre los AGV deben estar en su forma no ionizada. La mayor parte de los AGV en el rumen se encuentran en forma ionizada, o no ionizada sea, disociada, debido al pH del medio ruminal. En un ácido débil, como los AGV, los hidrogeniones pueden disociarse dependiendo del pH del medio en el que se encuentra el ácido. La cantidad de ácido débil que se encuentra disociada a un pH determinado depende el punto isoeléctrico (o pK) de ese ácido. Cuando el pH del medio es igual al pK del ácido débil, la mitad del ácido se encuentra disociada. El pK de los AGV ( $\pm 4.8$ ) es muy inferior al pH normal del rumen y, por lo tanto, la mayor proporción de AGV se encuentra en forma disociada. Esto tiene un efecto directo sobre la velocidad de absorción de los AGV: el estado disociado enlentece la absorción ya que en el epitelio ruminal estos AGV disociados tienen que asociarse con un hidrogenión primero para poder pasar a la sangre (Yemen, 2010).

El hidrogenión necesario para que el AGV se asocie en el epitelio ruminal proviene de la disociación del ácido carbónico. El ácido carbónico en el epitelio ruminal se forma a partir del dióxido de carbono y agua. El dióxido de carbono puede provenir tanto del rumen como de la sangre, ya que atraviesa pasivamente las membranas celulares. De la disociación del ácido carbónico se obtiene un hidrogenión para la asociación de los AGV, y lo que queda es una molécula de bicarbonato. Este bicarbonato es secretado hacia el rumen donde actúa como tampón. De aquí que tenemos el doble efecto de la absorción de los AGV sobre el pH ruminal. Gran parte del butirato que es absorbido por la pared del rumen se utiliza directamente como fuente de energía para el órgano. Lo que no es utilizado es metabolizado a  $\beta$ -hidroxi-butirato (Ortiz, 2008).

## **2.2. DIGESTIÓN DE LOS NUTRIENTES**

### **2.2.1. Digestión de los Hidratos de Carbono**

Los carbohidratos, son la mayor fuente de energía de la dieta alimenticia del ganado lechero. Su principal función es abastecer de energía a los microorganismos del rumen y también al animal. Un segundo objetivo, tiene que ver con la funcionalidad del tracto digestivo. Los carbohidratos fibrosos son necesarios para:

- Estimular la rumia para mejorar la fermentación.
- Aumentar el flujo de saliva hacia el rumen.
- Estimular las contracciones ruminales.

La digestión fermentativa, ocurre en un sistema anaeróbico, dando lugar a la formación de productos finales, tales como los ácidos grasos volátiles (AGV) acético, propiónico y butírico. Parte de éstos, son utilizados por los microorganismos para la formación de aminoácidos y ácidos grasos, los cuales serán incorporados a su propio metabolismo (Zabaleta, 2009).

La mayor parte de los AGV pasan a la porción líquida del contenido ruminal, de donde se difunden a través de la mucosa del rumen y retículo; el resto se absorbe en el omaso, para posteriormente pasar a la circulación sanguínea. Según sea la dieta, se puede modificar el patrón de fermentación: en dietas basadas en forrajes, predominan el acetato (65%), respecto de propionato (25%) y butirato (10%); en cambio cuando la dieta es alta en granos o concentrados, la proporción será de acetato (45%), propionato (40%) y butirato (15%). Esto último influye en la disminución de la población de microbios celulolíticos, afectando el grado de digestión de la fracción fibrosa del alimento. Los otros carbohidratos que escapan a la fermentación ruminal, pasan al intestino delgado donde ocurre la digestión enzimática (INIA, 2004).

La degradación de los carbohidratos estructurales sigue los siguientes pasos:



- Los microorganismos celulolíticos se adhieren a la superficie de los trozos de fibra vegetal, cortada por efecto de la masticación, mezclado y rumia con el fin de exponer la pared celular. Si bien el ataque bacteriano puede realizarse sobre la superficie de la hoja, esta, está recubierta por ceras que perjudican la adhesión celular y en este caso las bacterias inician su acción sobre las estomas foliares libres de ceras, de cualquier modo, la degradación sería muy lenta si no mediase la ruptura del forraje.
- Los microorganismos liberan en el medio ruminal celulasas que realizan la digestión extracelular de la celulosa produciendo residuos pequeños, especialmente celobiosa (disacárido). El efecto de las celulasas sobre la superficie de la fibra vegetal se observa como canales, visibles al microscopio, denominados “figuras de corrosión”.
- La celobiosa es incorporada a la bacteria y atacada por la celobiasa, que la desdoblará en dos glucosas.
- La glucosa es utilizada por el microorganismo para obtener energía vía glucolítica y producir AGV como producto final, principalmente acetato, que es eliminado del soma bacteriano.
- La celulosa representa del 10 al 30% de la materia seca del forraje y su digestibilidad varía entre el 50 y el 75%. La hemicelulosa se encuentra en una concentración algo menor (10-25% de la materia seca) y su digestibilidad varía entre el 35 y el 80 %. Las variaciones en la digestibilidad de ambas están provocadas fundamentalmente por la concentración de lignina en el forraje.

Estructuralmente la lignina no es un carbohidrato, sino un polímero de unidades fenil propano de estructura muy compleja y de elevado peso molecular. Representa menos del 3 % de la materia seca en forrajes tiernos y aumenta con el ciclo vegetativo hasta concentraciones superiores al 15 %. Como no es digestible ni por las enzimas digestivas del animal ni por las microbianas del rumen, carece de valor nutricional y además bloquea el acceso de los microorganismos a los carbohidratos de la pared.

La digestión ruminal de las pectinas es muy diferente de los otros carbohidratos estructurales. Si bien forman parte de la pared celular son cuantitativamente importantes en los forrajes tiernos, en los cuales la pared celular poco desarrollada facilita su

disponibilidad a nivel ruminal. Además, las pectinas son ricas en ácido galacturónico, que al poseer carga les otorgan una solubilidad que las hace casi completamente digestibles. Por esta razón las pruebas más comunes de valoración de los alimentos incluyen las pectinas en el mismo grupo que los azúcares, como carbohidratos solubles (FEDNA, 2009).

Los carbohidratos simples o azúcares se encuentran generalmente en concentraciones menores al 10 %, salvo en los pastos tiernos de primavera, durante el rebrote del forraje, cuando alcanzan hasta el 20 % de la materia seca. Se encuentran dentro de las células vegetales y se solubilizan rápidamente en el líquido ruminal, por lo cual su degradación en el rumen es completa y tan rápida que cuesta encontrarlos.

La intensidad con que los carbohidratos se digieren en el rumen depende fundamentalmente de la facilidad con que los microorganismos puedan tomar contacto y captarlo, por lo cual depende especialmente de su solubilidad en el líquido ruminal (Lier, 2008).

### **2.2.2. Digestión de las Proteínas**

La proteína es particularmente vulnerable a la fermentación ruminal. Los microorganismos del rumen son capaces de sintetizar todos los aminoácidos, incluyendo los esenciales para el hospedero. Por lo tanto, los rumiantes son casi totalmente independientes de la calidad de las proteínas ingeridas. Además, los microorganismos pueden utilizar fuentes de nitrógeno no proteico (NNP), como sustrato para la síntesis de aminoácidos (Franciscos, 2007).

El amoníaco en exceso liberado en el rumen, es absorbido por la sangre y es conducido al hígado en donde se forma urea, la cual se puede reciclar en la saliva o eliminarse a través de la orina. En el rumen, cierta cantidad de proteína del alimento, puede escapar a la digestión ruminal y pasar al intestino sin modificarse; a ésta se le denomina proteína no degradada. La proteína microbiana, representada por los cuerpos celulares de los microorganismos, junto con las proteínas de la ración que no fueron modificadas por los

microorganismos a través del omaso y abomaso, se dirigen hacia el intestino donde son digeridas por acción de varias enzimas, proteolíticas, pancreáticas (tripsina, quimotripsina y carboxipeptidasa), luego los oligopéptidos son degradados por las oligopeptidasas de la membrana apical de los enterocitos liberando aminoácidos di y tripéptidos que finalmente son absorbidos (Hernández, 2010).

El crecimiento microbiano depende del aporte de nutrientes y de la velocidad a la cual los microorganismos del rumen se recambian. Las proteínas, el nitrógeno no proteico (NNP) y los carbohidratos, son utilizados para la producción ruminal de microbios, AGV, amoníaco, metano y dióxido de carbono (Hernández, 2010).

### **2.3. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DE LOS BOVINOS DE LECHE**

La alimentación de ganado vacuno lechero, tiene gran importancia ya que puede llegar a representar hasta el 50% de los costos de producción. Los requerimientos nutricionales varían de acuerdo a la raza, edad, peso vivo, producción y calidad de la leche, estado fisiológico, condiciones de manejo y ambiente; por lo que la alimentación de las vacas en producción debe ser individualmente ajustada.

El pastoreo por sí solo no cubre las necesidades del ganado lechero para mantener una producción de leche en forma rentable. La aplicación de una suplementación sustentable y sostenible en ganado lechero para regiones donde se utilice el potrero es impostergable. Regiones donde el pastoreo se puede realizar durante los 365 días del año. La vaca lechera, como un animal rumiante, tiene la capacidad de digerir alimentos con altas cantidades de fibra como la celulosa, alimentos que normalmente no están disponibles para el animal monogástrico (González y Ponce, 2003).

#### **2.3.1.1. Energía**

La energía es proporcionada por nutrientes como carbohidratos proteínas grasas etc. Durante el proceso digestivo se pierde energía, ya que una fracción de ésta, se utiliza para generar productos de desecho, como: gas metano, orina y calor, quedando la fracción metabolizable de la energía (EM), por lo tanto, la energía que se conserva

disponible para el animal después de las pérdidas es la denominada energía neta (EN), la cual se utilizará para el mantenimiento corporal (incremento calórico) producción de leche, aumento de peso y preñez principalmente (Gasque, 2008).

