



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

FACULTAD AGROPECUARIA Y DE
RECURSOS NATURALES RENOVABLES

CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA Y
ZOOTECNIA

“UTILIZACIÓN DE RACIONES SUPLEMENTARIAS A BASE
DE QUIEBRA BARRIGA (*Trichanthera gigantea*) EN LA
ALIMENTACIÓN DE 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:

Máximo Francisco Cuenca Angamarca

DIRECTOR:

Dr. Luis Aguirre Mendoza Mg. Sc.

**LOJA – ECUADOR
2018**

Dr. Luis Aguirre Mendoza Mg. Sc.

DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICA:

Que el trabajo de tesis titulado: **“Utilización de raciones suplementarias a base de quiebra barriga (*Trichanthera gigantea*) en la alimentación de vacas en producción en la quinta experimental Punzara de la Universidad Nacional de Loja”** de la autoría del Señor Egresado: **Máximo Francisco Cuenca Angamarca**, 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, 19 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 RACIONES SUPLEMENTARIAS A BASE DE QUIEBRA BARRIGA (*Trichanthera gigantea*) EN LA ALIMENTACIÓN DE VACAS EN PRODUCCIÓN EN LA QUINTA EXPERIMENTAL PUNZARA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA”**, del Sr egresado MÁXIMO FRNACISCO CUENCA ANGAMARCA, 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

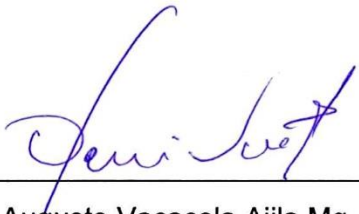
Loja, 27 de marzo del 2018



Dr. Tito Ramiro Muñoz Guarnizo Mg. Sc.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



MVZ. Jhuliana Katherine Luna Herrera Mg. Sc.
VOCAL DEL TRIBUNAL



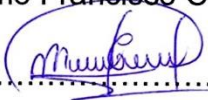
Dr. Wilmer Augusto Vacacela Ajila Mg. Sc.
VOCAL DEL TRIBUNAL

AUTORÍA

Yo, **Máximo Francisco Cuenca Angamarca**, 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 de mi tesis en el Repositorio Institucional– Biblioteca Virtual.

Autor: Máximo Francisco Cuenca Angamarca

Firma:


Cédula: 1900743830

Fecha: 16 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, **Máximo Francisco Cuenca Angamarca**, declaro ser autor, de la tesis titulada **“UTILIZACIÓN DE RACIONES SUPLEMENTARIAS A BASE DE QUIEBRA BARRIGA (*Trichanthera gigantea*) EN LA ALIMENTACIÓN DE 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 el Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo 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 16 días del mes de abril del dos mil dieciocho, firma el autor.

Firma: 

Autor: Máximo Francisco Cuenca Angamarca

Número de cédula: 1900743830

Dirección: Cdla. Caminos del Sol

Correo electrónico: maxfrancis19@gmail.com

Celular: 0990143525

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de Tesis: Dr. Luis Antonio Aguirre Mendoza Mg. Sc

Tribunal de grado: Dr. Tito Ramiro Muñoz Guarnizo Mg. Sc. (Presidente)

MVZ. Jhuliana Khaterine Luna Herrera Mg. Sc (Vocal)

Dr. Wilmer Augusto Vacacela Ajila Mg. Sc (Vocal)

AGRADECIMIENTO

Ferviente a Dios, creador y dador de vida, el cual ha sido mi fortaleza hasta en los días más sombríos de mi vida.

Expreso mi gratitud a la Universidad Nacional de Loja, a los docentes de la Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia, que día a día contribuyeron a mi formación integral como persona y futuro profesional, gracias a sus sabias enseñanzas, experiencias y consejos; mi sincero agradecimiento al Dr. Luis Aguirre Mendoza Mg. Sc, quien con su carisma, calidad humana y ética profesional dirigió esta presente investigación hasta su culminación.

Como no expresar mi agradecimiento a mi querida familia, que ha sido mi pilar fundamental para cumplir esta anhelada meta. Agradezco principalmente a mis amados padres Máximo y Nancy que velaron por mi bienestar durante mi etapa estudiantil, un agradecimiento especial para mis tíos Gabriel y Vilma por su acogida y sabios consejos, de la misma manera agradezco eternamente a mi tío Segundo por su calidad humana y ser un guía en mi camino permitiéndome superar grandes obstáculos. A mi querida hermana, primos y demás familiares gracias por estar pendientes de mí, los tendré presente a todos.

A todos mis compañeros con los cuales compartí buenos y malos momentos, gracias por su amistad y apoyo sincero.

El Autor

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico principalmente a Dios que me dio la vida y una familia maravillosa. A mis padres que siempre se preocuparon por el bienestar de sus hijos, admirando sobre todo su humildad, respeto y perseverancia, su tenaz e incansable lucha por formarnos como personas útiles para la sociedad.

A mis abuelitos: Tomás y Julia, Julián y Dolores por la sabiduría de sus palabras, su ejemplo de vida y la confianza depositada en mi para alcanzar esta meta.

Dedico también con mucho cariño a mi hermana, tíos, primos y demás familiares por sus consejos de empeño, perseverancia y dedicación que contribuyeron en mi formación.

Máximo Francisco Cuenca Angamarca

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	Pag.
CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA	iv
CARTA DE AUTORIZACIÓN.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
DEDICATORIA.....	vii
ÍNDICE GENERAL.....	viii
RESUMEN	xiv
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. MORFOFISIOLOGÍA DIGESTIVA DE LOS BOVINOS.....	3
2.1.1. Fisiología del Rumen	3
2.2. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DE BOVINOS DE LECHE	13
2.2.1. Proteína	14
2.2.2. Aminoácidos	14
2.2.3. Energía	14
2.2.4. Vitaminas.....	15
2.2.5. Minerales	15
2.3. SUPLEMENTACIÓN ALIMENTICIA.....	16
2.3.1. Suplementación Proteínica.....	16
2.3.2. Suplementación Energética.....	17
2.3.3. Suplementación de Vitaminas y Minerales	17
2.4. QUIEBRA BARRIGA (<i>Trichanthera gigantea</i>)	17
2.4.1. Características de la Planta.....	17
2.4.2. Usos	18

2.4.3.	Adaptación.....	18
2.4.4.	Cultivo y Propagación.....	19
2.4.5.	Valor Nutritivo	19
2.4.6.	Compuestos Antinutricionales	20
2.5.	TRABAJOS RELACIONADOS	21
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	22
3.1.	MATERIALES.....	22
3.1.1.	Materiales de Campo.....	22
3.1.2.	Materiales de Oficina	22
3.2.	MÉTODOS	23
3.2.1.	Ubicación.....	23
3.2.2.	Descripción y Adecuación de las Instalaciones	23
3.2.3.	Descripción e Identificación de las Unidades Experimentales.....	23
3.2.4.	Formulación y Elaboración de las Raciones Experimentales	23
3.2.5.	Descripción de los Tratamientos	24
3.2.6.	Diseño Experimental.....	25
3.2.7.	Variables en Estudio.....	25
3.2.8.	Toma y Registro de Datos	25
3.2.9.	Análisis Estadístico.....	27
4.	RESULTADOS	28
4.1.	ANÁLISIS QUÍMICO DE LAS RACIONES	28
4.2.	CONSUMO DE ALIMENTO.....	28
4.3.	PRODUCCIÓN DE LECHE	30
4.4.	CALIDAD DE LECHE	31
4.4.1.	Características Organolépticas.....	31
4.4.2.	Composición Química.....	31
4.5.	INCREMENTO DE PESO.....	34

4.6.	ANÁLISIS ECONÓMICO.....	35
4.6.1.	Costos de Producción.....	35
4.6.2.	Ingresos.....	36
4.6.3.	Rentabilidad.....	37
5.	DISCUSIÓN.....	39
6.	CONCLUSIONES.....	42
7.	RECOMENDACIONES.....	44
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	45
9.	ANEXOS.....	47
9.1.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS.....	47
9.2.	FOTOGRAFÍAS DEL TRABAJO DE CAMPO.....	51

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación botánica del quiebra barriga (<i>Trichanthera gigantea</i>).	18
Cuadro 2. Composición nutricional de las hojas de <i>Trichanthera gigantea</i>	20
Cuadro 3. Composición de las raciones experimentales	24
Cuadro 4. Esquema del experimento	25
Cuadro 5. Composición bromatológica de las raciones experimentales	28
Cuadro 6. Consumo de alimento (MS) en vacas Holstein en pastoreo con cuatro raciones suplementarias (kg).	29
Cuadro 7. Producción de leche en vacas Holstein en pastoreo con cuatro raciones suplementarias (l/vaca/día).	30
Cuadro 8. Contenido de grasa en la leche de vacas Holstein alimentadas con raciones suplementarias a base de quiebra barriga (%).	32
Cuadro 9. Contenido de proteína de la leche en vacas Holstein con raciones suplementarias a base de quiebra barriga (%).	33
Cuadro 10. Cambio de peso en vacas Holstein alimentadas con raciones suplementarias a base de quiebra barriga (g/d).	34
Cuadro 11. Costo de las raciones experimentales.	35
Cuadro 12. Ingresos por venta de leche.....	36
Cuadro 13. Costos, ingresos y rentabilidad de los cuatro grupos experimentales (%).	37
Cuadro 14: Relación beneficio costo de los tratamientos aplicados	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Consumo de alimento (MS) en vacas Holstein en pastoreo con cuatro raciones suplementarias (kg).....	29
Figura 2. Producción de leche en vacas Holstein en pastoreo con cuatro raciones suplementarias (l/vaca/día).....	31
Figura 3. Contenido de grasa de la leche en vacas Holstein alimentadas con cuatro raciones suplementarias a base de quiebra barriga (%).....	32
Figura 4. Contenido de proteína de la leche en vacas Holstein con cuatro raciones suplementarias a base de quiebra barriga (%).	33
Figura 5. Ganancia de peso en vacas Holstein alimentadas con raciones suplementarias a base de quiebra barriga.	34
Figura 6. Rentabilidad en vacas Holstein en producción con cuatro raciones experimentales a base de quiebra barriga (%).	37

**“UTILIZACIÓN DE RACIONES SUPLEMENTARIAS A BASE DE
QUIEBRA BARRIGA (*Trichanthera gigantea*) EN LA
ALIMENTACIÓN DE 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 contribuir a mejorar los niveles de producción de leche en vacas Holstein friesian, mantenidas en pastoreo, mediante la utilización de raciones suplementarias elaboradas a base de quiebra barriga (QB). Se evaluaron cuatro tratamientos: T₁ sin QB (testigo), T₂ con 10% de QB, T₃ con 20% de QB y T₄ con 30% de QB. Se utilizaron cuatro vacas Holstein con un peso promedio de 470,5 kg y una producción media de 7,75 l/d, distribuidas según el diseño cuadrado latino 4x4, con cuatro tratamientos y cuatro períodos. 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 que las raciones experimentales presentan un apreciable valor nutritivo con valores medios de 55,26% para materia seca, 20,19% proteína cruda y 13,87% para fibra cruda, que permitió complementar los requerimientos nutricionales de las vacas en producción.

El uso de las raciones suplementarias generó mayor consumo de alimento en el tratamiento dos (10%QB) con 15,38kg/día; la producción de leche registró un ligero incremento de 0,35 l/día en el tratamiento cuatro con (30%QB); así mismo las características organolépticas y el contenido de grasa no se vieron comprometidas; sin embargo el contenido proteico evidenció un incremento de 0,07% en el tratamiento cuatro (30%QB). Finalmente la rentabilidad fue muy buena en las raciones con quiebra barriga; por lo que se concluye que el uso de raciones suplementarias a base de quiebra barriga, constituye una alternativa eficiente y económicamente viable que contribuye a mejorar la producción de leche en la provincia de Loja.

Palabras clave: quiebra barriga, indicadores productivos, rentabilidad, calidad de leche.

