UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

UTILIZACIÓN DE PULPA DE CAFÉ BIOFERMENTADA COMO SUPLEMENTO ALIMENTICIO EN EL ENGORDE DE TORETES AL PASTOREO EN EL CANTÓN CHAGUARPAMBA, PROVINCIA DE LOJA

Tesis de grado previa a la obtención del Título de "Médico Veterinario Zootecnista"

Autor:

Max Leonardo Córdova Encalada

Director:

Dr. Luis Aguirre Mendoza Mg. Sc.

Loja – Ecuador
2014

"UTILIZACIÓN DE PULPA DE CAFÉ BIOFERMENTADA COMO SUPLEMENTO ALIMENTICIO EN EL ENGORDE DE TORETES AL PASTOREO EN EL CANTÓN CHAGUARPAMBA, PROVINCIA DE LOJA"

TESIS PRESENTADA AL TRIBUNAL DE GRADO COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

APROBADA:

.....
Dr. Segundo Alberto Parra Chalán, Mg.Sc
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

.....
Dr. Héctor Francisco Castillo Castillo, Mg. Sc
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

.....
Dr.Esp. Julio Ignacio Gómez Orbes.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

CERTIFICACIÓN

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

CERTIFICA:

Que el trabajo de tesis titulado: **"UTILIZACIÓN DE PULPA DE CAFÉ BIOFERMENTADA COMO SUPLEMENTO ALIMENTICIO EN EL ENGORDE DE TORETES AL PASTOREO EN EL CANTÓN CHAGUARPAMBA, PROVINCIA DE LOJA",** ejecutado por el egresado Max Leonardo Córdova Encalada , previo a la obtención del título de **MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA,** ha sido prolijamente revisado, por tanto se autoriza su presentación, para el trámite correspondiente.

Loja, 29 de Septiembre del 2014

.....

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

AUTORIA

Yo, **Max Leonardo Córdova Encalada**, 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: Max Leonardo Córdova Encalada

Firma: .....

Cédula: 1104454978

Fecha: 29 de Septiembre del 2014

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

Yo. Max Leonardo Córdova Encalada, declaro ser autor, de la tesis titulada "**Utilización de pulpa de café biofermentada como suplemento alimenticio en el engorde de toretes al pastoreo en el cantón Chaguarpamba, provincia 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 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 puedan 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 veinte y nueve días del mes de septiembre del dos mil catorce, firma el autor.

Firma:.....

Autor: Max Leonardo Córdova Encalada

Número de cédula: 1104454978

Dirección: Chaguarpamba Barrio la Unión

Correo electrónico: machin.19@hotmail.com

Teléfono: 2 600 240 **Celular:** 0991170671

DATOS COMPLEMENTARIOS

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

Tribunal de Grado: Dr. Segundo Alberto Parra Chalán, Mg. Sc

Dr. Héctor Francisco Castillo Castillo, Mg. Sc

Dr. Esp. Julio Ignacio Gómez Orbes

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a:

Dios, por darme la vida, protección y las fuerzas para culminar mi carrera; porque, lo que parecía una misión imposible, Él lo hizo realidad.

A mis padres, por su ayuda y guía permanente durante mi carrera profesional y por toda la atención y esfuerzo que emplearon en mi bienestar.

A los Docentes de la Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia por sus sabias enseñanzas, experiencias y consejos impartidos a lo largo de mi carrera.

Al Dr. Luis Aguirre Mendoza Mg. Sc, director de tesis, por su apoyo, confianza y amistad para el desarrollo del presente trabajo de investigación.

A mis compañeros, por su amistad sincera en cada momento.

Gracias a todos ellos he podido culminar con éxito mi carrera profesional.

DEDICATORIA

Para empezar un gran proyecto, hace falta valentía,

Para terminar un gran proyecto, hace falta perseverancia.

Dedico este modesto trabajo a Dios y a mi Familia.

A Dios porque ha estado conmigo en cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar.

A mis Padres, quienes a lo largo de mi vida, han velado por el bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento; depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba, sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad.

A mis amigos, compañeros, familiares y todos quienes coadyuvaron al cumplimento de este trabajo y a su vez fueron un soporte muy significativo en mi vida.