La energía necesaria para mantener el metabolismo y los procesos vitales de las vacas lecheras, representa uno de los mayores costos del sistema lechero. Es necesario considerar un aumento de los requerimientos, por el ejercicio de las vacas que pastorean y según la distancia del sector de pastoreo. Se estima que, en praderas de buena calidad, se debe aumentar en 10% el requerimiento de mantención. También hay que tomar en cuenta que, en vacas de primera lactancia con parto a 24 meses de edad, deben ser aumentados los requerimientos de mantención. Asimismo, esto es válido para los requerimientos de proteína y minerales. La razón principal, además de la producción, es permitir un crecimiento normal hasta lograr su tamaño adulto. Además de los requerimientos de mantención, la vaca requiere cubrir las necesidades de energía, según su nivel de producción de leche y contenido graso, estando directamente relacionado con su capacidad de consumo y calidad de la dieta alimenticia. Al inicio de lactancia, regularmente, existe un problema de desbalance energético por el insuficiente consumo que tienen las vacas. Esto en parte se soluciona recurriendo la vaca a sus reservas corporales, con la consiguiente pérdida de peso. Posteriormente, el balance energético se hace positivo, recuperando la condición corporal y depositando nuevas reservas. Sólo cercano al parto, se produce nuevamente un déficit de energía por la menor capacidad de consumo (Gasque, 2008).

#### **2.3.1.2. Proteína**

Los requerimientos de proteína en vacas lecheras, son cubiertos sólo en un 20-30% por proteína alimentaria (no degradada en el rumen). El resto, es degradada por la flora ruminal y utilizada desde la forma de amoníaco, para síntesis de proteína microbiana disponible para el animal. La síntesis de proteína microbiana, depende primariamente del aporte nitrogenado de la ración y luego, del suministro oportuno de energía que requieren los microorganismos del rumen. En la medida que aumenta el nivel productivo de las

vacas, aumenta el requerimiento de proteína no degradable, ampliándose de esta forma la relación proteína-energía. El elevado aporte de proteína bacteriana al total de requerimientos y un déficit relativo de energía, limita la síntesis proteica bacteriana produciéndose con ello un exceso de amoníaco en el rumen que se absorbe, provocando problemas de salud y fertilidad; además, esto afecta la producción de leche y su contenido de sólidos totales. Las necesidades de proteína para los bovinos se expresan en proteína digestible (PD), las vacas lecheras necesitan aproximadamente 70 a 100 gramos de proteínas digestibles por cada kilogramo de materia seca que consumen. Como se señaló anteriormente y sobretodo en vacas de alta producción, el déficit energético al inicio de la lactancia, afecta también la producción de proteína microbiana. Esto hace necesario un aumento de la concentración proteica en este período de lactancia (Lanuza, 2008).

#### **2.3.1.3. Lípidos**

Los lípidos son parte importante de la ración de una vaca lechera porque contribuyen directamente a casi 50% de la grasa en la leche y son la fuente más concentrada de energía en los alimentos. Solo pequeñas cantidades de lípidos se encuentran en forrajes y semillas, sin embargo, algunas plantas (algodón, soya) tienen semillas llamadas "oleaginosas" que acumulan más de 20% de lípidos. Típicamente los lípidos son extraídos de las semillas oleaginosas, pero pueden ser incorporadas en forma entera en las dietas de las vacas lecheras.

Los lípidos rinden 2.23 veces más energía que los carbohidratos. Sin embargo, la mayor parte de energía en forrajes y muchos concentrados viene principalmente de los carbohidratos. Los alimentos para las vacas normalmente tienen menos de 5% de lípidos, pero 50-80% de carbohidratos (Yemen, 2010).

#### **2.3.1.4. Carbohidratos**

Los carbohidratos contenidos en el alimento, tales como almidones, azúcares y pectinas, son los mayores proveedores de energía, seguidos de la hemicelulosa y la celulosa digestible. Los carbohidratos forman el 75% de la materia seca de los forrajes, esto

incluye a los carbohidratos solubles y los carbohidratos de la fibra. Los carbohidratos son la fuente más importante de energía y de los principales precursores de grasa y azúcar (lactosa) en la leche de la vaca. Los microorganismos en el rumen permiten la vaca obtener energía de los carbohidratos fibrosos (celulosa y hemicelulosa) que son ligados a la lignina en las paredes de las células de plantas. El equilibrio entre carbohidratos fibrosos y no-fibrosos es importante en alimentar las vacas lecheras para la producción eficiente de leche (Lanuza, 2008).

#### **2.3.1.5. Minerales**

Estos elementos inorgánicos son esenciales para el funcionamiento del organismo en sus distintos estados fisiológicos. Se clasifican en macro minerales y minerales traza, según sean las cantidades involucradas en los procesos. Elementos que tienen que ver con la formación de tejidos son el Calcio, Fósforo y Manganeso, principalmente. En procesos de transmisión nerviosa y contracción muscular, son importantes el Calcio, Fósforo, Sodio y Potasio. Para el equilibrio ácido-base, juegan un rol esencial el Fósforo, Sodio, Potasio y Cloro. En el metabolismo energético, el Fósforo, Sodio, Cobalto y Yodo. En diferentes reacciones enzimáticas, el Magnesio, Cobre, Hierro, Molibdeno, Zinc, Manganeso y Selenio. Azufre, para la síntesis de proteína microbiana (NRC, 2001).

Los minerales deben satisfacer las exigencias básicas de cada bovino, sin embargo, una suplementación superior puede causar un desbalance de otro elemento debido a interacciones metabólicas o por simple competencia de agentes transportadores. Por su relación con el ámbito reproductivo las relaciones calcio-fósforo son las más estudiadas, no obstante, en vacas lecheras estudios demuestran que la relación dietética de Ca-P ideal para el crecimiento y la formación ósea, está entre 1:1 y 2:1; con cantidades excesivas de Ca o P en la dieta, la disponibilidad de ciertos microelementos puede disminuir. Los signos clínicos de éstas deficiencias no se pueden distinguir fácilmente. El caso más común de deficiencia de Ca es la hipocalcemia que es una enfermedad típica de las vacas lecheras de alta producción, es de curso agudo y se presenta durante 27 los tres primeros días después del parto, como su nombre lo indica, está relacionado con

la disminución del calcio plasmático debido a la alta demanda de este macro mineral que tiene lugar al final de la gestación, durante el desarrollo del ternero en conjunto con la producción de calostro y leche (NRC, 2001).

#### **2.3.1.6. Vitaminas**

Son sustancias que en muy pequeñas cantidades intervienen en las funciones vitales y productivas. En el rumiante, los microorganismos del rumen sintetizan todas las vitaminas hidrosolubles del grupo B y la vitamina K. También la vitamina C se sintetiza en las células de los tejidos. Aquellas liposolubles como la A1, D3 y E, deben ser suplementados según sea la dieta alimenticia (INIA, 2004).

**Vitamina A:** Esta vitamina es necesaria para la visión, regeneración de los epitelios para el crecimiento, desarrollo, reproducción y para el sistema inmune. Los betacarotenos de los forrajes son los precursores de la Vitamina A.

**Vitamina D:** Es una prohormona necesaria para la regulación del metabolismo del calcio y fósforo.

**Vitamina E:** Esta vitamina corresponde a un conjunto de compuestos liposolubles, con una potente acción antioxidante en asociación con el Selenio. Es importante en la respuesta inmunitaria (disminuye incidencia y gravedad de las mastitis).

**Vitamina K:** tiene efecto antihemorrágico. Es sintetizada por los microorganismos del rumen y varios de sus precursores se encuentran en las plantas.

**Vitamina C (ácido ascórbico):** Esta es una vitamina hidrosoluble, que se produce dentro de la célula de los rumiantes adultos. Los terneros no pueden sintetizarla hasta las 3 semanas de edad. Es un potente antioxidante y participa en la regulación de la síntesis de esteroides (INIA, 2004).

## **2.4. SUPLEMENTACIÓN ALIMENTICIA**

La suplementación permite corregir dietas desbalanceadas, aumentar la eficiencia de conversión de las pasturas, es una herramienta para aumentar la capacidad de carga de los sistemas productivos, incrementando la eficiencia de utilización de las pasturas en sus picos de producción y aumentando el nivel de producción por unidad de superficie (kg/ha/año) (Leng, 1983).

Las vacas lecheras de alto potencial para producción lechera también tienen altos requerimientos para energía y proteína. Considerando que las vacas pueden comer solo cierta cantidad cada día, los forrajes solos no pueden suministrar la cantidad requerida de energía y proteína. El propósito de agregar concentrados a la ración de la vaca lechera es de proveer una fuente de energía y proteína para suplementar los forrajes y cumplir con los requisitos del animal. Así los concentrados son alimentos importantes que permiten formular dietas que maximizan la producción lechera. Generalmente, la máxima cantidad de concentrados que una vaca puede recibir cada día no debe sobre pasar 12 a 14 kg (Fuentes, 2015).

### **2.4.1 Suplementación Proteínica**

Las praderas de alta calidad son ricas en proteína degradable en el rumen (PDR), por lo que existirían beneficios al suplementar con proteína no degradable a nivel ruminal. Suministrar 250 a 450 g/vaca/d de PNDR es probablemente benéfico cuando las vacas están produciendo más de 35 kg de leche diarios. Asimismo, para asegurar una buena producción láctea se recomienda concentrados que contengan PNDR para complementar dietas basadas en praderas, lo que podría disminuir sustancialmente las pérdidas, la harina de pescado y el afrecho de soya, incrementan los sólidos lácteos en verano y otoño (Muller *et al.*, 2003).