SUMMARY

This research work was carried out in the farm experimental "Punzara" of the National University of Loja, with the purpose of contributing to improve the levels of milk production in Holstein friesian cows, maintained in pasture, by using elaborated supplementary rations based on bankruptcy belly (QB). Four treatments were evaluated: T1 without QB (control), T2 with 10% of QB, T3 with 20% of QB and T4 with 30% of QB. Four Holstein cows with an average weight of 470.5 kg and an average production of 7.75 l / d were used, distributed according to the 4x4 square Latin design, 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 that the experimental rations have an appreciable nutritional value with average values of 55.26% for dry matter, 20.19% crude protein and 13, 87% for raw fiber, which allowed to complement the nutritional requirements of the cows in production.

The use of supplementary rations generated higher feed intake in treatment two (10% QB) with 15.38 kg / day; milk production registered a slight increase of 0.35 l / day in treatment four with (30% QB); likewise the organoleptic characteristics and the fat content were not compromised; however, the protein content showed an increase of 0.07% in treatment four (30% QB). Finally the profitability was very good in the rations with bankruptcy belly; so it is concluded that the use of supplementary rations based on bankruptcy belly, is an efficient and economically viable alternative that contributes to improve milk production in the province of Loja.

Keywords: bankruptcy, productive indicators, profitability, milk quality.

1. INTRODUCCIÓN

En el Ecuador y particularmente en la provincia de Loja, la ganadería bovina constituye la principal actividad pecuaria, con una población de 382 056 animales, en su mayoría de raza criolla y mestiza (INEC, 2011).

La provincia de Loja al igual que el resto del país, se caracteriza por presentar dos épocas climáticas bien marcadas. Durante la época seca los animales se alimentan con pastos de mala calidad, que no permite satisfacer sus requerimientos nutricionales, principalmente en lo referente a energía y proteína. Consecuentemente existen bajos índices de producción y productividad, en relación a las ganaderías de otras provincias de la región interandina. Por tanto necesario generar y aplicar alternativas orientadas a mejorar el régimen alimenticio, mediante el suministro de raciones suplementarias.

La suplementación alimenticia con especies arbóreas como el quiebra barriga o nacedero (*Trichanthera gigantea*) es una buena alternativa para mejorar la alimentación de vacas en producción, ya que permite complementar sus requerimientos nutricionales, mejorar el aprovechamiento de los forrajes y como resultado incrementar los niveles de producción. La utilización del *Trichanthera gigantea* se ha incrementado en los últimos años, sin embargo existen pocas investigaciones sobre su uso en la alimentación de vacas en producción (Gualán, 2015).

Esta arbustiva presenta una buena capacidad de adaptación a suelos pobres y climas severos, en pisos altitudinales que van desde el nivel del mar hasta los 2000 m.s.n.m. La gran cantidad de biomasa que aporta es aprovechada por los animales debido a su buena palatabilidad y contenido nutricional.

Con estos antecedentes la presente investigación se orientó a la valoración de raciones suplementarias elaboradas a base de quiebra barriga (*Trichanthera gigantea*), con el propósito de mejorar la alimentación de las vacas en producción en la Quinta Experimental "Punzara" de la Universidad Nacional de Loja; para lo cual se planteron los siguientes objetivos:

- Analizar el valor nutritivo de las raciones alimenticias a base de quiebra barriga (*Trichanthera gigantea*).
- Evaluar la producción de leche, incremento de peso y consumo de alimento con el uso de suplementos alimenticios con quiebra barriga (*Trichanthera gigantea*).
- Estimar la relación beneficio – costo y la rentabilidad de las raciones elaboradas.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. MORFOFISIOLOGÍA DIGESTIVA DE LOS BOVINOS

Los bovinos al igual de los demás rumiantes, se caracterizan por su capacidad para alimentarse de pasto o forraje, esta característica se basa en la posibilidad de poder degradar los carbohidratos estructurales, como celulosa, hemicelulosa y pectina, muy poco digestibles para las especies no rumiantes. 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. Por esta razón al alimentar a los rumiantes primero se está alimentando a los microorganismos ruminales. De esta forma hay una simbiosis entre las bacterias y el animal (Relling, 2002).

2.1.1. Fisiología del Rumen

En un rumiante adulto el estómago puede llegar a ocupar hasta el 75 % de la cavidad abdominal, éste se divide en cuatro cavidades: el retículo (red o redecilla), el rumen (panza), el omaso (librillo) y el abomaso (cuajar). Solo este último es glandular y funcionalmente análogo al estómago de los no rumiantes, mientras que los anteriores están cubiertos por un epitelio queratinizado y carecen de glándulas secretoras.

El retículo está situado cranealmente y en contacto con el diafragma, comunicándose con el rumen a través del pliegue retículo-ruminal que los convierte en una sola unidad funcional (retículo-rumen). El rumen es el compartimiento más voluminoso y está en contacto con la pared abdominal izquierda. La superficie visceral presenta surcos que se corresponden con proyecciones internas llamadas pilares. Los surcos longitudinales derecho e izquierdo lo dividen en los sacos dorsal y ventral. La mucosa del rumen presenta papilas digitiformes cuyo tamaño y grado de queratinización dependen del estímulo provocado por el tipo de dieta que está consumiendo el rumiante. El omaso se ubica a la derecha de la red y posee forma esférica. Se comunica con la red por el esfínter retículo-omasal y con el abomaso por el esfínter

omaso-abomasal. Presenta dos partes claramente diferenciadas, el cuerpo y el canal omasal. El cuerpo es ocupado por un número variables de hojas o láminas, que insertadas en la curvatura mayor del omaso dirigen su borde libre hacia el canal del omaso, que se encuentra en su curvatura menor y comunica ambos esfínteres. Por último, el abomaso se ubica a la derecha y ventralmente en la cavidad abdominal, tiene forma de saco alargado con un extremo ciego denominado fundus y un extremo pilórico que desemboca en el duodeno. La mucosa es de tipo glandular y en el fundus presenta pliegues que aumentan su superficie.

2.1.1.1. Regulación del pH ruminal

El pH ruminal debe regularse para efectivizar la degradación ruminal del alimento. Los carbohidratos representan el componente más abundante en la dieta de los rumiantes. El tipo de carbohidrato predominante en la dieta condiciona el desarrollo del tipo de flora adecuada para su fermentación y el ajuste del pH a su rango ideal (Contreras, 2010).

La flora normal del rumen se desarrolla en un rango de pH de 5,5 a 6,9. Fuera de éste rango el pH extremo favorece el desarrollo de otros microorganismos que alteran el patrón metabólico del rumen. Para adecuar el pH del rumen a la dieta, el rumiante activa tres factores que modifican el pH ruminal.

a. Saliva

Un bovino adulto produce por día entre 100 y 180 litros de saliva. Esta saliva posee un pH de 8.1 a 8.3 por lo cual tiende a elevar el pH ruminal. Su influencia como factor alcalinizante depende de su producción, la cual a su vez depende fundamentalmente de las horas de rumia, período en el cual la secreción se duplica. El período de rumia varía de 0 a 10 horas por día, dependiendo en relación directa de la cantidad de forraje grosero en la dieta. Cuando mayor es la cantidad de carbohidratos estructurales mayor es el tiempo de rumia.

b. Producción de ácidos grasos volátiles

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.

c. Absorción de ácidos grasos volátiles

La velocidad de absorción de AGV tiene relación directa con su producción y relación inversa con el pH, evitando su acumulación en el rumen. La absorción ruminal de AGV por vía paracelular es insignificante, y depende de la vía transcelular, ingresando a la célula por dos mecanismos diferentes. Uno de ellos es la difusión simple, mecanismo electroneutro y que no utiliza transportador, pero requiere que los AGV se encuentren en su forma no disociada y por lo tanto liposoluble. En su forma disociada el AGV posee carga eléctrica negativa, esto produce la atracción del extremo positivo de las moléculas de agua, que se comportan como un bipolo, creándose una capa de hidratación alrededor del AGV que le quita liposolubilidad y aumenta su diámetro, impidiendo así que pueda atravesar la membrana celular (Relling, 2002).

2.1.1.2. Digestión de los carbohidratos no estructurales

Los hidratos de carbono pueden ser de reserva, estructurales o bien azúcares, y la degradación de cada tipo posee características propias. El almidón es un polisacárido de reserva para los vegetales y está presente especialmente en los granos. Como poseen baja concentración de agua y aportan mucha energía en poco volumen, los granos se consideran un alimento concentrado energético. Al ingresar con la dieta el almidón es atacado principalmente por las bacterias amilolíticas que lo desdoblan para consumir glucosa y producir AGV, especialmente propionato. La digestibilidad del almidón en el rumen es elevada y la fracción que logra pasar al intestino puede ser degradado por la amilasa pancreática y así absorberse como glucosa.

La digestibilidad ruminal del almidón depende en gran medida de la facilidad con que acceden a él las bacterias amilolíticas. Los granos almacenan el almidón en forma de gránulos en una zona llamada endosperma, protegidos por una doble barrera

mecánica. Por un lado el pericarpio, la resistente envoltura externa del grano que es prácticamente indigestible para los microorganismos ruminales. Por otro lado cada gránulo de almidón se encuentra recubierto por una capa proteica, la cual es gruesa y aísla por completo al gránulo de almidón en el llamado endosperma córneo, o bien es laxa e incompleta en el denominado endosperma harinoso. Por el expuesto es que cuando se intenta aumentar la disponibilidad ruminal del almidón se emplean dietas con grano quebrado o molido o bien se eligen granos con mayor porcentaje de endosperma harinoso.

2.1.1.3. Digestión de los carbohidratos estructurales

Los carbohidratos estructurales (celulosa, hemicelulosa y pectina) reciben este nombre porque sirven de estructura y sostén del vegetal. Los vegetales, carentes de esqueleto, mantienen en parte su forma gracias a la presencia de una pared celular rígida, que rodea a las células vegetales. Los carbohidratos estructurales se disponen de un modo semejante al tejido conjuntivo animal. La celulosa, de naturaleza fibrilar, se asemeja al colágeno, mientras que la hemicelulosa, la pectina y la lignina fijan estas fibras de modo similar a como lo hacen el ácido hialurónico y el condroitín sulfato en el conectivo animal. Cuando el forraje es tierno, las paredes celulares poseen la mayor concentración de pectinas, y a medida que maduran pasan a predominar la celulosa y la hemicelulosa que le otorgan mayor resistencia, para que finalmente aparezcan concentraciones crecientes de lignina, que infiltra la pared celular y le da mayor rigidez y el color amarillento característico del forraje maduro. La degradación de los carbohidratos estructurales se realiza a través de los siguientes pasos:

- a) 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 los estomas foliares libres de ceras, de cualquier modo la degradación sería muy lenta si no mediase la ruptura del forraje.
- b) Los microorganismos liberan en el medio ruminal celulasas que realizan la digestión extracelular de la celulosa produciendo residuos pequeños, especialmente celobiosa (disacárido).

c) La celobiosa es incorporada a la bacteria y atacada por la celobiasa, que la desdoblará en dos glucosas.

d) 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. La lignina representa menos del 3 % de la materia seca en forrales 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 H₂O_C de la pared. Una de las características funcionales más importantes de los hongos en el ecosistema ruminal es su capacidad para degradar celulosa unida a lignina. Por esta razón los hongos adquieren importancia en dietas que emplean forrajes muy lignificados como la paja de trigo, duplicando la capacidad celulolítica de las bacterias.

2.1.1.4. Digestión de los péptidos

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 desarrolla 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 H₂O_C solubles (Contreras, 2010).

2.1.1.5. Digestión de los azúcares simples

Los azúcares o carbohidratos simples se encuentran en concentraciones menores al 10 %, salvo en los pastos tiernos, 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 un carbohidrato se digieren en el rumen (incluyendo la velocidad y el porcentaje de digestibilidad) depende fundamentalmente de la facilidad con los microorganismos puedan tomar contacto y captarlo, por lo cual depende especialmente de su solubilidad en el medio líquido ruminal (Gutiérrez, 2015).

2.1.1.6. Digestión de las proteínas

El metabolismo de las proteínas posee características diferentes en los rumiantes en relación con los no rumiantes. A nivel intestinal la degradación de las proteínas es similar en rumiantes y en no rumiantes. Las proteínas y los péptidos son degradados hasta oligopéptidos por la acción de las 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. Sin embargo, a diferencia de los no rumiantes, la proteína que llega al intestino del rumiante es diferente de la ingerida con la dieta, debido a que los microorganismos ruminales degradan más de la mitad las proteínas consumidas. Lo hacen mediante proteasas de membrana que desdoblan las proteínas en péptidos y algunos aminoácidos libres, los que son absorbidos por el microorganismo.