ÍNDICE GENERAL

Índice. **Pág.**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA……..……i
APROBADA.....ii
CERTIFICACIÓN…..……..iii
AUTORIA.....iv
CARTA DE AUTORIZACIÓN….....v
AGRADECIMIENTO.……..……vi
DEDICATORIA.……..……vii
ÍNDICE GENERAL……..……..viii
ÍNDICE DE CUADROS……..……..xii
ÍNDICE DE FIGURAS……..……xiii
1. TÍTULO…….……1
2. RESUMEN…….……..2
2.1 ABSTRACT…….……..3
3. INTRODUCCIÓN……..……..4
4. REVISIÓN DE LITERATURA……..……..6
4.1 GANADERÍA DE CARNE EN EL ECUADOR.....6
4.1.1 Sistemas de Engorde 7
4.1.1.2 Sistema intensivo 7
4.1.1.3 Sistema mixto.....7
4.2 NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN DEL GANADO BOVINO 7
4.2.1 Requerimientos Nutricionales para el Ganado de Carne.....8
4.2.1.1 Proteína.....8
4.2.1.2 Energía.....9
4.2.1.3 Fibra 10
4.2.1.4 Minerales.....10
a.Calcio 10
b.Fósforo 11
c.Magnesio.....12
d.Potasio 12
e.Azufre.....13

4.2.1.5 Vitaminas.....13
a. Vitaminas Liposolubles.....13
- Vitamina A.....14
- Vitamina D 15
- Vitamina E.....15
- Vitamina K.....16

b. Vitaminas hidrosolubles.....16
- Complejo vitamínico B 16
- Vitamina C 17

4.2.1.6 Agua.....17
4.2.2 Digestión y Metabolismo de los Nutrientes…….18
4.2.2.1 Digestión y metabolismo de los carbohidratos 18
4.2.2.2 Digestión y metabolismo de las proteínas.....22
4.2.2.3 Nitrógeno no proteico 25
4.2.3 Alimentación del Ganado Bovino 26
4.2.3.1 Alimentación con forraje.....27
4.2.3.2 Suplementos alimenticios.....27
4.3 LA PULPA DE CAFÉ EN LA ALIMENTACIÓN DE RUMIANTES.....28
4.3.2 Sustancias Anti - nutricionales 29
a.Cafeína.....30
b.Fenoles libres.....31
c.Taninos.....31
4.3.3 Procesamiento de la Pulpa de Café 32
4.3.3.1 Fermentación en estado sólido (FES) 32
a.Ventajas 32
b.Desventajas.....33
4.3.3.2 Fermentación rústica.....34
4.3.4 Uso en la Alimentación de Rumiantes.....35
5. MATERIALES Y MÉTODOS……...37
5.1 MATERIALES.....37
5.1.1 Materiales de Campo 37
5.1.2 Materiales de Oficina.....37
5.2 MÉTODOS 38

5.2.1 Ubicación.....38
5.2.2 Descripción y Adecuación de las Instalaciones.....38
5.2.3 Descripción e Identificación de las Unidades Experimentales.....38
5.2.4 Conformación e Identificación de los Grupos Experimentales 38
5.2.6 Descripción de los Tratamientos 39
5.2.6.1 Tratamiento uno 39
5.2.6.2 Tratamiento dos 39
5.2.6.3 Tratamiento tres 40
5.2.7 Diseño Experimental 40
5.2.8 Variables en Estudio.....40
5.2.9 Toma y Registro de Datos.....40
5.2.9.1 Valor nutritivo de la pulpa fresca y biofermentada.....40
5.2.9.2 Consumo de alimento.....41
5.2.9.3 Incremento de peso.....41
5.2.9.4 Conversión alimenticia 41
5.2.9.5 Rentabilidad 41
5.2.10 Análisis Estadístico.....41
5.2.11 Análisis Económico 42
5.2.12 Manejo de los Animales 42
6. RESULTADOS……..43
6.1 VALOR NUTITIVO DE LA PULPA DE CAFÉ BIOFERMENTADA 43
6.2 CONSUMO DE ALIMENTO 44
6.3 INCREMENTO DE PESO……45
6.3.1 Peso Promedio Quincenal.....45
6.3.2 Incremento de Peso Total Individual 46
6.3.3 Incremento de Peso Promedio Quincenal.....47
6.4 CONVERSIÓN ALIMENTICIA.....49
6.4.1 Conversión Alimenticia en Base a Materia Seca.....49
6.5 RENTABILIDAD 50
6.5.1 Costos de Producción 50
6.5.1.1 Precio inicial de los animales 50
6.5.1.2 Alimentación.....50
a. Forraje.....50

b. Ración experimental.....51
6.5.1.3 Sanidad 51
6.5.1.4 Mano de obra 51
6.5.1.5 Instalaciones 51
6.5.2 Ingresos.....52
6.5.2.1 Venta de animales.....52
7. DISCUSIÓN……54
7.1 VALOR NUTRITIVO DE LA PULPA DE CAFÉ BIOFERMENTADA.....54
7.2 CONSUMO DE ALIMENTO 54
7.3 INCREMENTO DE PESO 55
7.4 CONVERSIÓN ALIMENTICIA.....55
7.5 RENTABILIDAD 56
8. CONCLUSIONES……..57
9. RECOMENDACIONES……58
11. ANEXOS……...61