### **2.4.2. Suplementación Energética**

La energía es esencial para el crecimiento, para el movimiento y, en el caso de las vacas lecheras, para la producción de la leche, es el elemento cuya deficiencia es más frecuente



en las raciones del ganado lechero. La posibilidad de utilizar suplementos que no produzcan una sobrecarga ruminal y que contengan niveles altos de carbohidratos digeribles o proteína es, al parecer, un concepto nuevo. Estos suplementos saldrían del rumen rápidamente y tendrían poco efecto sobre la distensión ruminal.

Estudios realizados, mostraron que gran parte del almidón de la pulidura de arroz, suministrada a novillos consumiendo una dieta basándose en caña de azúcar, salió del rumen rápidamente sin sufrir modificaciones, produciéndose por consiguiente un incremento en el consumo alimenticio. Los puntos más importantes a considerar para la suplementación en producción de leche serían: Una fuente de proteína sobrepasante, por sus efectos de aumentar el consumo, usar una fuente de almidón sobrepasante del rumen que produzca niveles altos de propionatos (Villaseca, 2013).

## **2.5. INSUMOS UTILIZADOS**

### **2.5.1. Harina de Alfalfa (Alfarina)**

La harina de alfalfa es una materia prima proveniente de la alfalfa (*Medicago sativa*) es un forraje rico en nutrientes para la alimentación animal. La harina de alfalfa requiere un proceso de henificación o secado natural que precisa de un cierto tiempo para reducir su contenido en humedad. Después de garantizado el secado, se pasa por un molino para facilitar la inclusión en alimentos balanceados (Clavijo, 2011).

#### **2.5.1.1. Obtención de la harina de alfalfa**

Para obtener la harina se realiza la cosecha de la alfalfa a los treinta días del corte inmediato anterior, antes de la floración, cuando la madurez de la alfalfa está en su punto óptimo, para obtener la mayor producción de nutrientes. Dependiendo de la radiación solar, los cortes se realizan después de que la alfalfa tira el rocío, se deja al sol ocho horas y se recoge para su traslado a la planta. Se muele la alfalfa del día para evitar deterioro del producto. Dependiendo la humedad que contenga, se regula el calor para

su deshidratación, conservando así su color y concentrar los nutrientes (Llumiyinga, 2007).

### 2.5.1.2. Valor nutritivo de la harina de alfalfa

La harina de alfalfa mejora la calidad del heno y de las raciones de escasa proteína. Así mismo, es ideal para balancear raciones de granos molidos. Su valor alimenticio para vacunos es:

- Entre 1,4 a 2 veces mayor que los ensilados.
- Entre 0,2 a 0,5 veces mayor que los henos.
- Entre 1 a 1,5 veces mayor que las chalas.
- Entre 1,7 a 2 veces mayor que los tallos verdes de las pasturas.
- Entre 0,5 a 1 vez mayor que las pajas.
- Entre 0,5 a 1 vez mayor que las cáscaras de cereales y semillas oleaginosas.

**Cuadro 1.** Composición nutricional de la harina de alfalfa.

<b>Nutrientes</b>	<b>Cantidad</b>
Materia seca (%)	92,00
Nutrientes Digeribles Totales (%)	56,00
Energía digestible (Mcal/kg)	2,47
Energía metabolizable (Mcal/kg)	2,08
Proteína cruda (%)	17,50
Extracto etéreo (%)	2,70
Fibra cruda (%)	24,00
Calcio (%)	1,35
Fósforo (%)	0,22

**Fuente:** Pérez, (2015)

### **2.5.2. Caña**

La caña de azúcar es un forraje rico en carbohidratos y en fibra con el 48%, pero pobre en proteínas (1,9% a 3%) y minerales, con una digestibilidad variable de (50 a 65%). El elevado contenido de azúcar y reducido contenido de almidón limita la digestibilidad de fibra, por lo que no se recomienda utilizar grandes cantidades de caña en la dieta de animales. La caña de azúcar contiene gran cantidad de azúcares solubles, por lo que son rápidamente utilizados por el animal, sin embargo, como se utilizan a través de la flora presente en el rumen o panza se requiere presencia de nitrógeno, almidón y algunos minerales, en especial, azufre (Inifap, 2015).

### **2.5.3. Maíz**

El grano de maíz (*Zea mays*) es uno de los principales ingredientes de los piensos compuestos, siendo particularmente apreciado por su alto valor energético, palatabilidad, escasa variabilidad de su composición química y bajo contenido en factores anti nutritivos. Existen diferentes tipos de grano: dentado, flint (duro), harinoso, dulce, pop y ornamental (pod), de los cuales el más utilizado en alimentación animal es el primero. Es el cereal más usado en la alimentación animal, por su bajo costo y alto valor energético. Contiene 7.4% de proteína. Se utiliza en todas las especies animales, como principal fuente de energía (Inifap, 2015).

### **2.5.4. Soya**

El uso de la soya por su alto contenido de grasas (18 a 20%) y proteínas (37 a 38%), el fríjol soya se presenta como una valiosa materia prima para su utilización en la industria destacándose la extracción de aceites y la formulación de alimentos balanceados para animales. Con este recurso es posible satisfacer las necesidades nutricionales de rumiantes y cerdos, que exigen raciones de alta calidad nutricional y sanitaria, así como de una elevada densidad energética y proteica (Inifap, 2015).

## **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **3.1. MATERIALES**

#### **3.1.1. Materiales de Campo**

- Cuatro vacas en producción
- Instalaciones (corrales)
- Picadora de pasto
- Báscula
- Equipo para análisis de leche (Lactoscan)
- Cámara fotográfica
- Herramientas
- Balanza digital
- Caña de azúcar
- Maíz
- Soya
- Sales minerales
- Alfarina
- Indumentaria
- Materiales de limpieza
- Libreta de campo

#### **3.1.2. Materiales de Oficina**

- Computadora
- Impresora
- Material de escritorio

## **3.2. MÉTODOS**

### **3.2.1. Ubicación**

El presente proyecto se ejecutó en la finca experimental “Punzara” de la Universidad Nacional de Loja, ubicada al sur occidente de la ciudad de Loja. La cual posee las siguientes características climatológicas:

- Altitud: 2150 msnm
- Humedad relativa 75 %
- Temperatura promedio anual: 16,5°C
- Precipitación 750 mm
- Formación ecológica: bosque seco Montano Bajo (bs-MB), (Paladines, 2013).

### **3.2.2. Descripción y Adecuación de las Instalaciones**

Se trabajó en un área de pastoreo de (1 Ha), donde los animales permanecieron la mayor parte del día. Se dispuso de instalaciones para las labores de ordeño, control sanitario y suministro de la ración suplementaria. Previo al inicio del experimento se procedió a realizar la limpieza y desinfección de los comederos y bebederos para prevenir gérmenes patógenos.

### **3.2.3. Descripción e Identificación de las Unidades Experimentales**

Se utilizaron cuatro vacas Holstein con un peso promedio de 545 kg y una producción media diaria de 7 litros, cada animal constituyó una unidad experimental.

### **3.2.4. Formulación y Elaboración de las Raciones Experimentales**

Mediante el método del tanteo se formularon las cuatro raciones experimentales. De acuerdo a las formulas se procedió a pesar y mezclar los ingredientes para elaborar las raciones. Las cuatro raciones quedaron formuladas de la siguiente manera:

**Cuadro 2.** Raciones suplementarias con diferentes niveles de inclusión de harina de alfalfa.

<b>Insumos</b>	<b>Ración 1</b>	<b>Ración 2</b>	<b>Ración 3</b>	<b>Ración 4</b>
Caña picada	50,0	50,0	50,0	50,0
Maíz molido	28,5	21,0	13,5	6,0
Harina de soya	21,0	18,5	16,0	13,5
Alfarina	0,0	10,0	20,0	30,0
Sales minerales	0,5	0,5	0,5	0,5
<b>TOTAL</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>

### **3.2.5. Descripción de los Tratamientos**

Se evaluaron cuatro raciones experimentales, de la siguiente manera:

#### **3.2.5.1. Tratamiento uno**

Consistió en el suministro de 2 Kg de la ración suplementaria uno, sin inclusión de alfarina, la cual sirvió como testigo. Durante 10 días de adaptación y 5 días de evaluación.

#### **3.2.5.2. Tratamiento dos**

Consistió en el suministro de 2 kg de la ración suplementaria dos, con el 10% de alfarina. Durante 10 días de adaptación y 5 días de evaluación.

#### **3.2.5.3. Tratamiento tres**

Consistió en el suministro de 2 kg de la ración suplementaria tres, con el 20% de alfarina.

#### **3.2.5.4. Tratamiento cuatro**

Consistió en el suministro de 2 kg de la ración suplementaria cuatro, con el 30% de alfarina.

### 3.2.6. Diseño Experimental

Se utilizó el diseño de cuadrado latino 4 x 4 con cuatro tratamientos (raciones experimentales) y cuatro periodos, conforme se detalla en el siguiente esquema:

A	B	C	D
B	C	D	A
C	D	A	B
D	A	B	C

A= ración 1; B= ración 2; C= ración 3 y D= ración 4

El modelo matemático fue el siguiente:

$$X_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + \zeta_k + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

$\mu$  = Media General

$\beta_j$  = Efecto proveniente de las filas

$\zeta$  = Efecto proveniente de las columnas

$\tau_i$  = Efecto proveniente de los tratamientos

$\epsilon_{ij}$  = Error experimental

**Cuadro 3.** Esquema del experimento.

Periodos	Raciones				Duración (días)		Unidades Experim.
					Adaptación	Toma de Datos	
1	A	B	C	D	10	5	4
2	B	C	D	A	10	5	4
3	C	D	A	B	10	5	4
4	D	A	B	C	10	5	4

### 3.2.7. Variables en Estudio

- Valoración bromatológica de las raciones.
- Consumo de alimento
- Producción de leche
- Calidad de la leche
- Cambio de peso
- Rentabilidad

### 3.2.8. Toma y Registro de Datos

#### 3.2.8.1. Composición bromatológica de las raciones.

Se realizó el análisis químico proximal de las raciones experimentales en el laboratorio de Nutrición Animal del Área Agropecuaria, considerando los siguientes componentes:

- Materia Seca (MS)
- Cenizas (CZ)
- Fibra Bruta (FB)
- Proteína Bruta (PB)
- Extracto libre de nitrógeno (ELN)

#### 3.2.8.2. Consumo de alimento

El consumo del pasto se estimó considerando una ingesta diaria equivalente al 3% del peso vivo en base a materia seca y las raciones experimentales se suministraron a razón de 2 kg diarios por animal, el consumo real se determinó por la cantidad de alimento suministrado y el desperdiciado. Aplicando la siguiente formula:

$$C.a = AS - AR$$



### 3.2.8.3. Producción de leche

Una vez transcurrido el periodo de adaptación de 10 días, se registró diariamente la producción de leche de cada unidad experimental durante 5 días.