Una vez incorporados al microorganismo los péptidos son hidrolizados hasta aminoácidos, los cuales pueden ser empleados para sintetizar proteína microbiana o bien, son utilizados como fuente energética. En este caso los microorganismos separan el grupo amino del aminoácido y lo liberan al medio ruminal como un producto de desecho, y emplean la cadena carbonada para obtener energía como si se tratara de un hidrato de carbono. Por otro lado, los grupos amino (-NH₂) libres se convierten,

por adiciones de H^+ en el ambiente reductor del rumen, en amoníaco (NH_3) y luego en amonio (NH_4^+), por lo cual la concentración de este último sirve como un indicador de la actividad proteolítica en el rumen.

Los protozoarios poseen mayor capacidad proteolítica que las bacterias y los hongos, pero debido a que se encuentran en menor cantidad son responsables solo del 10 al 20 % de la actividad proteolítica ruminal, a la que los hongos contribuyen en un porcentaje todavía menor y son fundamentalmente las bacterias las que realizan la mayor parte de la degradación proteica a nivel ruminal (más del 50 %). Independientemente del aporte proteico de la dieta, la mayor parte de las proteínas que llegan al intestino del rumiante son propias del soma bacteriano. Las bacterias poseen entre 30 y 50 % de proteína verdadera, con 70 a 75 % de digestibilidad y un valor biológico (indicador de calidad) aceptable (70 %), aportando los 10 aminoácidos considerados esenciales para los tejidos de mamíferos. Los protozoos no pueden sintetizar proteínas a partir del NH_4^+ y dependen de una fuente de aminoácidos preformados, como la dieta o bien otros microorganismos (bacterias, hongos u otros protozoarios) de los que se alimentan. Este efecto es claramente beneficioso para el rumiante que finalmente degradará al protozoario en su intestino y aprovechará sus proteínas. Sin embargo, se cree que los protozoos representan alrededor del 10 % de la biomasa microbiana del rumen y aportan un porcentaje aún menor de la proteína microbiana que llega al intestino, debido a que utilizan su motilidad para alejarse de la zona de escape. La cantidad de proteína bacteriana que llega al intestino depende del aporte energético de la dieta y de su equilibrio con el aporte nitrogenado (Relling, 2002)

2.1.1.7. Digestión de los lípidos

Los vegetales no son ricos en lípidos pero sí en ácidos grasos esenciales. Los lípidos se encuentran normalmente en bajas cantidades en los alimentos de origen vegetal. Los forrajes frescos poseen lípidos celulares y de superficie. Los primeros incluyen principalmente fosfolípidos, semejantes a los vistos en las membranas animales y glucolípidos de membrana, especialmente galactolípidos, ricos en ácidos grasos esenciales. Los lípidos de superficie incluyen ceras y cutina y carecen de valor nutritivo. El porcentaje de ácidos grasos en los forrajes verdes puede alcanzar el 8 a

10 % de la materia seca (MS) en el caso de pastos tiernos, observándose valores mínimos (0,5 a 1 % de la MS) en pastos henificados, o maduros. Los granos de oleaginosas, como girasol y soja, son ricos en lípidos (20-40 % de la MS) con un elevado contenido de triglicéridos. Las tortas, subproductos de la extracción del aceite, contienen hasta un 3 % de lípidos, mientras que los granos de cereales varían entre el 2,1 % (trigo) y el 7,1 % (avena). La cantidad de los ácidos grasos insaturados que llegan al intestino delgado es mínima debido al proceso de biohidrogenación que ocurre en el rumen.

Cuatro procesos ocurren a nivel ruminal con los lípidos: hidrólisis, biohidrogenación, síntesis y saponificación de ácidos grasos. De estos cuatro procesos, la hidrólisis, luego la biohidrogenación y la saponificación, se realizan siempre y en forma sucesiva. El primer paso de la digestión de las grasas en el rumen consiste en procesos de hidrólisis por lipasas bacterianas, ubicadas en la superficie de los microorganismos, por lo cual las bacterias necesitan adherirse a la superficie del alimento.

Como principales productos de la hidrólisis se liberan ácidos grasos y glicerol, sumados a alcoholes aminados derivados de los fosfolípidos y galactosa de los galactolípidos. Estos últimos junto con el glicerol son metabolizados y convertidos en AGV, que se absorben por la pared ruminal. A continuación, los ácidos grasos insaturados sufren un proceso de hidrogenación microbiana, o biohidrogenación, especialmente por bacterias adheridas al alimento. Esta hidrogenación no es completa, afecta entre el 70 y el 90 % de los ácidos grasos y queda un remanente que en parte es incorporado al propio soma bacteriano, pasando a ser una fuente de ácidos grasos esenciales e insaturados para el rumiante al ser absorbidos en el intestino.

La biohidrogenación resulta también útil al inactivar ciertos compuestos tóxicos como alcaloides, fenoles y estrógenos vegetales, y representa para el organismo un ahorro de vitamina E, encargada de proteger a los ácidos grasos insaturados de los procesos oxidativos. Debido al pH ácido del rumen los lípidos se saponifican formando jabones insolubles de calcio y de magnesio, y esta es la forma como el 70 a 80 % de los lípidos abandonan el rumen. El resto de los lípidos llegan al abomaso como fosfolípidos, especialmente de origen microbiano.

2.1.1.8. Absorción de ácidos grasos volátiles

Los ácidos grasos volátiles que se liberan en el rumen son aprovechados en parte por las bacterias que los utilizan para sintetizar algunos de sus componentes estructurales. La síntesis de proteína se realiza principalmente a partir del ácido acético, algunas bacterias sintetizan los ácidos grasos de cadena larga a partir del isobutírico. Los AGV se absorben por dos mecanismos diferentes, dependiendo de su estado de disociación. Cuando se encuentran en su forma no disociada y por lo tanto liposoluble, son absorbidos por difusión simple a través de la membrana luminal. Cuando los AGV se encuentran disociados la capa de hidratación les quita liposolubilidad y les aumenta el diámetro, impidiéndoles difundir por la membrana celular, por lo cual deben ser contra-transportados con bicarbonato intracelular. Aparentemente los mecanismos por los cuales los AGV abandonan la superficie basal son semejantes a los citados para la absorción luminal, sufriendo diferentes grados de metabolización (Zavaleta, 2009).

Con respecto al acetato, una pequeña cantidad puede ser utilizada como fuente energética en la mucosa, pero la gran mayoría pasa a la circulación portal, desde la cual será captado en un 20 % por el hígado y el resto pasará a la circulación general para ser tomado por otros tejidos. Con respecto al propionato una fracción es degradada o convertida en lactato antes o durante su absorción. El resto del propionato pasa a la circulación portal y un 95 % es captado por el hígado. El butirato absorbido es convertido casi en su totalidad en betahidroxibutirato en la propia mucosa ruminal. Este cuerpo cetónico, junto a la pequeña cantidad de butirato que queda, pasa a la circulación portal. La glucosa absorbida en el intestino llega generalmente en forma de almidón, ya sea libre o bien dentro de los protozoos. Es limitante para su digestión la falta de procesamiento del grano.

Cada ácido graso volátil posee un destino metabólico distinto. Los ácidos grasos volátiles con número par de carbonos (C2 y C4) pueden ser usados como fuente energética directa en cualquier tejido, ingresando como acetil-CoA al ciclo de Krebs, o bien ser empleados para sintetizar ácidos grasos, por lo cual se los considera lipogénicos. El propionato posee un destino completamente distinto, ya que es el único

de los tres AGV que puede ser convertido en glucosa. Debido a que la mayor parte de la glucosa consumida por los rumiantes es convertida en AGV en el rumen, la cantidad de glucosa que llega intacta al intestino y logra ser absorbida es muy limitada. Esta fracción cubre apenas el 5 al 15 % de los requerimientos cuando la dieta es rica en fibra, y llega al 30 % si ésta es rica en almidón con capacidad pasante. Estas características hacen que los rumiantes deban sintetizar la glucosa que necesitan a partir de compuestos no glucídicos (gluconeogénesis). Esta función la realiza principalmente el hígado y secundariamente el riñón. El hígado es el principal órgano formador de glucosa y llega a sintetizar hasta el 85 a 90 % del total cuando se emplean dietas ricas en fibra.

2.1.1.9. Absorción de péptidos y aminoácidos

La absorción de aminoácidos en el rumiante, a diferencia de los no rumiantes, se realiza principalmente en el íleon. Se absorben tanto aminoácidos libres como en forma de péptidos pequeños. Los mecanismos de absorción que no dependen de transportadores, como difusión por canales, endocitosis o por vía paracelular poseen una importancia menor. Se han identificado numerosos transportadores, los cuales poseen especificidad por el tipo de aminoácido a absorber, y generalmente funcionan asociados a la captación de Na⁺. Se han descrito mecanismos de cotransporte secundario para aminoácidos libres y terciario para péptidos pequeños. Los aminoácidos salen del enterocito por difusión facilitada y aunque pasan a la circulación portal la asociación entre los absorbidos y los encontrados en la sangre suele ser baja. Esto se debe al elevado recambio proteico en el propio intestino así como el tejido adiposo del omento y el sistema vascular que lo irriga. El tipo de aminoácido utilizado como fuente energética va a depender de la dieta, pero en caso de exceso de aminoácidos hay algunos, como leucina o valina, que son oxidados preferentemente con respecto a otros, como fenilalanina o histidina. Como la oxidación de estos aminoácidos no es completa hasta CO₂ y agua, el intestino produce una gran cantidad de alanina. El elevado recambio proteico explica la gran capacidad de adaptación del intestino a los productos de absorción durante los cambios en la dieta. Los aminoácidos absorbidos desde el lumen intestinal, sumados a los que provienen del recambio proteico del enterocito y a los que llegaron por sangre arterial, pasan a la

circulación y se suman a un pool de aminoácidos libres, del cual toman y ceden aminoácidos todos los tejidos, dependiendo de su estado de recambio y balance proteico (Relling, 2002).

2.1.1.10. Absorción de lípidos

La mayoría de los productos finales de la degradación de lípidos en el rumen se absorben en la propia pared ruminal. Otros ácidos grasos que no se absorben son utilizados por las bacterias para formar fosfolípidos de membrana. Los lípidos que no son degradados a compuestos tales que puedan ser absorbidos en el rumen, son en su mayoría ácidos grasos saturados (85-90%) principalmente palmítico y esteárico, ligados a partículas de alimento y a microorganismos. El resto de lípidos que salen del rumen (10-15%) lo hace formando parte de las paredes celulares de los microorganismos. Estos lípidos son digeridos y absorbidos en el intestino.

El metabolismo lipídico se asocia al metabolismo energético del animal, esto debido a que aporta por unidad de peso el doble de energía que las proteínas o los hidratos de carbono, a su vez también se puede almacenar en poco espacio, gracias a su baja concentración de agua (Regueiro, 2008)

2.2. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DE BOVINOS DE LECHE

La naturaleza forrajera de los rumiantes hacen que estos sean dependientes de las pasturas o forrajes que son alimentos con los que cubren la mayor parte de sus necesidades de: mantenimiento, producción, crecimiento y gestación. Los avances tecnológicos en materia de nutrición han generado nuevas formas de alimentación para bovinos, tanto de tipo cárnico como de lechero con el fin de satisfacer la siempre creciente demanda de carne y leche. Las nuevas formas de alimentación se basan en el uso masivo de alimentos concentrados que se integran a las dietas en las diferentes etapas del ciclo productivo y con diferentes propósitos (Martínez, 2015)

La cantidad de concentrado depende de varios componentes como es la edad del pasto, la época o temporada, las necesidades nutricionales, tamaño del animal, el potencial productivo. Las vacas de alta producción tienen una excelente respuesta a

la suplementación con concentrados, sin embargo, vacas de gran tamaño tienen altas demandas para mantenimiento por lo que su capacidad de respuesta puede ser baja. Así mismo, animales que no presentan adecuada conformación corporal no tienen buenos rendimientos ya que gran parte de los nutrientes se destinan a la recuperación y formación de tejidos (Santacoloma, 2009).

2.2.1. Proteína

Las necesidades proteicas del ganado lechero se calculan de forma factorial, considerando aspectos como: mantenimiento, crecimiento, gestación y lactación, y se determinan en gramos proteína metabolizable (PM o PDI). En el rumiante, el aporte de la proteína metabolizable tiene dos orígenes: la proteína microbiana sintetizada en el rumen y la proteína de origen alimentario. La síntesis de proteína microbiana depende de la disponibilidad de energía fermentable y proteína disponible en el rumen, y de la eficiencia de síntesis de proteína microbiana (FEDNA, 2009).

2.2.2. Aminoácidos

Las necesidades de aminoácidos en vacuno lechero sólo se han determinado genéricamente para la lisina y la metionina, aunque en algunas condiciones, la arginina y la histidina también pueden ser limitantes para la producción de leche. Las necesidades de aminoácidos del vacuno lechero adulto se conocen con poca certeza, pero tanto el NRC (2001) como el INRA (2007) recomiendan el aporte de 2,4 y 7,2% del total de la PM como metionina y lisina, respectivamente.

2.2.3. Energía

Las necesidades energéticas se calculan de forma factorial considerando factores como: mantenimiento, gestación, crecimiento y producción. En las necesidades de mantenimiento incluyen un margen de seguridad del 10% para cubrir los gastos energéticos resultantes de la actividad normal de vacas en estabulación libre. Las necesidades de producción deben considerar la composición química de la leche, sobre todo en relación al contenido graso, no sólo porque tiene un valor energético elevado respecto a los otros componentes, sino porque varía considerablemente entre

animales y/o explotaciones. La formulación de raciones en el postparto debe realizarse una vez considerado el aporte energético de la grasa y proteína movilizada. El valor energético del peso corporal movilizado depende de la proporción de grasa y proteína, a los que se les asigna un valor energético de 9,40 y 5,55 Mcal/g, respectivamente (Pendini, 2009).

2.2.4. Vitaminas

El contenido de vitaminas en un alimento no se determina con regularidad, pero las vitaminas son esenciales en pequeñas cantidades para mantener la salud. Las vitaminas se clasifican como solubles en agua o hidrosolubles (9 vitaminas del complejo B y vitamina C) y solubles en grasa o liposolubles (β -caroteno, o provitamina A, vitaminas D3, E y K). En las vacas, las vitaminas del complejo B no son esenciales porque las bacterias del rumen las pueden sintetizar. Las vitaminas son sustancias orgánicas imprescindibles para la evolución normal de los procesos vitales en el organismo animal. Son necesarias para mantener la salud y la capacidad de rendimiento. Por regla general, el organismo animal no puede sintetizar por sí mismo las vitaminas. Se hace una distinción entre vitaminas liposolubles e hidrosolubles.

La carencia total o parcial de una o más vitaminas ocasiona múltiples trastornos metabólicos, que se reflejan en disminución del rendimiento de todo tipo, retrasos en el crecimiento, trastornos en la reproducción y diversas enfermedades. Las vitaminas A D y E son las más importantes para los bovinos. Las vitaminas del grupo B y la vitamina K son sintetizadas por las bacterias del rumen. Las deficiencias de vitamina A disminuyen el apetito, se presenta pérdida de peso, diarrea, ceguera y crías débiles. Los microbios del rumen sintetizan vitaminas del complejo B, C y K; y normalmente no hay que suplementar estas vitaminas.

2.2.5. Minerales

Los minerales se clasifican en macro-minerales y micro-minerales. Los primeros se requieren en mayores cantidades, entre ellos tenemos: Ca, P, Na, K, Cl, Mg y S. Los micro-minerales u oligoelementos son imprescindibles para el organismo, ya que constituyen parte integrante de ciertas sustancias orgánicas importantes (hormonas, enzimas y otras proteínas activas). Por lo tanto, pertenecen al grupo de factores

indispensables de la alimentación. La insuficiencia de oligoelementos se refleja en síntomas característicos de carencia, como la anemia por falta de hierro. Se ha demostrado claramente que el hierro, cobre, cobalto, manganeso, zinc, yodo, molibdeno y selenio son oligoelementos indispensables, es decir, esenciales para la vida (Martínez, 2015).

2.3. SUPLEMENTACIÓN ALIMENTICIA

La suplementación permite compensar los desbalances nutricionales de la pradera y aumentar el consumo de nutrientes, fundamentalmente de energía. Los beneficios pueden ser diversos según sea el caso: aumento de la producción de leche, mejora de la condición corporal, de la fertilidad y de la salud de las vacas, e incremento de la carga animal por hectárea (Parga, 2009).

Las vacas lecheras de alto potencial para producción lechera también tienen altos requerimientos de 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.

2.3.1. 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. Se consideran tres fracciones de proteína alimenticia: A, B y C. La fracción A incluye la proteína bruta en forma de nitrógeno no proteico y la proteína verdadera que se solubiliza inmediatamente en el rumen. La fracción C es el porcentaje de proteína bruta que es totalmente indegradable. 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 (Linn, 2001).

2.3.2. Suplementación Energética

Los hidratos de carbono se dividen en hidratos de carbono fibrosos (CF), equivalentes a la fibra neutro detergente (FND), y los hidratos de carbono no fibrosos (CNF; principalmente almidón, azúcares libres, pectinas y productos de la fermentación de silos). La formulación correcta de raciones debe buscar el equilibrio entre la ingestión máxima de energía (reduciendo el aporte de FND e incrementando los CNF) y el mantenimiento de las funciones y condiciones normales del rumen (aportando unos niveles mínimos de FND). El exceso de FND puede limitar la ingestión de MS. Por ello, se recomienda que la ingestión de FND no supere el 1,4-1,5% del PV o el 1,1% del PV en forma de FND procedente de forrajes (FEDNA, 2009).

2.3.3. Suplementación de Vitaminas y Minerales

Los aportes de minerales y vitaminas se establecen como recomendaciones generales, e incluyen un amplio margen de seguridad con el objetivo de cubrir posibles variaciones en el contenido de estos minerales en los ingredientes utilizados. Las recomendaciones de macrominerales consideran los aportes de los ingredientes, pero los niveles de microminerales y vitaminas se refieren a la incorporación a través del corrector vitamínico-mineral. Las recomendaciones de minerales se establecen en cantidades totales, pero las necesidades se calculan en unidades de mineral absorbible, por lo que la recomendación final dependerá no sólo del estado y nivel productivo del animal, sino de la disponibilidad del mineral aportado en los ingredientes.

2.4. QUIEBRA BARRIGA (*Trichanthera gigantea*)

2.4.1. Características de la Planta

Quiebra barriga (*Trichanthera gigantea*) conocida también como: nacedero, yátago, madre de agua, palo de agua (Saavedra, 2014). Es un árbol vistoso, mediano que alcanza de 4 a 12 metros de altura y copa de 6 m de diámetro muy ramificado, las

ramas poseen nudos pronunciados, hojas opuestas aserradas y vellosas de color verde oscuras por el haz y más claras en el envés, las flores dispuestas en racimos terminales, son acampanadas de color amarillo ocre con anteras pubescentes que sobre salen a la corola, el fruto es una cápsula pequeña redonda con varias semillas orbiculares (Milera, 1995).

Pertenece a la familia Acanthaceae, pero al igual que las leguminosas también tiene la virtud de fijar nitrógeno atmosférico al asociarse en simbiosis con Actinomicetos y bacterias del género Frankia (Pineda, 2014).

Cuadro 1. Clasificación botánica del quiebra barriga (*Trichanthera gigantea*).

Reino	Plantae
Phylum	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Scrophulariales
Familia	Acanthaceae
Género	Trichanthera
Epíteto específico	Gigantea

Fuente: (UNAL, 2009)

2.4.2. Usos

El *Trichanthera gigantea* es un árbol tropical de usos múltiples, originario del norte de Sudamérica. Tradicionalmente es utilizado como planta medicinal, sin embargo en algunos lugares se utiliza como parte de la dieta alimenticia de los rumiantes, para protección de cuencas hidrográficas, como cercas vivas y para la conservación de nacimientos de agua. En algunas regiones de Colombia se emplean como una parte de cultivos multiestratos (café, cacao, huertos habitacionales) (Gómez, 2002).

2.4.3. Adaptación

Tiene un rango muy amplio de distribución y por lo tanto posee una gran capacidad de adaptarse a diferentes ecosistemas. Crece en suelos profundos y de buen drenaje, tolera muy bien los suelos ácidos. Se adapta desde el nivel del mar hasta 2,500 metros de altitud.

2.4.4. Cultivo y Propagación

El establecimiento de esta forrajera debe hacerse durante la época lluviosa ya que el quiebra barriga como cualquier otra planta en esta etapa requiere de suficiente humedad y es altamente sensible a la falta de agua por períodos muy prolongados (Pineda, 2014). La germinación por semilla es muy baja del 0 al 2%, el éxito para la propagación de estas plantas es mediante estacas con tres nudos y 2,5 cm de diámetro, generalmente plantadas a distancias de un metro entre surcos y un metro entre plantas, debido a que estas plantas crecen entre 8 y 12 metros. La siembra mediante estaca se puede realizar directamente en el suelo o en fundas de polietileno en invernadero.

Una vez establecido el cultivo es recomendable realizar un corte cada 3 meses a una altura de 1m que permita realizar el control de malezas, se debe dejar un tallo principal y teniendo cuidado de no atrofiar los puntos de crecimiento (nudos) para la formación de follaje en los posteriores cortes. Es una planta sumamente bondadosa pues en condiciones naturales no presenta ningún tipo de enfermedades ni está asociada al desarrollo de plagas (Gómez, 2002).

Con relación al uso de fertilizantes, siempre se recomienda aplicar periódicamente abono orgánico al suelo, para reponer la extracción de calcio, fósforo y otros elementos, además de mantener los niveles adecuados de materia orgánica en el suelo (Pineda, 2014).

2.4.5. Valor Nutritivo

El follaje del quiebra barriga presenta un alto valor nutritivo y es considerado una fuente promisoría de forraje de alto valor proteico, que produce un elevado rendimiento de hojas cuando el follaje de otras plantas desaparece en la época seca. El forraje que en un 70% está conformado por hojas, posee 20 por ciento de materia seca, con una concentración promedio de 18 por ciento de proteína cruda en base seca, así como altos nivel de calcio y fósforo.

El contenido nutricional varía mucho de acuerdo al tipo de explotación y cultivo de esta planta.

Cuadro 2. *Composición nutricional de las hojas de Trichanthera gigantea.*

Indicadores	Valor
Proteína cruda	15 – 22%
Fibra	20 – 27 %
Materia seca	16 – 20%
Calcio	2,2 – 3,4 %
Fósforo	0,26 – 0,43 %

Fuente (FAO, 2008)

2.4.6. Compuestos Antinutricionales

Los metabolitos secundarios que poseen las plantas desarrollándolos como mecanismo de coevolución contra los herbívoros (insectos) actúan en algunas ocasiones como medio de defensa ante los consumidores. En los animales domésticos puede causar efectos benéficos como reducción de grasa en canal, control de parásitos internos, reducción de riesgo de timpanismo y además protege la proteína haciendo que sobrepase la fermentación del rumen.

En cuanto a fenoles se pueden encontrar proporciones de 450ppm (expresado como ácido cafético), y esteroides 0,062% (expresado como colesterol), no se han encontrado alcaloides y el contenido de saponinas y esteroides es muy bajo (Gómez, 2002).