### 3.2.8.4. Calidad de la leche

Se controló diariamente las características organolépticas como: color, olor y sabor de la leche para detectar posibles alteraciones debidas al consumo de la Alfarina. Se tomaron muestras de leche al inicio y finalización de cada periodo de evaluación y con la ayuda de un Lactoscan, se realizó el análisis químico para determinar el contenido de grasa y proteína.

### 3.2.8.5. Cambio de peso

Se tomó el peso al inicio y final de cada periodo experimental con los animales en ayunas. Para calcular el cambio de peso se utilizó la siguiente fórmula:

$$\Delta P = P_F - P_I$$

### 3.2.8.6. Rentabilidad

En base a los ingresos que se obtuvieron de la venta de la leche y los costos como: alimentación, instalaciones, mano de obra, sanidad que se generaron durante la investigación, se realizó una relación entre ellos y se usó la siguiente formula.

$$R = \frac{IN}{CT} \times 100$$

R= Rentabilidad, IN= Ingreso Neto, CT= Costo Total

### 3.2.8.7. Análisis Estadístico

Con la ayuda del programa estadístico Infostat versión 2012, se realizó el análisis de varianza de las variables de consumo de alimento, producción láctea, calidad de la leche y cambio de peso; mediante diseño cuadrado latino 4 x 4 y se aplicó la prueba de Tukey para comparación de promedios.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. VALORACIÓN BROMATOLÓGICA DE LAS RACIONES

Se realizó el análisis bromatológico de las raciones experimentales, los resultados se detallan en el cuadro 4.

**Cuadro 4.** Composición química de las raciones experimentales en base a materia seca (%).

Muestra	Materia Seca	Cenizas	Proteína cruda	Fibra cruda	ELN
Ración 1 ( 0% Alfarina)	58,66	4,93	23,19	8,61	61,22
Ración 2 ( 10% Alfarina)	58,10	7,82	21,79	12,55	58,06
Ración 3 ( 20% Alfarina)	62,07%	10,11	21,46	17,85	54,34
Ración 4 ( 30% Alfarina)	63,16%	13,90	21,21	23,54	52,23

El contenido de materia seca presentó variaciones que van del 58,10% en la ración dos al 63,16% en la ración cuatro; el contenido de proteína cruda varió del 21,21% en la ración cuatro al 23,19% en la ración uno; mientras que los valores de fibra cruda oscilaron entre 8,61% y 23,54% en la ración uno y cuatro respectivamente.

### 4.2. PESOS CORPORALES

Se tomó el peso al inicio y final de cada periodo experimental con los animales en ayunas, los resultados se detallan en el cuadro 5.

**Cuadro 5.** Pesos corporales de vacas Holstein en pastoreo con cuatro raciones suplementarias a base de harina de alfalfa (kg).

N. Animal	Tratamientos			
	T1(Testigo)	T2 (10% HA)	T3 (20% HA)	T4 (30% HA)
1	524	522	515	519
2	618	627	623	625
3	527	524	532	523
4	516	513	520	524
<b>TOTAL</b>	<b>2185</b>	<b>2186</b>	<b>2190</b>	<b>2191</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>546,25<sup>a</sup></b>	<b>546,50<sup>a</sup></b>	<b>547,50<sup>a</sup></b>	<b>547,75<sup>a</sup></b>

No se detectó diferencia estadística en el peso corporal de las vacas con las cuatro raciones experimentales; sin embargo, el grupo tres presentó mayor peso corporal con 547,75 kg; mientras que las vacas suplementadas con la ración testigo, experimentó un peso de 546,25 kg.

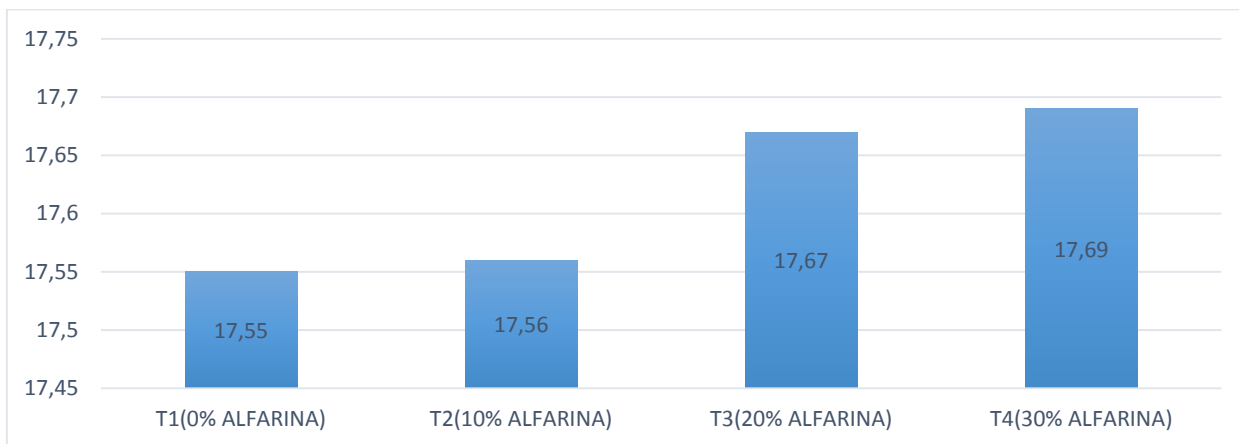
#### 4.3. CONSUMO DE ALIMENTO

El consumo del pasto (*Pennisetum clandestinum*) se estimó, considerando una ingesta diaria equivalente al 3% del peso vivo en base a materia seca; mientras que las raciones experimentales se suministraron a razón de 2 kg diarios por animal. Los resultados se presentan en el cuadro 6 y figura 1.

**Cuadro 6.** Consumo de alimento (MS) en vacas Holstein en pastoreo con cuatro raciones suplementarias a base de harina de alfalfa (kg).

N. Animal	Tratamientos			
	T1(Testigo)	T2 (10% HA)	T3 (20% HA)	T4 (30% HA)
1	16,88	16,82	16,69	16,83
2	19,70	19,97	19,93	20,01
3	16,97	16,88	17,20	16,95
4	16,64	16,55	16,84	16,98
<b>TOTAL</b>	<b>70,19</b>	<b>70,22</b>	<b>70,66</b>	<b>70,77</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>17,55<sup>b</sup></b>	<b>17,56<sup>b</sup></b>	<b>17,67<sup>a</sup></b>	<b>17,69<sup>a</sup></b>

El consumo de alimento fue estadísticamente superior ( $p \leq 0,002$ ) en los tratamientos tres y cuatro correspondientes a las raciones con el 20 y 30 % de harina de alfalfa, con un consumo diario de 17,69 y 17,67 kg, respectivamente; mientras que los tratamientos uno y dos registraron menor consumo.



**Figura 1.** Consumo de alimento (MS) en vacas Holstein en pastoreo con cuatro raciones suplementarias (kg).

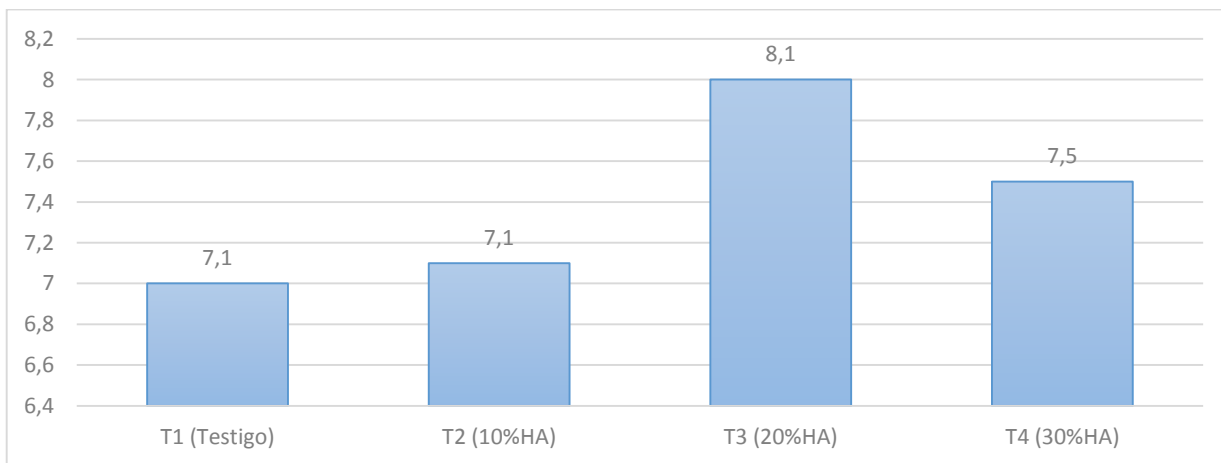
#### 4.4. PRODUCCIÓN DE LECHE

En cuanto a la producción de leche se registró la producción de cada animal durante los 5 días del periodo experimental, posteriormente se calcularon los promedios, cuyos resultados se explican en el cuadro 7 y figura 2.