2.5. TRABAJOS RELACIONADOS

Gualán (2015) En su trabajo denominado “EFECTO DE QUIEBRA BARRIGA (*Trichanthera gigantea*) Y BOTÓN DE ORO (*Tithonia diversifolia*) COMO SUPLEMENTACIÓN ALIMENTICIA EN EL ENGORDE DE TORETES HOLSTEIN FRIESIAN MESTIZOS, EN EL CANTÓN YANTZAZA”, llevado a cabo en la Finca Experimental El Padmi perteneciente al cantón Yantzaza, en donde se evaluó el efecto de la suplementación con especies arbustivas forrajeras, en el engorde de toretes. Se estudiaron las siguientes variables: consumo de alimento, incremento de peso, conversión alimenticia, valor nutritivo de las arbóreas, palatabilidad y rentabilidad, para lo cual se utilizó 6 toretes holstein friesian mestizos, que fueron distribuidos en un diseño de doble cuadrado latino 3 x 3. Los tratamientos fueron: (T1) pasto picado + suplementación de quiebra barriga; (T2) pasto picado + suplementación de botón de oro; y, (T3) pasto picado. Los resultados demostraron un mayor consumo en el T2 (botón de oro) con 5,06 Kg/día. El mayor incremento de peso fue mayor en el T2 con 0,619 Kg/día. La mejor conversión alimenticia obtuvo el quiebra barriga, demostrándose que se necesita 47,4 kg de pasto y 6,1 kg de suplemento, para convertir un kilogramo de carne. La arbustiva con mayor porcentaje de proteína fue el quiebra barriga con 19,33 %, superando al botón de oro con 15,35 %.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIALES

3.1.1. Materiales de Campo

- Cuatro vacas en producción
- Establo
- Instalaciones de ordeño
- Picadora de pasto
- Báscula
- Caña de azúcar
- Quiebra barriga deshidratado
- Harina de maíz
- Soya
- Sales minerales
- Recipientes para raciones
- Balanza digital
- Lactoscan
- Recipientes para muestreo de leche
- Cámara fotográfica
- Registros
- Vestimenta de campo

3.1.2. Materiales de Oficina

- Computadora
- Impresora
- Materiales de oficina

3.2. MÉTODOS

3.2.1. Ubicación

La presente investigación se ejecutó en la quinta experimental “Punzara” de la Universidad Nacional de Loja, ubicada a 2235 msnm, con una temperatura media anual de 15,9°C, precipitación anual de 906,9 mm, humedad relativa del 74,5%, correspondiéndole una formación ecológica Bosque seco Montano bajo (Bs - Mb).

3.2.2. Descripción y Adecuación de las Instalaciones

Se trabajó en un establo debidamente equipado, con un bebedero central, comederos, picadora de pastos, área de ensilaje (bodega), sala de ordeño, mangas corral de espera, báscula, etc.

3.2.3. Descripción e Identificación de las Unidades Experimentales

Se utilizaron 4 vacas mestizas Holstein friesian en producción, de partos similares (edades) y curvas productivas de ± 1 mes de diferencia, con un peso promedio de 483 ± 33 kg y una producción media diaria de $7,8 \pm 1,10$ l/vaca, con su respectivo arete de identificación.

3.2.4. Formulación y Elaboración de las Raciones Experimentales

Mediante el método de tanteo, se formularon cuatro raciones isoproteínicas (14%) (cuadro 3). Previo a la elaboración de las raciones, se procedió a la recolección, secado y picado del quiebra barriga; luego se mezclaron los ingredientes de las raciones y se almacenaron en sacos de nylon, quedando listas para su administración.

Cuadro 3. Composición de las raciones experimentales

Insumos	Ración 1	Ración 2	Ración 3	Ración 4
Caña	50,0	50,0	50,0	50,0
Maíz	28,5	21,5	14,0	6,5
Soya	21,0	18,0	15,5	13,0
Quiebra barriga	0	10,0	20,0	30,0
Sales mineral	0,5	0,5	0,5	0,5
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0

3.2.5. Descripción de los Tratamientos

Se evaluaron cuatro raciones suplementarias, de la siguiente manera:

3.2.5.1. Tratamiento uno

Correspondiente al grupo testigo, a los cuales se suministró 2 kg de la ración suplementaria uno, sin inclusión de quiebra barriga, 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 inclusión de quiebra barriga, 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 inclusión de quiebra barriga en su composición, durante 10 días de adaptación y 5 días de evaluación.

3.2.5.4. Tratamiento cuatro

Consistió en el suministro de 2 kg de la ración suplementaria cuatro, con 30% de inclusión de quiebra barriga en su composición, durante 10 días de adaptación y 5 días de evaluación.

3.2.6. Diseño Experimental

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

Cuadro 4. Esquema del experimento

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

A = ración 1; B = ración 2; C = ración 3; D = ración 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. Valoración química de los alimentos

En el laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja, se realizó el análisis químico proximal de las raciones experimentales, considerando los siguientes componentes:

- Materia seca (MS)
- Cenizas
- Fibra bruta (FB)
- Proteína bruta (PB)

3.2.8.2. Consumo de alimento

El consumo de alimento se valoró por diferencia de peso, donde se consideró 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, valorando principalmente la aceptación por parte de los animales.

3.2.8.3. Producción de leche

Se realizó el control diario de la producción individual de las unidades experimentales, en cada uno de los tratamientos (periodos) una vez transcurridos los días de adaptación.

3.2.8.4. Calidad de la leche

A través de la observación directa se valoró las características organolépticas de la leche; a su vez con la ayuda del equipo de Lactoscan, se realizó el análisis químico para determinar el contenido de grasa y proteína, las mismas que se efectuaron al inicio y finalización del periodo de evaluación.

3.2.8.5. Incremento de peso

Se tomó y registró el peso al inicio y final de cada periodo experimental con los animales en ayunas; el cambio de peso se calculó por diferencia entre el peso inicial y el peso final.

3.2.8.6. Rentabilidad

Se hizo una relación entre los ingresos y los costos generados en la investigación al término de la misma, para lo cual se utilizó la siguiente fórmula:

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

R= rentabilidad; IN= Ingreso Neto; CT= Costo Total

Para los costos se consideraron los siguientes rubros: costo de la alimentación, instalaciones, mano de obra, sanidad. Los ingresos se obtuvieron por la venta de leche.

3.2.9. Análisis Estadístico

Con la ayuda del programa estadístico Infostat versión 2012, se realizó el análisis de varianza (*P-valor*, *E. Estándar*) de las variables de consumo de alimento, producción láctea, calidad de la leche y cambio de peso. Esto mediante un diseño cuadrado latino 4 x 4, aplicándose la prueba de Tukey para comparación de promedios ($p \leq$ o $\geq 0,05$), considerando estadísticamente significativos las variables con un valor de $\leq 0,05$.

4. RESULTADOS

4.1. ANÁLISIS QUÍMICO DE LAS RACIONES

Se realizó el análisis bromatológico de las raciones experimentales, los resultados se detallan en el cuadro 5.

Cuadro 5. Composición bromatológica de las raciones experimentales

Raciones	Materia seca (%)	Cenizas (%)	Proteína cruda (%)	Fibra cruda (%)
Ración 1 (0% Q. barriga)	55,49	3,95	20,48	10,29
Ración 2 (10% Q. barriga)	56,81	6,23	20,34	11,11
Ración 3 (20% Q. barriga)	51,79	7,78	19,85	16,39
Ración 4 (30% Q. barriga)	56,96	12,15	20,07	17,67

La composición bromatológica de las raciones experimentales presentó variaciones en el contenido de materia seca que van del 51,79% en la ración tres al 56,96% en la ración cuatro; el contenido de proteína cruda estuvo por el orden de 20,48% para el grupo testigo y 19,85 % para la ración tres; mientras que el contenido de fibra cruda osciló entre 10,29% y 17,67% en las raciones uno y cuatro respectivamente.

4.2. CONSUMO DE ALIMENTO

El consumo de 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 (kg).

N. Animal	Consumo de alimento (kg/día)			
	T1 (0% QB)	T2 (10% QB)	T3 (20% QB)	T4 (30% QB)
1	13,71	14,04	13,73	13,89
2	16,35	16,26	16,31	16,35
3	14,91	14,97	14,78	15,12
4	16,41	16,26	16,22	16,14
Total	61,38	61,53	61,04	61,50
Promedio	15,35^a	15,38^a	15,26^b	15,37^a

El consumo de alimento fue estadísticamente superior ($P=0,0182$) en el tratamiento dos correspondiente a la ración con el 10% de quiebra barriga, con 15,38 kg/día; mientras que el tratamiento tres (20% de quiebra barriga) presentó menor consumo con 15,26 kg por día de materia seca ingerida.

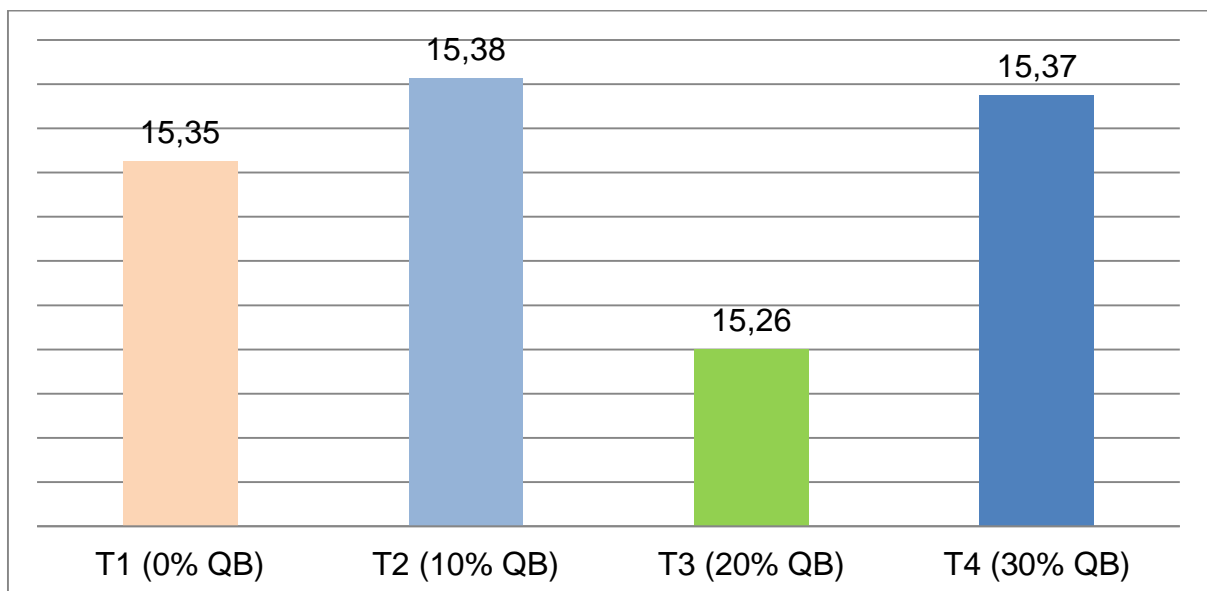


Figura 1. Consumo de alimento (MS) en vacas Holstein en pastoreo con cuatro raciones suplementarias (kg).

4.3. PRODUCCIÓN DE LECHE

Se registró la producción de leche de cada unidad experimental durante los 5 días de cada periodo experimental, luego se promedió para obtener la producción diaria por animal; los resultados se resumen el cuadro 7 y figura 2.

Cuadro 7. Producción de leche en vacas Holstein en pastoreo con cuatro raciones suplementarias (l/vaca/día).

N. Animal	Producción láctea (l/vaca/día)			
	T1 (0% QB)	T2 (10% QB)	T3 (20% QB)	T4 (30% QB)
1	6,40	8,00	7,80	8,40
2	10,40	8,20	10,60	10,40
3	7,80	8,40	7,40	8,00
4	8,40	8,40	8,00	7,60
Total	33,00	33,00	33,80	34,40
Promedio	8,25 ^a	8,25 ^a	8,45 ^a	8,60 ^a

No se detectó diferencia estadística ($P=0,71$) en la producción de leche de los cuatro tratamientos; con un valor medio de 8,60 l/vaca/día en el tratamiento cuatro; mientras que el grupo testigo produjo 8,25 l/vaca/día, evidenciando una diferencia mínima de 0,35 l/día entre los dos grupos experimentales.

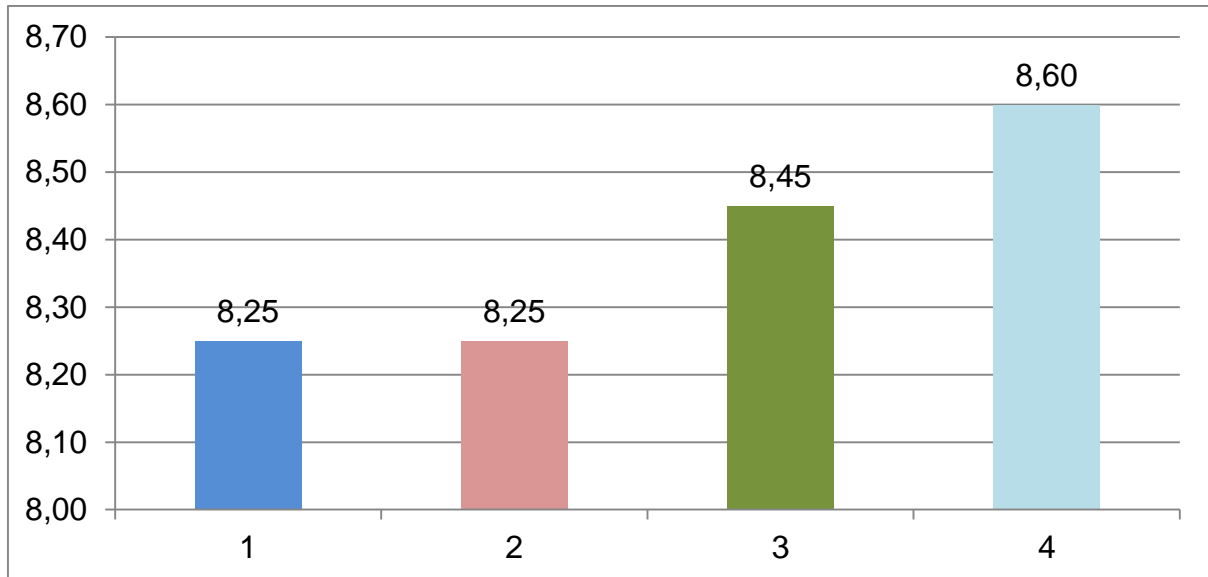


Figura 2. Producción de leche en vacas Holstein en pastoreo con cuatro raciones suplementarias (l/vaca/día).

4.4. CALIDAD DE LECHE

4.4.1. Características Organolépticas

Las características organolépticas de la leche como color, olor y sabor, no se vieron afectados por el suministro de las raciones experimentales.

4.4.2. Composición Química

4.4.2.1. 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 quiebra barriga (%).

N. Animal	Contenido de grasa (%)			
	T1 (0% QB)	T2 (10% QB)	T3 (20% QB)	T4 (30% QB)
1	4,18	4,19	3,92	4,27
2	3,37	3,58	3,99	3,74
3	3,54	3,71	3,85	4,39
4	3,70	4,13	3,57	3,42
Total	14,79	15,61	15,33	15,82
Promedio	3,70 ^a	3,90 ^a	3,83 ^a	3,96 ^a

El contenido de grasa no presentó diferencia estadística ($P=0,65$), evidenciándose una disminución progresiva a medida que se disminuyó el nivel de inclusión; llegando a un porcentaje del 3,70% en la ración uno (0% de quiebra barriga).

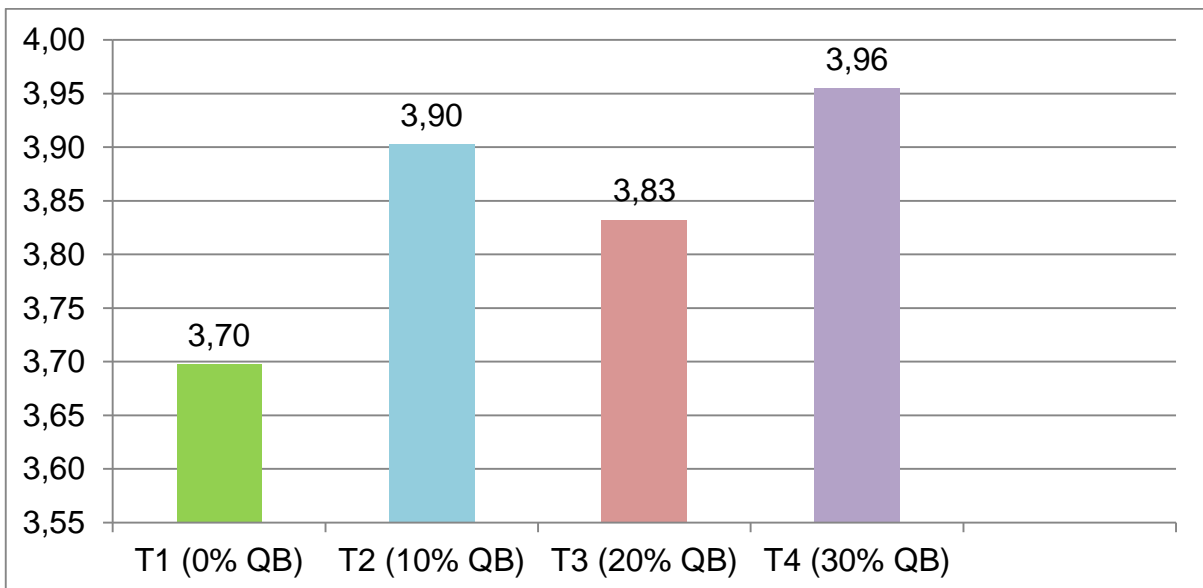


Figura 3. Contenido de grasa de la leche en vacas Holstein alimentadas con cuatro raciones suplementarias a base de quiebra barriga (%).

4.4.2.2. Contenida de proteína

El contenido de proteína de la leche, se vio afectada por acción de las raciones experimentales. Los resultados se detallan en el siguiente cuadro y figura.

Cuadro 9. Contenido de proteína de la leche en vacas Holstein con raciones suplementarias a base de quiebra barriga (%).

N. Animal	Contenido de proteína (%)			
	T1 (0% QB)	T2 (10% QB)	T3 (20% QB)	T4 (30% QB)
1	2,82	2,82	2,80	2,85
2	2,88	2,93	2,91	2,98
3	2,87	2,92	2,98	3,00
4	2,97	2,92	2,90	3,04
Total	11,54	11,59	11,59	11,87
Promedio	2,89 ^b	2,90 ^b	2,90 ^b	2,97 ^a

El contenido de proteína fue estadísticamente superior ($P= 0,01$) en el tratamiento 4 2,97%; mientras que en el grupo testigo presentó un contenido de proteína del 2,89%; evidenciándose una diferencia de 0,08% entre los dos grupos.

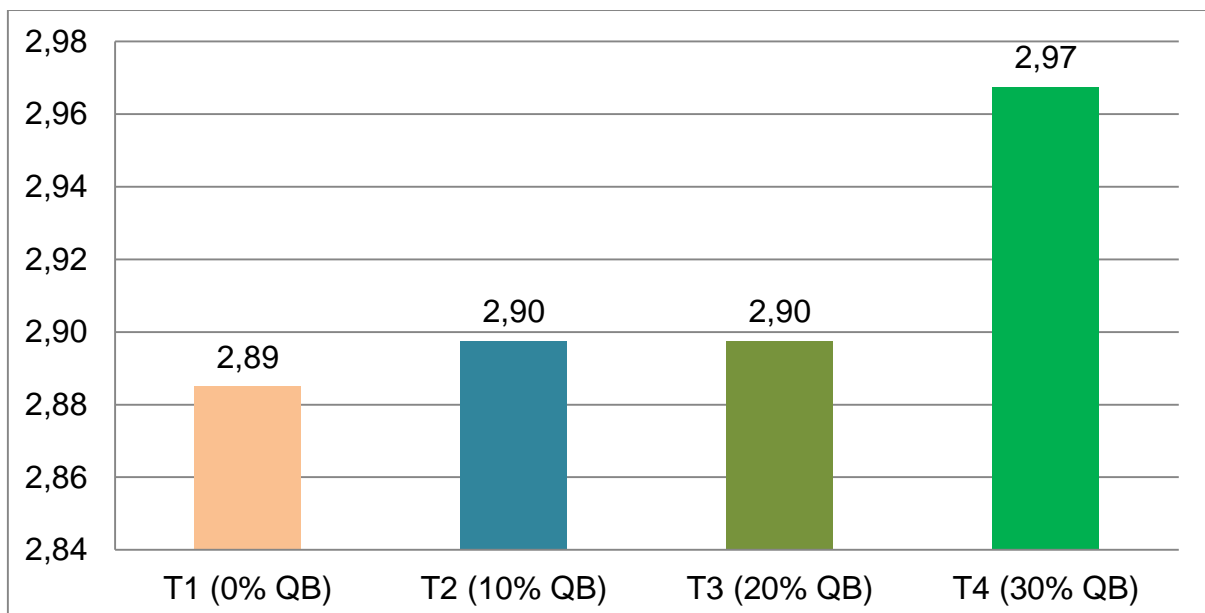


Figura 4. Contenido de proteína de la leche en vacas Holstein con cuatro raciones suplementarias a base de quiebra barriga (%).

4.5. INCREMENTO DE PESO

Se registró el peso al inicio y final de cada periodo, a la misma hora, y con los animales en ayunas, los resultados se presentan en el cuadro y figura.

Cuadro 10. Cambio de peso en vacas Holstein alimentadas con raciones suplementarias a base de quiebra barriga (g/d).

N. Animal	Incremento de peso g/d			
	T1 (0% QB)	T2 (10% QB)	T3 (20% QB)	T4 (30% QB)
1	200	200	133	333
2	67	200	200	67
3	133	333	133	333
4	133	133	267	267
Total	533	867	733	1000
Promedio	133 ^a	217 ^a	183 ^a	250 ^a

No se detectó diferencia estadística en el cambio de peso de las vacas en los cuatro grupos experimentales; sin embargo todos los animales evidenciaron un incremento de peso a medida que se elevó la inclusión de quiebra barriga, siendo el tratamiento cuatro el que obtuvo mayor ganancia con 250 g/día.

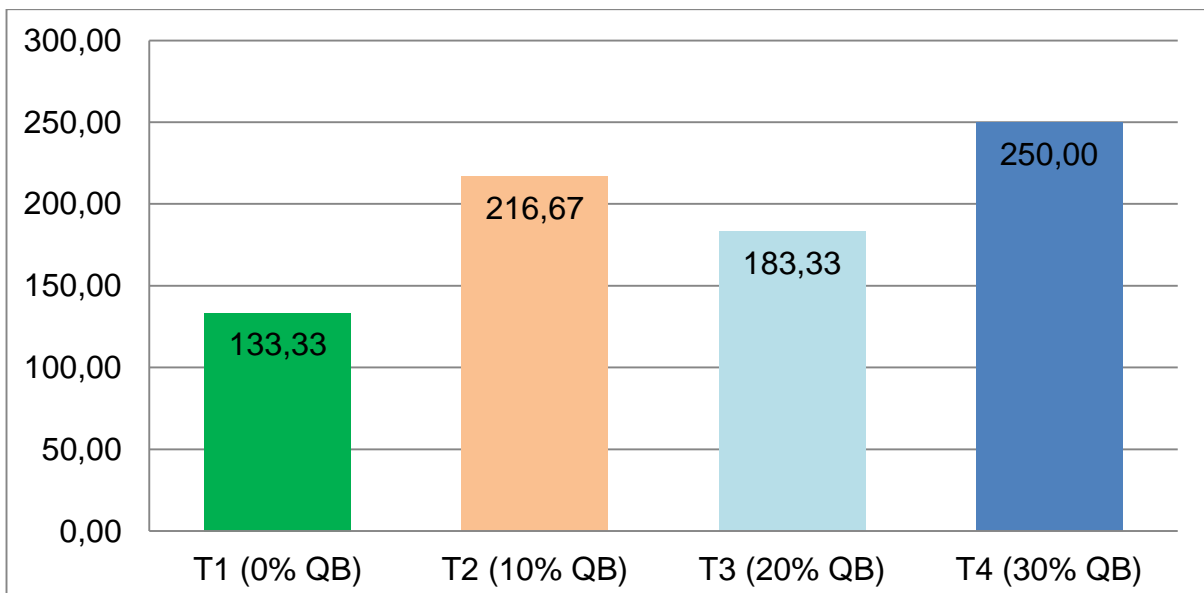


Figura 5. Ganancia de peso en vacas Holstein alimentadas con raciones suplementarias a base de quiebra barriga.