**Cuadro 7.** Producción de leche en vacas Holstein en pastoreo, con raciones suplementarias a base de harina de alfalfa (l/vaca/día).

Nº. Animal	Tratamientos			
	T1 (Testigo)	T2 (10%HA)	T3 (20%HA)	T4 (30%HA)
1	7,4	7,6	8,7	7,8
2	6,8	6,8	7,9	7,4
3	7,8	7,0	7,8	7,4
4	6,4	6,9	7,9	7,2
<b>Total</b>	<b>28,4</b>	<b>28,3</b>	<b>32,3</b>	<b>29,8</b>
<b>Promedio</b>	<b>7,1<sup>a</sup></b>	<b>7,1<sup>a</sup></b>	<b>8,1<sup>b</sup></b>	<b>7,5<sup>ab</sup></b>

La producción de leche fue estadísticamente superior ( $p \leq 0,0085$ ) en el tratamiento tres (20% de harina de alfalfa) con 8,1 litros en promedio por animal al día; mientras que el grupo testigo registró una producción de 7,1 litros, evidenciando una diferencia de 1 l entre los dos grupos experimentales.



**Figura 2.** Producción de leche en vacas Holstein en pastoreo con cuatro raciones suplementarias (l/vaca/día).

## 4.5. CALIDAD DE LA LECHE

### 4.5.1. Características Organolépticas

Se analizaron las características organolépticas de la leche como: color olor y sabor, las mismas que no se vieron afectadas por el consumo de la alfarina.

### 4.5.2. Composición Química

Con la ayuda de un Lactoscan, se realizó el análisis químico para determinar el contenido de grasa y proteína.

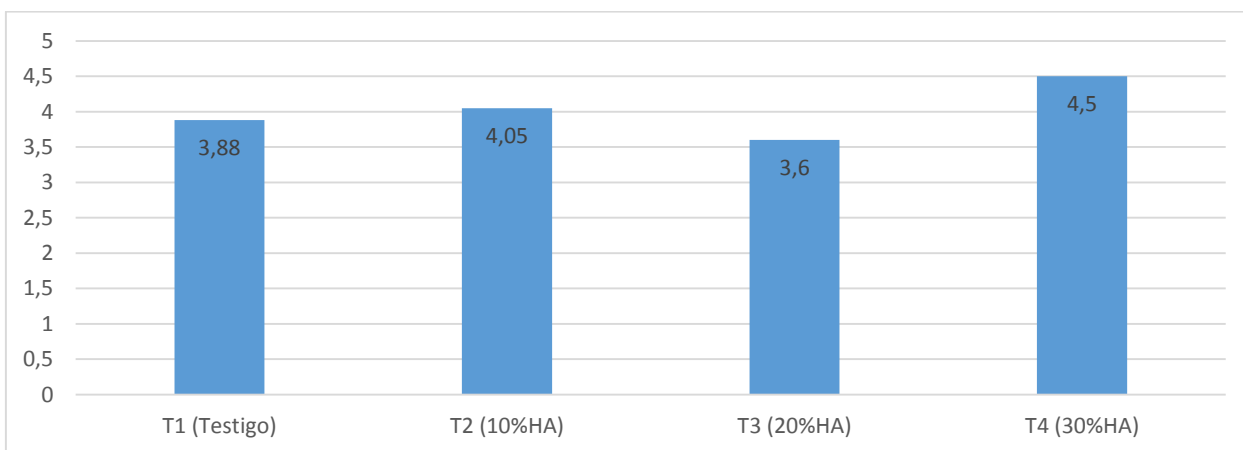
#### 4.5.2.1. Contenido de grasa

El contenido de grasa de la leche, no se vio afectado por el suministro de las raciones experimentales. Los resultados se detallan en el cuadro 8 y figura 3.

**Cuadro 8.** Contenido de grasa en la leche de vacas Holstein alimentadas con raciones suplementarias a base de harina de alfalfa (%).

Nº Animal	Tratamientos			
	T1 (Testigo)	T2 (10%HA)	T3 (20%HA)	T4 (30%HA)
1	4,73	4,55	3,79	3,26
2	2,15	3,76	2,63	3,24
3	4,29	3,89	4,42	2,04
4	4,34	4	3,54	3,67
<b>Total</b>	<b>15,51</b>	<b>16,2</b>	<b>14,38</b>	<b>10,17</b>
<b>Promedio</b>	<b>3,88<sup>a</sup></b>	<b>4,05<sup>a</sup></b>	<b>3,60<sup>a</sup></b>	<b>3,39<sup>a</sup></b>

El contenido de grasa no evidencio diferencia estadística en los cuatro grupos experimentales; sin embargo, el tratamiento dos (10% de HA) alcanzo un 4,05% de grasa.



**Figura 3.** Contenido de grasa de la leche en vacas Holstein alimentadas con cuatro raciones suplementarias a base de harina de alfalfa.

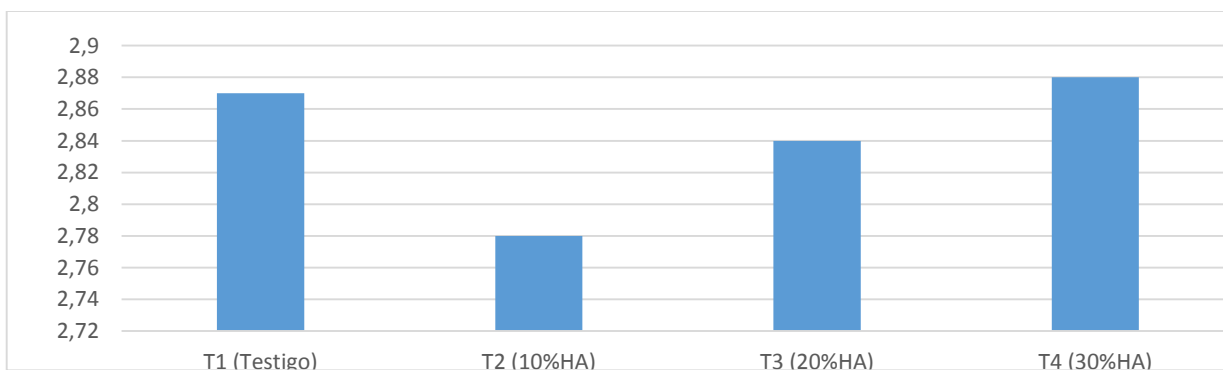
#### 4.5.2.2. Contenido de proteína

El contenido de proteína de la leche, se vio ligeramente afectada por el suministro de las raciones experimentales. Los resultados se detallan en el cuadro 9 y figura 4.

**Cuadro 9.** Contenido de proteína en la leche de vacas Holstein alimentadas con raciones suplementarias a base de harina de alfalfa (%).

Nº Animal	Tratamientos			
	T1 (Testigo)	T2 (10%HA)	T3 (20%HA)	T4 (30%HA)
1	2,81	2,74	2,81	2,81
2	2,95	2,82	2,76	2,89
3	2,98	2,82	2,94	2,96
4	2,72	2,73	2,84	2,86
<b>Total</b>	<b>11,46</b>	<b>11,11</b>	<b>11,35</b>	<b>11,52</b>
<b>Promedio</b>	<b>2,87<sup>ab</sup></b>	<b>2,78<sup>b</sup></b>	<b>2,84<sup>ab</sup></b>	<b>2,88<sup>a</sup></b>

Se detectó diferencia estadística ( $p \leq 0,04$ ) en el contenido de proteína con valores que van de 2,78 a 2,88%, resultados muy bajos con respecto a los reportados por la literatura y que podrían deberse más a errores de muestreo que a efectos de las raciones suplementarias.



**Figura 4.** Contenido de proteína de la leche en vacas Holstein con cuatro raciones suplementarias a base de harina de alfalfa (%).

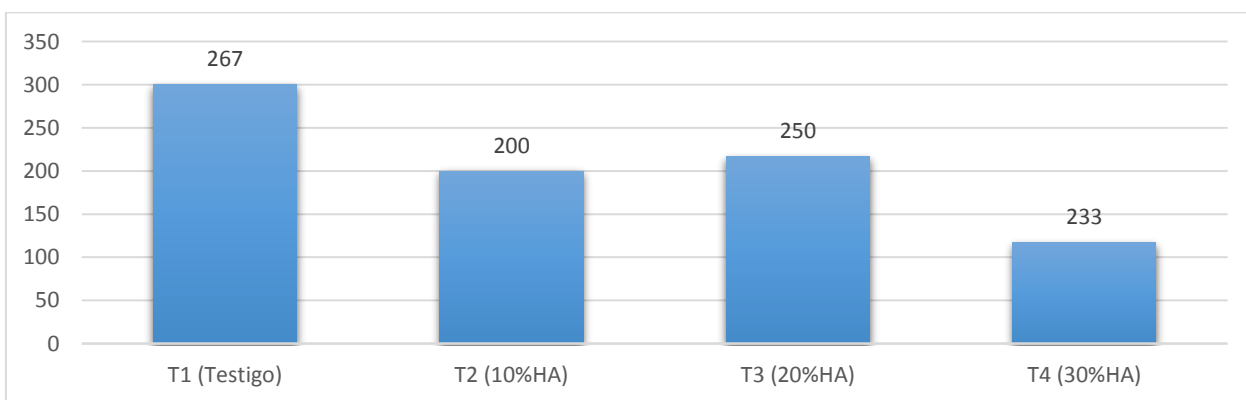
#### 4.6. CAMBIO DE PESO

Se registró el peso al inicio y final de cada periodo, con los animales en ayunas, los resultados se presentan en el cuadro 10 y figura 5.

**Cuadro 10.** Ganancia de peso en vacas Holstein con raciones suplementarias a base de harina de alfalfa (g/d).

N. Animal	Tratamientos			
	T1(Testigo)	T2 (10% HA)	T3 (20% HA)	T4 (30% HA)
1	267	267	267	267
2	333	200	267	200
3	200	133	200	200
4	267	200	267	267
<b>TOTAL</b>	<b>1067</b>	<b>800</b>	<b>1000</b>	<b>933</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>267<sup>a</sup></b>	<b>200<sup>a</sup></b>	<b>250<sup>a</sup></b>	<b>233<sup>a</sup></b>

No se detectó diferencia estadística en el cambio de peso de las vacas con las cuatro raciones experimentales; sin embargo, el grupo testigo presentó mayor ganancia diaria con 267 g/d; mientras que las vacas suplementadas con la ración tres con el 20% de harina de alfalfa, experimentó una ganancia de 250 g/d.



**Figura 5.** Ganancia de peso en vacas Holstein con raciones suplementarias a base de harina de alfalfa.



## 4.7. ANÁLISIS ECONÓMICO

Se determinó la rentabilidad, relacionando los costos e ingresos generados en cada uno de los grupos experimentales. Para los costos se consideró: la alimentación, sanidad, instalaciones, mano de obra, mientras que los ingresos se estimaron en base al precio de venta de la leche.

### 4.7.1. Costos de Producción

En los costos de producción se consideró los siguientes rubros: alimentación, sanidad, instalaciones y mano de obra.

#### 4.7.1.1. Alimentación

**4.7.1.1.1. Forraje.** - Se consideró el valor de arrendamiento del potrero de 1 ha, a razón de \$ 50 por los 60 días que duró el experimento, que dividido para las 4 vacas y los cuatro periodos de evaluación resultó un costo \$ 3,13.

**4.7.1.1.2. Ración experimental.** - Se consideró el precio por kilogramo de cada ración y la cantidad consumida por animal, de la siguiente manera:

**Cuadro 11.** Costo de las raciones experimentales.

Tratamientos	Precio/kg (\$)	Consumo/ día (kg)	N° Días	Subtotal (\$)
T1 (0%HA)	0,32	2	5	3,2
T2 (10%HA)	0,34	2	5	3,4
T3 (20%HA)	0,35	2	5	3,5
T4 (30%HA)	0,37	2	5	3,7

#### 4.7.1.2. Sanidad

Se realizó la desparasitación y vitaminización de los animales, para lo cual se utilizaron los siguientes productos: Ivermectina 1%, Amitraz 20,8%, Vitaminas AD<sub>3</sub>E, jeringas y agujas; lo que generó un costo total de \$ 20,0 que dividido para 90 días, correspondientes del protocolo contra ectoparásitos establecido y aplicado en la Quinta Experimental

Punzara, nos marca un valor de \$ 0.22, a este se los multiplica por los cinco días de experimentación de cada animal, nos produce un valor de \$ 1.11 por unidad experimental.

#### 4.7.1.3. Instalaciones

El alquiler de la picadora de pasto, se estimó en \$ 9.00 que, dividido para cuatro periodos a experimentar, arrojando \$ 2,25 para cada uno.

#### 4.7.1.4. Mano de obra

Se consideró que para las labores de: limpieza de comederos, preparación de la ración experimental, suministro del alimento, manejo de los animales y ordeño; se requirió una hora diaria de trabajo.

El costo de un jornal es de \$ 15 dólares, es decir \$ 1,87 la hora, multiplicado por 5 días que duró cada periodo, generó un costo total de \$ 9,35 que dividido para las 4 vacas resultó un costo de \$2,34 por animal.

### 4.7.2. Ingresos

#### 4.7.2.1. Venta de leche

El precio de venta de la leche se estimó en \$ 0,42 (cuarenta y dos centavos) por litro. Los ingresos generados por cada tratamiento se detallan en el cuadro 12.

**Cuadro 12.** Ingresos por concepto de venta de la producción láctea.

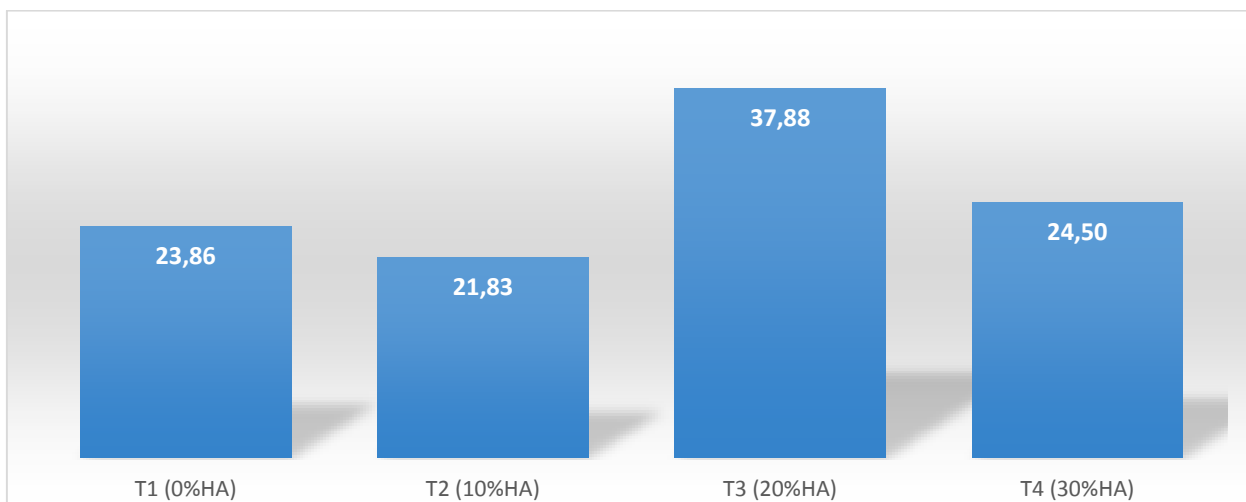
Tratamientos	Producción de leche (l/día)	Por 5 días de tratamiento (l)	Precio/litro (\$)	Total (\$)
<b>T1 (0%HA)</b>	7,1	35,00	0,42	14,9
<b>T2 (10%HA)</b>	7,1	35,40	0,42	14,9
<b>T3 (20%HA)</b>	8,1	39,75	0,42	17
<b>T4 (30%HA)</b>	7,45	37,25	0,42	15,6

Una vez estimados los costos y los ingresos de cada tratamiento se procedieron a calcular la rentabilidad y la relación beneficio/costo de cada tratamiento. Los resultados se detallan en el cuadro 13 y figura 6.

**Cuadro 13.** Costos, ingresos y rentabilidad en los cuatro grupos experimentales (\$).

RUBROS	Tratamientos			
	T1 (0%HA)	T2 (10%HA)	T3 (20%HA)	T4 (30%HA)
<b>A. COSTOS</b>				
Forraje	3,13	3,13	3,13	3,13
Ración	3,2	3,4	3,5	3,7
Sanidad	1,11	1,11	1,11	1,11
Instalaciones	2,25	2,25	2,25	2,25
Mano de obra	2,34	2,34	2,34	2,34
Costo total	12,03	12,5	12,33	12,53
<b>B. INGRESOS</b>				
Ingreso total	14,9	14,9	17	15,6
Ingreso neto	2,87	2,67	4,67	3,07
<b>C. RENTABILIDAD (%)</b>	<b>23,86</b>	<b>21,83</b>	<b>37,88</b>	<b>24,50</b>
<b>Relación B/C</b>	<b>1,23</b>	<b>1,19</b>	<b>1,38</b>	<b>1,25</b>

El tratamiento tres alcanzó la mayor rentabilidad con 37,88%; lo que significa, que por cada \$100 de inversión se ganó \$ 35.44; mientras que el tratamiento dos se generó una rentabilidad del 21,2%. La relación Beneficio/costo fue mayor a uno en los cuatro tratamientos.



**Figura 6.** Rentabilidad en vacas Holstein mestizas con raciones suplementarias a base de harina de alfalfa (%)

## **5. DISCUSIÓN**

### **5.1. COMPOSICIÓN BROMATOLÓGICA**

Las raciones elaboradas con caña picada, soya, maíz, y diferentes niveles de inclusión de harina de alfalfa, presentaron un apreciable valor nutritivo, con un contenido de materia seca que varió de 58,66% a 63,16 % en las raciones uno y cuatro respectivamente; la proteína cruda alcanzó valores superiores al 14% de los estimados en la formulación, con variaciones de 23,19 a 21,21%; mientras que los tenores de fibra cruda se mantuvieron por el orden del 8,61% al 23,54% en las raciones uno y cuatro respectivamente.

Las raciones fueron isoproteicas (14%) y los resultados obtenidos podrían explicarse por una subestimación del aporte de PC de la soya y la harina de alfalfa que no fueron sometidos a un previo análisis bromatológico o balanceo de las raciones a mano. Por otro lado, no se dispone de información sobre la composición química de raciones elaboradas con harina de alfalfa; sin embargo, varios autores (Rodríguez *et al.*, 2016) afirman, que la proteína de la alfalfa tiene una degradabilidad relativamente elevada y normalmente menos del 60% de la proteína de la alfalfa alcanza el intestino delgado sin degradarse.

### **5.2. CONSUMO DE ALIMENTO**

El mayor consumo de forraje en base a materia seca se registró en el tratamiento cuatro con 17,69 kg por día; mientras que el grupo testigo presentó menor consumo con 17,55 kg por día. Estos resultados son superiores a los reportados por Martínez y Aguirre (2015), en vacas Holstein mestizas en pastoreo con raciones suplementarias a base de pulpa de café, con un consumo de 12,4 kg/animal/día.

Al parecer el suministro de las raciones suplementarias mejoró el consumo voluntario del pasto; debido a que se logró optimizar los procesos fermentativos del rumen, aprovechando los niveles de energía y amoníaco disponibles, para la síntesis la proteína microbiana, lo cual generó una respuesta positiva en la producción de leche. Esta afirmación tiene relación con lo manifestado por Thénard *et al.* (2002) quienes

comprobaron que el uso de 3 kg de alfalfa deshidratada en sustitución de ensilado de hierba y de maíz, en la alimentación de vacas durante las 15 primeras semanas de lactación, no perjudica el balance energético / proteico. No obstante, estos autores concluyeron que el valor de la inclusión de alfalfa residía fundamentalmente en una mejora de las condiciones ruminales, incrementando la producción láctea y reduciendo la acidosis en animales que consumen dietas con elevados niveles de concentrado.