4.6. ANÁLISIS ECONÓMICO

Se determinó la rentabilidad, relacionando los costos de producción y los ingresos generados, en cada uno de los grupos experimentales. Para los costos se consideró: la alimentación, sanidad, instalaciones y mano de obra; mientras que los ingresos se estimaron en base a la venta de la leche producida durante los cinco días de cada periodo experimental.

4.6.1. Costos de Producción

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

4.6.1.1. Alimentación

- a. Forraje.-** Se consideró el valor de arrendamiento del potrero de 1 ha, a razón de \$ 70 por los 60 días que duró el experimento, que dividido para las 4 vacas y los cuatro periodos de ensayo, resultó un costo \$ 4,38.
- b. Ración experimental.-** Se consideró el precio de cada ración y la cantidad de consumida durante el periodo de evaluación, generando los siguientes costos:

Cuadro 11. Costo de las raciones experimentales.

Tratamientos	Precio / kg \$	Consumo / día kg	Nº. Días	Subtotal \$
T1 (0%QB)	0,32	2	5	3,20
T2 (10%QB)	0,28	2	5	2,80
T3 (20%QB)	0,25	2	5	2,50
T4 (30%QB)	0,21	2	5	2,10

4.6.1.2. Sanidad

Previo a la aplicación de los tratamientos se realizó una desparasitación y vitaminización de los animales, para lo cual se utilizaron los siguientes productos: Ivermectina 1%, Amitraz 20,8%, Vitaminas AD₃E, jeringas, agujas, con un costo total

de \$ 18,0 que dividido para 4 vacas y los cuatro periodos generó un costo de \$ 1 por animal.

4.6.1.3. Instalaciones

Para la adecuación del área de secado de las hojas de quiebra barriga y el uso de la picadora de pasto, se consideró un valor de \$ 12,00, que dividido para las cuatro unidades experimentales generó un costo de \$ 3,0.

4.6.1.4. Mano de obra

Se consideró que para las labores de preparación y suministro de las raciones experimentales, manejo de los animales, ordeño, muestreo y análisis de la leche; 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 de toma de datos por tratamiento generó un valor total de \$9,35 que dividido para las cuatro vacas resultó un costo de \$ 2,34 por animal.

4.6.2. Ingresos

El precio de venta de la leche se estimó en \$ 0,42 el litro. A continuación se detalla los ingresos generados en cada tratamiento, por concepto de venta de la leche.

Cuadro 12. Ingresos por venta de leche

Tratamientos	Producción de leche (l/día)	Por 5 días de tratamiento (l)	Precio/litro (\$)	Total \$
T1 (0%QB)	8,25	41,25	0,42	17,33
T2 (10%QB)	8,25	41,25	0,42	17,33
T3 (20%QB)	8,45	42,25	0,42	17,75
T4 (30%QB)	8,60	43,00	0,42	18,06

4.6.3. Rentabilidad

Una vez obtenido los costos de producción e ingresos, se procedió a calcular la rentabilidad para cada tratamiento. Los resultados se detallan en el siguiente cuadro y figura.

Cuadro 13. Costos, ingresos y rentabilidad de los cuatro grupos experimentales (%).

RUBROS	TRATAMIENTOS			
	T1 (0% QB)	T2 (10% QB)	T3 (20% QB)	T4 (30% QB)
A. COSTOS				
Forraje	4,38	4,38	4,38	4,38
Ración	3,20	2,80	2,50	2,10
Sanidad	1,00	1,00	1,00	1,00
Instalaciones	3,00	3,00	3,00	3,00
Mano de obra	2,34	2,34	2,34	2,34
Costo total	13,92	13,52	13,22	12,82
B. INGRESOS				
Ingreso total	17,33	17,33	17,75	18,06
Ingreso neto	3,41	3,81	4,53	5,24
C. RENTABILIDAD %	24,50	28,18	34,27	40,87

El tratamiento cuatro alcanzó la mayor rentabilidad con 40,87%; lo que significa, que por cada \$100 de inversión se gana \$ 40,87.

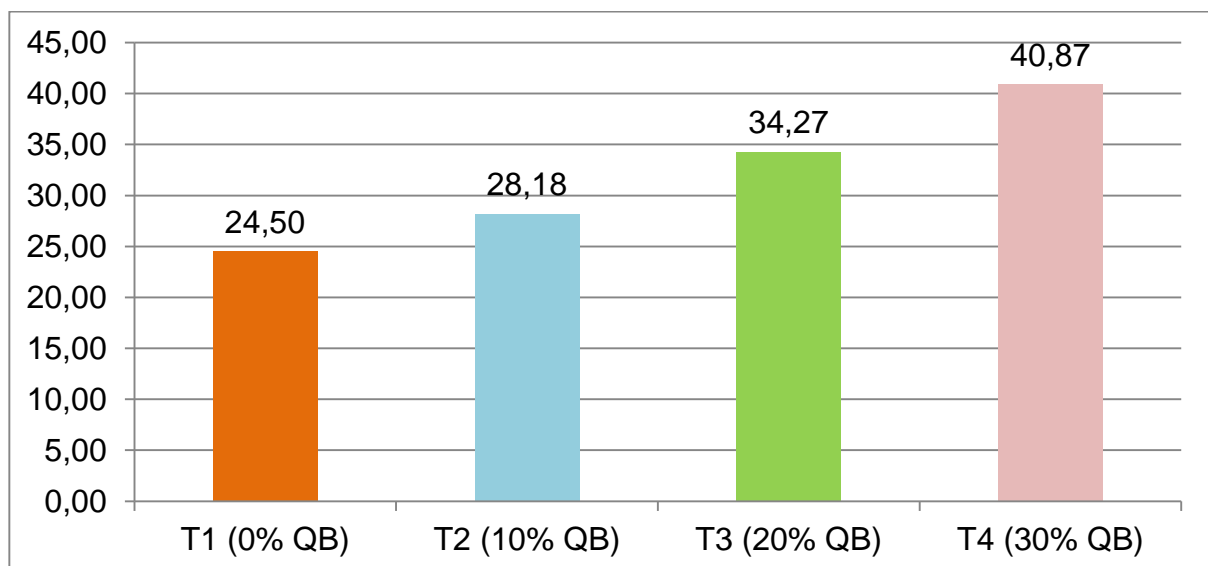


Figura 6. Rentabilidad en vacas Holstein en producción con cuatro raciones experimentales a base de quiebra barriga (%).

Cuadro 14: Relación beneficio costo de los tratamientos aplicados $Rb/c \frac{IT}{CT}$

Relación beneficio costo			
T1 (0% QB)	T2 (10% QB)	T3 (20% QB)	T4 (30% QB)
1,24	1,28	1,34	1,40

La relación beneficio costo de los tratamientos aplicados demostró resultados evidentes a medida que se aumentó la cantidad de quiebra barriga a la ración, es así que en el T4, por cada \$1 invertido se obtuvo 0,40 ctvs de ganancia; de la misma manera con la adición del 20% de quiebra barriga en el T3, la relación beneficio costo 0,34 ctvs por cada dólar invertido. En el T2 con la adición de 10% de quiebra barriga se obtuvieron valores de 0,28 ctvs por cada dólar invertido; mientras que en el T1, sin la adición de quiebra barriga se obtuvo 0,24 ctvs por cada \$1 invertido.

5. DISCUSIÓN

5.1. COMPOSICIÓN BROMATOLÓGICA

Las raciones suplementarias elaboradas con diferentes niveles de inclusión de quiebra barriga (10, 20 y 30%), presentaron ligeras variaciones en el contenido de materia seca, con un valor medio de 55,26; el contenido de proteína varió de 19,85 a 20,48%; mientras que la fibra cruda osciló entre 10,29 a 17,67%. Estos resultados ratifican el apreciable valor nutritivo del *Trichanthera gigantea* sobre todo en el aporte de proteína, los resultados obtenidos son superiores a los reportados por Gualán (2015), durante el engorde de toretes mestizos Holstein con follaje de quiebra barriga, donde se observó un contenido del 19,33% en proteína cruda y 16,7% de fibra; mientras que la FAO (2000) y Roa, et al.,(2000) reportan valores de 20,2% de materia seca, 19,2% de proteína cruda en la suplementación de vacas de doble propósito.

Molinares (2011) menciona que obtuvo resultados de 14,73% de proteína cruda en base seca, en la suplementación con quiebra barriga probando el efecto sobre la producción y calidad de leche.

5.2. CONSUMO DE ALIMENTO

El mayor consumo de alimento en base a MS se registró en el tratamiento dos, con 15,38 kg/animal/día, resultados superiores a los reportados por Gualán (2015), utilizando forraje de corte y suplementación con follaje de quiebra barriga en el engorde de toretes Holstein mestizos, con un consumo de 13,61 kg/animal/día. Roa, et al.,(2000) menciona que obtuvo consumos de 13,60 kg/vaca/día en la suplementación de vacas de doble propósito.

Estos resultados podrían explicarse por el hecho de que el suministro de las raciones suplementarias mejoró el consumo voluntario del pasto, debido a que se logró mejorar el ambiente ruminal y con ello optimizar los procesos fermentativos, lo que permitió aprovechar la disponibilidad de energía y amoníaco para la síntesis de proteína microbiana.

5.3. PRODUCCIÓN DE LECHE

El suministro de las raciones suplementarias elaboradas con quiebra barriga generó un ligero incremento en la producción de leche aunque no existió diferencia estadística; es así que la ración cuatro con el 30% de quiebra barriga, registró una producción de 8,60 l/vaca/día, con un incremento de 0,35 l/vaca/día, con respecto al grupo testigo que recibió la ración sin quiebra barriga.

Estos resultados son inferiores a los reportados por FAO (2000), que obtuvo un incremento del 18% de leche en una pastura de braquiaria suplementado con quiebra barriga; mientras que Molinares (2011), con una ración a base de pasto taiwán más follaje de quiebra barriga obtuvo una producción de 5,4 l/vaca/día, es decir 0,4 l/vaca/día menos en relación al grupo testigo.

5.4. CALIDAD DE LECHE

Las características organolépticas de la leche: color, olor y sabor no se vieron afectados por la inclusión de quiebra barriga.

El contenido de grasa se elevó a medida que se incrementó el nivel de inclusión de quiebra barriga, presentando valores que van desde 3,70% en el tratamiento uno y 3,96% en el tratamiento cuatro, sin presentar diferencia estadística. Estos resultados son inferiores a los reportados por Molinares (2011), que obtuvo 4,95% de contenido graso en vacas suplementadas con follaje fresco de quiebra barriga; así mismo en estudios realizados por la FAO (2000), se obtuvieron valores de 4,2% y 3,9% respectivamente en vacas con pasto braquiaria y suplementadas con quiebra barriga.

El contenido de proteína fue superior en el tratamiento cuatro con 2,97%. Resultados similares fueron comunicados por la FAO (2000), en vacas alimentadas quiebra barriga.

5.5. CAMBIO DE PESO

No se detectó diferencia estadística en el cambio de peso de las vacas con las cuatro raciones experimentales; sin embargo los animales de grupo cuatro alcanzaron una ganancia media diaria de 250 g/d. Estos resultados son similares a los obtenidos por FAO (2000); pero inferiores a los 595 g/d alcanzados por Gualán (2015), en el

engorde de bovinos alimentados con una dieta de pasto de corte y follaje fresco de quiebra barriga.

La ganancia de peso lograda en los cuatro tratamientos podría explicarse por el hecho de que los animales se encontraban en el segundo tercio del periodo de lactancia, donde el consumo voluntario de materia seca está totalmente restablecido y los requerimientos de mantenimiento y producción son menores que en el primer tercio; además el aporte de nutrientes del suplemento permitió corregir el deficiente aporte del pasto.

5.6. RENTABILIDAD

Las raciones experimentales con el 20 y 30% de quiebra barriga permitieron obtener buenos niveles de rentabilidad con el 34,27 y 40,87% respectivamente; mientras que el grupo testigo presentó una rentabilidad menor con el 24,50%, lo que puede explicarse por el efecto de sustitución de la harina de soya, cuyo valor en el mercado es elevado por el quiebra barriga que tiene un precio bajo.