### **5.3. PRODUCCIÓN DE LECHE**

Se generó una buena respuesta en la producción de leche con el suministro de la ración tres con el 20% de harina de alfalfa, con una producción de 8,1 l/vaca/día, obteniéndose un aumento de 1 l/vaca/día, en relación con el grupo testigo que recibió la ración sin harina de alfalfa. Respuestas similares fueron observadas por (Peyraud y Delaby, 2011) con la inclusión 2,5 kg de alfalfa deshidratada en sustitución de parte del concentrado; mientras que, (Christensen y Cochran ,2012) reportaron que los niveles de producción no se ven afectados con la sustitución de hasta 6 kg del concentrado por pellets de alfalfa deshidratada.

La inclusión de alfalfa en proporciones adecuadas en la ración de vacas de leche permite reducir el empleo de harina de soja y mejora la fermentación ruminal, sin afectar la producción de leche (Christensen y Cochran, 2012). Por su parte, (Mauriés, 2011) indica que la alfalfa deshidratada se puede utilizar en cantidades de 4 a 8 kg por día sin ningún efecto negativo en la producción de leche, aunque señala que son factores como el contenido de proteína de la alfalfa, su estado de madurez, el nivel de concentrado o la naturaleza de la dieta las que determinarán el efecto sobre la ingestión, la digestibilidad y la producción.

### **5.4. CALIDAD DE LA LECHE**

Las características organolépticas: color, olor y sabor no fueron afectados por la inclusión de harina de alfalfa en los distintos tratamientos; lo que coincide con los resultados de varios trabajos donde se utilizaron raciones elaboradas a base de residuos agrícolas

como suplemento en vacas lecheras mantenidas en pastoreo (Martínez y Aguirre, 2015; Moncayo y Aguirre, 2016).

El contenido de grasa de la leche no presentó diferencia estadística entre los cuatro tratamientos; sin embargo, los valores alcanzados (3,88 a 4,05%) se encuentran dentro de los rangos reportados por la literatura. Estos resultados no coinciden con los obtenidos por (Peyraud y Delaby, 2005) quienes observaron que la inclusión 2,5 kg de alfalfa deshidratada en sustitución de parte del concentrado, redujo el contenido de grasa de 4,1 a 3,9%.

En lo referente al contenido de proteína cruda, se observó diferencia estadística ( $p \leq 0,04$ ) entre los tratamientos; siendo mayor en el tratamiento cuatro con 2,88% y menor en el tratamiento dos con 2,78%. Una tendencia similar fue observada por (Peyraud y Delaby, 2005) con el suministro 5 kg de alfalfa, con una disminución en el porcentaje de proteína de 3,07 a 3,01%. Cabe señalar que los resultados obtenidos en el presente trabajo son inferiores a los reportados por la literatura (4,5%) y podrían estar relacionados con errores en la toma de muestras.

## **5.5. CAMBIO DE PESO**

No se observó diferencia estadística en el cambio de peso de las vacas con las cuatro raciones experimentales; sin embargo, se detectó una ganancia de peso aceptable, en el grupo testigo con 267 g/d; mientras que las vacas suplementadas con la ración tres con el 20% de harina de alfalfa, experimentó una ganancia de 250 g/d, debido a que los animales se encontraban en el segundo y tercer tercio del periodo de lactancia. Estos resultados son inferiores a los obtenidos por Llumiquinga (2007), con el suministro de una dieta con el 25 % de alfalfa 25% y 75% de heno, con una ganancia de 493 g, también son inferiores a los reportados por Farías (2005), en bovinos alimentados en pastoreo rotacional intensivo, rotacional continuo, con ganancias diarias de 510, 410 y 420 g/animal/día respectivamente.

## 5.6. ANÁLISIS ECONÓMICO

Los indicadores económicos (rentabilidad y relación B/C) fueron satisfactorios en los cuatro grupos experimentales; observándose mayor rentabilidad y relación B/C en el tratamiento tres (20 % de HA) con el 37,88% y 1,38 respectivamente. Estos resultados permiten deducir que la inclusión de harina de alfalfa como fuente de proteína en sustitución de la harina de soya, contribuye a disminuir los costos de la ración y mejora los márgenes de ganancia; constituyéndose en una alternativa interesante para la alimentación de vacas en producción mantenidas en pastoreo. Resultados similares fueron comunicados por Martínez y Aguirre (2015); Moncayo y Aguirre (2016). Mientras que (Sandovalin, 2008), usaron alfalfa 75% y henolaje 25% en vacas mestizas con un índice de beneficio-costeo de \$ 1,37.



## 6. CONCLUSIONES

Del análisis y discusión de los resultados se desprenden las siguientes conclusiones:

- Las raciones suplementarias elaboradas con diferentes niveles de harina de alfalfa presentaron un apreciable valor nutritivo con un contenido de materia cercano al 63%, el porcentaje de proteína cruda varió de 23,19% a 21,21%; mientras que los tenores de fibra cruda estuvieron por el orden del 8,61% a 23,54.
- El consumo voluntario de alimento fue mayor en el tratamiento cuatro correspondiente a la ración con el 30 % de harina de alfalfa con 17,69 kg/d; lo que pudo estar relacionado con un efecto directo del suplemento que al mejorar el ambiente ruminal propició una mayor tasa de degradabilidad y pasaje del pasto.
- El suministro de la ración tres con el 20% de inclusión de harina de alfalfa generó una mejor respuesta en la producción de leche, con un promedio de 8,1 l/vaca/día, que significó un incremento de 1 l/vaca/día, con respecto al grupo testigo.
- Las características organolépticas: color, olor y sabor no se vieron afectadas por el suministro de las raciones suplementarias. De igual manera el contenido de gasa se mantuvo entre 3,9 a 4,1%; sin embargo, el contenido de proteína disminuyó ligeramente de 2,88 a 2,77 %; con valores inferiores a los citados por la literatura.
- El suministro de las raciones suplementarias provocó una ganancia de peso aceptable, de 250 a 267 g/d; sin detectarse diferencia estadística; lo que pudo estar relacionado con el hecho de que los animales se encontraban en el segundo y tercer tercio del periodo de lactancia.

- Los indicadores económicos (rentabilidad y relación B/C) fueron satisfactorios en los cuatro grupos experimentales; observándose mayor rentabilidad y relación B/C en el tratamiento tres (20 % de HA) con el 37,88% y 1,38 respectivamente.
- De manera general se concluye que, el uso de raciones suplementarias con diferentes niveles de harina de alfalfa constituye una alternativa factible para la suplementación alimenticia de vacas lecheras en pastoreo, ya que generó una respuesta positiva en los indicadores técnicos y económicos.

## **7. RECOMENDACIONES**

En base a los resultados y conclusiones alcanzadas en el presente trabajo de investigación, se formulan las siguientes recomendaciones:

- Utilizar raciones suplementarias elaboradas a base de harina de alfalfa en la alimentación de vacas Holstein mestizas en pastoreo, ya que permite complementar las deficiencias energéticas y proteínicas del pasto y mejorar los indicadores productivos y económicos.
- Continuar con nuevos trabajos de investigación, modificando los niveles de inclusión de harina de alfalfa y usándola en diferentes formas, henificada, ensilada y deshidratada.
- Difundir los resultados obtenidos en esta investigación de manera que constituyan alternativas de alimentación para los ganaderos de la Provincia de Loja.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Clavijo, 2011.** Producción y calidad nutricional de la alfalfa (*Medicago sativa*) sembrada en dos ambientes diferentes y cosechada en distintos estadios fenológicos. Universidad de la Salle facultad de ciencias agropecuarias programa de zootecnia Bogotá D.C.
- Christensen, D.A. & Cochran, M.I. (2012).** Composición y valor nutritivo de la deshidratación alfalfa para vacas lactantes. *Journal of Dairy Science*, 66: 1282-1289.
- Díaz, 2015.** (23 de Septiembre de 2015). Nutrición Bovina . Obtenido de Nutrición Bovina : <http://monografias.umcc.cu/monos/2008/Agronomia/m082.pdf>
- Franciscos, L 2007.** Requerimientos de nutrientes según estado fisiológico en bovinos de leche. Boletín INIA N° 148. Remehue, VE.p.18
- Fernandez, E. (17 de marzo de 2017).** Agrobanco . Obtenido de Agrobanc <http://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/018-h-ganado.pdf>
- Fuentes, C. (2015).** SUPLEMENTACION DE VACAS LECHERAS DE ALTA PRODUCCION AI PASTOREO. *Redalyc* , 5-6.
- Guevara, L. (2012).** Frecuencia de suplementación y pH ruminal en bovinos. *Redalyc* , 127.
- González F. 2001.** Composición bioquímica de la leche y hormonas de la lactación. En uso de la leche para monitorear la nutrición y el metabolismo de vacas lecheras. Universidad Federal de Río Grande del Sur, Porto Alegre, Brasil.
- Gutiérrez. (2015).** La fisiología digestiva del rumiante, objeto de investigación en el Instituto de Ciencia Animal durante cincuenta años. *Redalyc* , 179-180.
- Hernández, J. 2010.** Manual de nutrición del ganado. Madrid, ES. Editorial Acriba. p. 64; 202.

- INIA.** (12 de Marzo de 2004). Requerimientos de Nutrientes, según estado Fisiológico en bovinos de leche. Obtenido de BOLETINES: <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR33837.pdf>
- Lanuza F, 2008.** Requerimientos de nutrientes según estado fisiológico en bovinos de leche. Instituto de Investigaciones Agropecuarias – Centro Regional de Investigación Remehue Boletín Inia N° 148
- Lier, E. 2008.** ANATOMÍA Y FISIOLOGÍA ANIMAL. Departamento de producción animal y pasturas. Uruguay.
- Llumiquinga, M. 2007.** Levante de vaconas mestizas alimentadas con alfalfa más henolaje. Tesis de pregrado. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- Mauriès, M. (2012).** Uso de alfalfa deshidratada por vacas lecheras bibliográfica. Forraje, 128: 455-464.
- Martinez, A. (2015).** “Utilización de diferentes niveles de pulpa de café biofermentada en raciones suplementarias para vacas mestizas en pastoreo, en el cantón gonzanamá, provincia de loja”. loja.
- McDonald, O. et al. 2011.** Nutrición Animal. Séptima edición. Editorial Acribia S.A. Saragoza – España. pp. 165 – 187
- NRC, 2001.** Requerimientos nutricionales del ganado de leche según el modelo del NRC 2001. Energía Neta de Lactancia.
- Peyraud, J.L., Delaby, L. (2011).** El uso de alfalfa deshidratada de alta calidad en raciones de vacas lecheras. INRA Animal Production, 7: 125-134.
- Relling A. (2003).** Fisiología Digestiva y Metabólica de los Rumiantes. La Plata, Argentina: EDULP.
- Regueiro, M. (2008).** Digestion en Reticulo Rumen . En M. Regueiro, Anatomía y Fisiología Animal (págs. 6-7 ). Uruguay: Acribia .

- Reyes, A.** (23 de Abril de 2010). Instituto de Ciencia Animal . Obtenido de Instituto de Ciencia Animal : <http://monografias.umcc.cu/monos/2008/Agronomia/m082.pdf>
- Rodríguez, L. G.** (15 de Mayo de 2002). ALIMENTACIÓN DEL VACUNO DE LECHE. Obtenido de Sanmateolanaja: [http://www.sanmateolanaja.com/wp-content/uploads/pdfs/5\\_%20alimentacion\\_alfalfa\\_en\\_alimentacion.pdf](http://www.sanmateolanaja.com/wp-content/uploads/pdfs/5_%20alimentacion_alfalfa_en_alimentacion.pdf)
- Villaseca, A. (2013).** Efecto de la suplementación energética en vacas de doble propósito. Redalyc , 6-7.
- Yemen, M.** (23 de Septiembre de 2010). Fisiología Animal. Redalyc, 5. Obtenido de Fisiología Animal .
- Zabaleta, E.** (13 de Enero de 2009). Cienciavet . Obtenido de Cienciavet: <http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/cienciavet/revistas/CVvol1/CVv1c09.pdf>

## 9. ANEXOS

### 9.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE LOS RESULTADOS

#### a. Peso

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Peso	16	1,00	1,00	0,14

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	31364,50	9	3484,94	5974,19	<0,0001
Filas	31159,50	3	10386,50	17805,43	<0,0001
Columnas	198,50	3	66,17	113,43	<0,0001
Trat.	6,50	3	2,17	3,71	0,0805
Error	3,50	6	0,58		
Total	31368,00	15			

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,86954**

Error: 0,5833 gl: 6

Trat. Medias n E.E.

1,00	546,25	4	0,38	A
2,00	546,50	4	0,38	A
3,00	547,50	4	0,38	A
4,00	547,75	4	0,38	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### b. Cambio de peso

N. Animal	Tratamientos			
	T1(Testigo)	T2 (10% HA)	T3 (20% HA)	T4 (30% HA)
1	267	267	267	267
2	333	200	267	200
3	200	133	200	200
4	267	200	267	267
<b>TOTAL</b>	<b>1067</b>	<b>800</b>	<b>1000</b>	<b>933</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>267<sup>a</sup></b>	<b>200<sup>a</sup></b>	<b>250<sup>a</sup></b>	<b>233<sup>a</sup></b>

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
C. de peso	16	0,76	0,41	15,69

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	26946,06	9	2994,01	2,16	0,1811
Filas	16390,28	3	5463,43	3,93	0,0723
Columnas	833,17	3	277,72	0,20	0,8928
Trat.	9722,61	3	3240,87	2,33	0,1735
Error	8333,33	6	1388,89		
Total	35279,39	15			

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=91,22410**

Error: 1388,8889 gl: 6

Trat. Medias n E.E.

1,00	266,67	4	18,63	A
3,00	250,00	4	18,63	A
4,00	233,34	4	18,63	A
2,00	200,00	4	18,63	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )

**c. Consumo de alimento**

N. Animal	Tratamientos			
	T1(Testigo)	T2 (10% HA)	T3 (20% HA)	T4 (30% HA)
1	16,88	16,82	16,69	16,83
2	19,70	19,97	19,93	20,01
3	16,97	16,88	17,20	16,95
4	16,64	16,55	16,84	16,98
<b>TOTAL</b>	<b>70,19</b>	<b>70,22</b>	<b>70,66</b>	<b>70,77</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>17,55<sup>b</sup></b>	<b>17,56<sup>b</sup></b>	<b>17,67<sup>a</sup></b>	<b>17,69<sup>a</sup></b>

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Consumo	16	1,00	1,00	0,13

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	28,29	9	3,14	5987,06	<0,0001
Filas	28,04	3	9,35	17805,43	<0,0001
Columnas	0,18	3	0,06	113,43	<0,0001
Trat.	0,07	3	0,02	42,32	0,0002
Error	3,2E-03	6	5,3E-04		



Total 28,29 15

**Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,05609**

Error: 0,0005 gl: 6

Trat. Medias n E.E.

1,00	17,55	4	0,01	A
2,00	17,56	4	0,01	A
3,00	17,67	4	0,01	B
4,00	17,69	4	0,01	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### d. Producción de leche

Nº.	Tratamientos				
	Animal	T1 (Testigo)	T2 (10%HA)	T3 (20%HA)	T4 (30%HA)
1		7,4	7,6	8,7	7,8
2		6,8	6,8	7,9	7,4
3		7,8	7,0	7,8	7,4
4		6,4	6,9	7,9	7,2
<b>Total</b>		<b>28,4</b>	<b>28,3</b>	<b>32,8</b>	<b>29,8</b>
<b>Promedio</b>		<b>7,1<sup>a</sup></b>	<b>7,1<sup>a</sup></b>	<b>8,1<sup>b</sup></b>	<b>7,5<sup>ab</sup></b>

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Prod. Leche	16	0,90	0,74	3,65

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3,72	9	0,41	5,72	0,0230
Filas	0,97	3	0,32	4,46	0,0569
Columnas	0,49	3	0,16	2,24	0,1835
Trat.	2,27	3	0,76	10,45	0,0085
Error	0,43	6	0,07		
Total	4,15	15			

**Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,65814**

Error: 0,0723 gl: 6

Trat. Medias n E.E.

1,00	7,1	4	0,13	A
2,00	7,1	4	0,13	A
4,00	7,5	4	0,13	A B
3,00	8,1	4	0,13	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**e. Contenido de grasa**

Nº.	Tratamientos			
Animal	T1 (Testigo)	T2 (10%HA)	T3 (20%HA)	T4 (30%HA)
1	4,73	4,55	3,79	3,26
2	2,15	3,76	2,63	3,24
3	4,29	3,89	4,42	2,04
4	4,34	4	3,54	3,67
<b>Total</b>	<b>15,51</b>	<b>16,2</b>	<b>14,38</b>	<b>10,17</b>
<b>Promedio</b>	<b>3,88<sup>a</sup></b>	<b>4,05<sup>a</sup></b>	<b>3,60<sup>a</sup></b>	<b>3,39<sup>a</sup></b>

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Grasa	16	0,84	0,59	14,26

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	8,26	9	0,92	3,40	0,0751
Filas	2,96	3	0,99	3,66	0,0828
Columnas	3,01	3	1,00	3,72	0,0802
Trat.	2,29	3	0,76	2,82	0,1293
Error	1,62	6	0,27		
<b>Total</b>	<b>9,88</b>	<b>15</b>			

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,27186**

Error: 0,2700 gl: 6

Trat. Medias n E.E.

4,00	3,05	4	0,26	A
3,00	3,60	4	0,26	A
1,00	3,88	4	0,26	A
2,00	4,05	4	0,26	A

## f. Contenido de proteína

Nº.	Tratamientos			
Animal	T1 (Testigo)	T2 (10%HA)	T3 (20%HA)	T4 (30%HA)
1	2,81	2,74	2,81	2,81
2	2,95	2,82	2,76	2,89
3	2,98	2,82	2,94	2,96
4	2,72	2,73	2,84	2,86
<b>Total</b>	<b>11,46</b>	<b>11,11</b>	<b>11,35</b>	<b>11,52</b>
<b>Promedio</b>	<b>2,87<sup>ab</sup></b>	<b>2,78<sup>b</sup></b>	<b>2,84<sup>ab</sup></b>	<b>2,88<sup>a</sup></b>

Variable N R<sup>2</sup> R<sup>2</sup> Aj CV  
 Proteína 16 0,90 0,76 1,44

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,10	9	0,01	6,29	0,0182
Filas	0,05	3	0,02	9,87	0,0098
Columnas	0,02	3	0,01	4,14	0,0657
Trat.	0,02	3	0,01	4,86	0,0479
Error	0,01	6	1,7E-03		
Total	0,11	15			

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,10043**

Error: 0,0017 gl: 6

Trat. Medias n E.E.

2,00	2,78	4	0,02	A
3,00	2,84	4	0,02	A B
1,00	2,87	4	0,02	A B
4,00	2,88	4	0,02	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

## 9.2. FOTOGRAFÍAS DEL TRABAJO DE CAMPO



**Foto 1.** Elaboración de las raciones experimentales



**Foto 2.** Suministro de la ración.



**Foto 3.** Análisis cuantitativo de la leche.



**Foto 4.** Análisis químico de las raciones.