Molinares (2011) menciona que obtuvo una disminución en el costo de producción del 11% en relación al tratamiento compuesto por pasto taiwán más morera, en el país no se han encontrado reportes de indicadores económicos con el uso de esta especie arbórea; sin embargo los resultados de esta investigación pueden servir como referencia para futuros trabajos con esta planta forrajera.

6. CONCLUSIONES

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

- Las raciones suplementarias elaboradas con diferentes niveles de quiebra barriga, presentan un apreciable valor nutritivo con un contenido medio de materia seca del 57%, proteína cruda del 21% y la fibra cruda no mayor al 17%; convirtiéndola en una buena alternativa para la alimentación de vacas lecheras en pastoreo.
- El consumo de alimento se mejoró notablemente con el suministro de las raciones suplementarias, que actuaron como activadores de la función ruminal permitiendo un mayor aprovechamiento del pasto traduciéndose en una respuesta positiva en la producción de leche.
- El suministro de la ración con el 30% de quiebra barriga, generó una mejor respuesta en la producción de leche, con un promedio de 8,6 l/vaca/día, lográndose un incremento de 0,35 l/vaca/día, con respecto al grupo testigo que alcanzó una producción de 8,25 l/vaca/día, aunque no existió diferencia estadística.
- Las características organolépticas; color, olor y sabor no se vieron afectadas por el suministro de las raciones suplementarias. Así mismo no se apreció variaciones importantes en el contenido de grasa; aunque el contenido proteína experimentó un notable aumento a medida que se incrementó el nivel de inclusión de quiebra barriga.
- Las vacas alimentadas con las raciones suplementarias a base de quiebra barriga, experimentaron ganancias de peso superiores al grupo testigo (250g/día) sin detectarse diferencia estadística.
- Los niveles de rentabilidad obtenidos, son aceptables si se considera el alto costo de los suplementos alimenticios y además el quiebra barriga se lo puede cultivar en altitudes de hasta 2500 msnm, con buenos rendimiento de biomasa forrajera de alto valor nutritivo.

- El *Trichanthera gigantea* es una especie promisorio empleada en la alimentación de rumiantes y monogástricos constituyéndose en una alternativa técnica y económicamente viable para suplementar vacas lecheras en pastoreo, permitiendo mejorar la productividad.

7. RECOMENDACIONES

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

- Utilizar raciones suplementarias elaboradas con follaje de quiebra barriga seco y molido en la alimentación de vacas lecheras en pastoreo, ya que permite complementar deficiencias de nutrientes del pasto y mejorar los indicadores productivos y económicos.
- Difundir los resultados en las ganaderías de la provincia de Loja y así contribuir a mejorar la productividad en esta importante actividad pecuaria.
- Desarrollar trabajos con mayores énfasis, orientados a profundizar el estudio del quiebra barriga mediante mayores niveles de inclusión u otras formas de uso en la alimentación animal.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Contreras, P (2010). Rumen: Morfofisiología, trastornos y modulación de la actividad fermentativa. 3ª ed. Valdivia. Chile.
- FAO, (2000). Suplementación alimenticia de vacas de doble propósito con Morera (*Morus Alba*), Nacedero (*Trichanthera gigantea*) y pasto king grass (*Pennisetum clandestinum x Pennisetum typhoides*) en el pie de monte llanero, Colombia. *Agroforesterías en las Américas*.
- FAO, (2008). Avances en la investigación en la variación del valor nutricional de procedencias de *Trichanthera gigantea* (*Humboldt et Bonpland*) Nees.
- FEDNA, (2009). Necesidades nutricionales para rumiantes de leche. Madrid- España: PENINSULAR.
- Gómez, M. (2002). Árboles y arbustos forrajeros utilizados en la alimentación animal como fuente proteica. Cali - Colombia: CIPAV.
- Gualán, B. (2015). Efecto de quiebra barriga (*Trichanthera gigantea*) y botón de oro (*Tithonia diversifolia*) como suplementación alimenticia en el egorde de toretes holstein friesland mestizos en el cantón Yantzaza. *Tesis Med. Veterinario. Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional de Loja. Ecuador*.
- Gutiérrez, O. (2015). La fisiología digestiva del rumiante, objeto de investigación en el Instituto de Ciencia Animal durante cincuenta años. 2ª Ed. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. La Habana-Cuba.
- INEC. (2011). Datos estadísticos agropecuarios. Quito - Ecuador: ESPAC.
- Linn, J. (2001). Necesidades nutritivas del ganado vacuno lechero: Resumen de las normas NRC. Minnesota-USA: NAP.
- Martínez, L. (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. *Tesis Med. Veterinario. Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional de Loja. Ecuador.*
- Milera, S. (1995). Nacedero (*Trichanthera gigantea*). Matanzas- Cuba: EEPFIH.
- Molinares, A. (2011). Suplementación con nacedero (*Trichanthera gigantea*) y morera (*Morus alba*) y el efecto sobre producción y calidad de leche, finca San Ramón, Matagalpa, Nicaragua.
- Parga, J. (2009). *Suplementación de vacas lecheras a pastoreo*. Chile: INIA.
- Pendini, C. (2009). Alimentación de la vaca lechera. Un enfoque sobre la alimentación de la vaca lechera. Córdoba- Argentina: UNC.
- Pineda, O. (2014). El nacedero (*Trichanthera gigantea*), un árbol forrajero adaptable al trópico de Guatemala. Guatemala - USAC.
- Regueiro, M. (2008). Digestión Retículo-Rumen. Departamento de Producción animal y pasturas. Universidad de la República. Motevideo-Uruguay.
- Saavedra, C. (2014). Comportamiento de especies forrajeras como tutores en el sistema de pedestales para la alimentación bovina lechera. Guatemala: USAC.
- Relling, A. (2002). Fisiología digestiva y metabólica de los rumiantes. Buenos Aires- Argentina: EDULP.
- Roa, et al., (2000). Suplementación alimenticia de vacas de doble propósito, empleando pasto *King grass* y *Trichanthera gigantea* en el llano Colombiano.
- Santacoloma, L. (2009). *Nutrición de rumiantes*. Bogotá- Colombia: UNAD.
- UNAL, (2009). *Trichanthera gigantea (Bonpl.) Nees - Acanthaceae*.
- Zavaleta, E. (2009). Los ácidos grasos volátiles fuente de energía en los Rumiantes. Departamento de Nutrición y Bioquímica. UNAM. México.

9. ANEXOS

9.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS

Análisis de la varianza de peso, cambio de peso, producción y calidad de leche en vacas Holstein de la Quinta Punzara – UNL, con cuatro raciones suplementarias a base de quiebra barriga, mediante un diseño cuadrado latino 4x4.

a. Cambio de peso

N. Animal	Incremento de peso g/d			
	T1 (0% QB)	T2 (10% QB)	T3 (20% QB)	T4 (30% QB)
1	200	200	133	333
2	67	200	200	67
3	133	333	133	333
4	133	133	267	267
Total	533	867	733	1000
Promedio	133	217	183	250

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
C. de peso	16	0,76	0,41	35,09

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	91387,78	9	10154,20	2,15	0,1818
Filas	38611,89	3	12870,63	2,73	0,1368
Columnas	23053,44	3	7684,48	1,63	0,2797
Trat.	29722,44	3	9907,48	2,10	0,2019
Error	28333,00	6	4722,17		
Total	119720,78	15			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=168,20795

Error: 4722,1667 gl: 6

Trat. Medias n E.E.

4,00	250,00	4	34,36	A
2,00	216,67	4	34,36	A
3,00	183,33	4	34,36	A
1,00	133,33	4	34,36	A

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

b. Consumo de alimento

N. Animal	Consumo de alimento (kg/día)			
	T1 (0% QB)	T2 (10% QB)	T3 (20% QB)	T4 (30% QB)
1	13,71	14,04	13,73	13,89
2	16,35	16,26	16,31	16,35
3	14,91	14,97	14,78	15,12
4	16,41	16,26	16,22	16,14
Total	61,38	61,53	61,04	61,50
Promedio	15,35	15,38	15,26	15,37

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Consumo	16	1,00	1,00	0,27

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	16,95	9	1,88	1103,74	<0,0001
Filas	0,13	3	0,04	24,82	0,0009
Columnas	16,78	3	5,59	3278,80	<0,0001
Trat.	0,04	3	0,01	7,59	0,0182
Error	0,01	6	1,7E-03		
Total	16,96	15			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,10111

Error: 0,0017 gl: 6

Trat.	Medias	n	E.E.	
2,00	15,38	4	0,02	A
4,00	15,37	4	0,02	A
1,00	15,35	4	0,02	A B
3,00	15,26	4	0,02	B

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

c. Producción de leche

N. Animal	Producción láctea (l/vaca/día)			
	T1 (0% QB)	T2 (10% QB)	T3 (20% QB)	T4 (30% QB)
1	6,40	8,00	7,80	8,40
2	10,40	8,20	10,60	10,40
3	7,80	8,40	7,40	8,00
4	8,40	8,40	8,00	7,60
Total	33,00	33,00	33,80	34,40
Promedio	8,25	8,25	8,45	8,60

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Prod. Leche	16	0,93	0,81	5,91

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	18,24	9	2,03	8,25	0,0092
Filas	5,29	3	1,76	7,17	0,0208
Columnas	12,61	3	4,20	17,09	0,0024
Trat.	0,35	3	0,12	0,47	0,7134
Error	1,48	6	0,25		
Total	19,72	15			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,21366

Error: 0,2458 gl: 6

Trat.	Medias	n	E.E.
4,00	8,60	4	0,25 A
3,00	8,45	4	0,25 A
2,00	8,25	4	0,25 A
1,00	8,25	4	0,25 A

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

d. Grasa

N. Animal	Contenido de grasa (%)			
	T1 (0% QB)	T2 (10% QB)	T3 (20% QB)	T4 (30% QB)
1	4,18	4,19	3,92	4,27
2	3,37	3,58	3,99	3,74
3	3,54	3,71	3,85	4,39
4	3,70	4,13	3,57	3,42
Total	14,79	15,61	15,33	15,82
Promedio	3,70	3,90	3,83	3,96

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Grasa	16	0,65	0,13	7,72

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,98	9	0,11	1,24	0,4107
Filas	0,28	3	0,09	1,07	0,4305
Columnas	0,55	3	0,18	2,09	0,2033
Trat.	0,15	3	0,05	0,56	0,6582
Error	0,53	6	0,09		
Total	1,51	15			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,72671

Error: 0,0881 gl: 6

Trat.	Medias	n	E.E.
4,00	3,96	4	0,15 A
2,00	3,90	4	0,15 A
3,00	3,83	4	0,15 A
1,00	3,70	4	0,15 A

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

e. Proteína

N. Animal	Contenido de proteína (%)			
	T1 (0% QB)	T2 (10% QB)	T3 (20% QB)	T4 (30% QB)
1	2,82	2,82	2,80	2,85
2	2,88	2,93	2,91	2,98
3	2,87	2,92	2,98	3,00
4	2,97	2,92	2,90	3,04
Total	11,54	11,59	11,59	11,87
Promedio	2,89 ^b	2,90 ^b	2,90 ^b	2,97 ^a

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Proteína	16	0,95	0,88	0,83

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,07	9	0,01	13,37	0,0025
Filas	0,01	3	2,8E-03	4,77	0,0497
Columnas	0,04	3	0,01	25,65	0,0008
Trat.	0,02	3	0,01	9,70	0,0102
Error	3,5E-03	6	5,8E-04		
Total	0,07	15			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,05901

Error: 0,0006 gl: 6

Trat.	Medias	n	E.E.
4,00	2,97	4	0,01 A
3,00	2,90	4	0,01 B
2,00	2,90	4	0,01 B
1,00	2,89	4	0,01 B

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

9.2. FOTOGRAFÍAS DEL TRABAJO DE CAMPO



Foto 1: Deshidratado y picado de las hojas de quiebra barriga



Foto 2: Elaboración de las raciones suplementarias



Foto 3: Suministro de las raciones experimentales



Foto 4: Análisis de laboratorio de leche y raciones experimentales



Foto 5: Registro de datos de peso y producción de leche.