ÍNDICE DE CUADROS

Indice **Pág.**

Cuadro 1. Requerimientos de proteína para ganancia de peso (g/día)……..9

Cuadro 2. Requerimientos de energía para ganancia de peso (Mcal/día)……..9

Cuadro 3. Requerimientos de calcio para diferentes ganancias de peso (g)……....11

Cuadro 4. Requerimientos de fósforo para diferentes ganancias de peso (g)……..12

Cuadro 5. Composición química de la pulpa de café en diferentes estados.....29

Cuadro 6. Sustancias anti – nutricionales presentes en la pulpa de café……..30

Cuadro 7. Composición química de la pulpa de café biofermentada…….…35

Cuadro 8. Composición química de forraje, pulpa de café fresca y biofermentada, caña de azúcar picada (%)……..43

Cuadro 9. Consumo alimento promedio quincenal en el engorde de toretes(Kg)....44

Cuadro 10. Peso promedio quincenal, en el engorde de toretes (Kg)……45

Cuadro 11. Incremento de peso total individual en el engorde de toretes (Kg)……46

Cuadro 12. Incremento de peso promedio quincenal (Kg)……...48

Cuadro 13. Conversión alimenticia en engorde de toretes en pastoreo (Kg)……49

Cuadro 14. Ingreso de la venta de los toretes/UE en Kg……52

Cuadro 15. Costos, ingresos y rentabilidad en los tres grupos experimentales ($).52

ÍNDICE DE FIGURAS

Indice **Pág.**

Figura 1. Consumo de alimento en el engorde de toretes en pastoreo..……..….45

Figura 2. Curva de crecimiento en engorde de toretes en pastoreo (Kg)...……..….46

Figura 3. Incremento de peso en el engorde de toretes en pastoreo (Kg)..……..47

Figura 4. Incremento de peso total en el engorde de toretes en pastoreo (Kg)….....48

Figura 5. Conversión alimenticia en el engorde de toretes en pastoreo (Kg).....50

Figura 6. Rentabilidad obtenida en engorde de toretes en pastoreo.....53

Figura 7. Obtención de la materia prima (pulpa de café)……...74

Figura 8. Proceso de fermentación de la pulpa de café……74

Figura 9. Conformación de los grupos experimentales……75

Figura 10. Suministro de la ración experimental……75

Figura 11. Control de peso quincenal……..75

1. TÍTULO

UTILIZACIÓN DE PULPA DE CAFÉ BIOFERMENTADA COMO SUPLEMENTO ALIMENTICIO EN EL ENGORDE DE TORETES AL PASTOREO EN EL CANTÓN CHAGUARPAMBA, PROVINCIA DE LOJA

2. RESUMEN

El presente proyecto de investigación se ejecutó en el cantón Chaguarpamba, ubicado en la parte central de la provincia de Loja, a una distancia de 111,4 Km de la ciudad de Loja; con el propósito de evaluar los indicadores productivos y económicos en toretes mestizos, mantenidos en pastoreo, con una ración suplementaria a base de pulpa de café biofermentada y caña de azúcar. El ensayo tuvo una duración de 90 días y se utilizaron 15 toretes mestizos, de 18 meses de edad, con un peso promedio de 140 Kg; se conformaron tres grupos experimentales de cinco animales cada uno, a los cuales se le suministró las raciones suplementarias que consistieron en la inclusión del 10 y 15% de pulpa de café biofermentada, mezclada con caña picada, el tercer grupo sirvió como testigo. Se utilizó el diseño de bloques al azar con tres tratamientos y cinco repeticiones. El proceso de biofermentación de la pulpa de café, se realizó por un periodo de 72 horas, con la adición de 1,5% de urea; 0,5% de sales minerales y 10% de guarapo de caña; luego del secado y molido se incorporó a la dieta de los animales previo a un periodo de adaptación de 15 días. Se estudiaron las siguientes variables: consumo de alimento, incremento de peso, conversión alimenticia y rentabilidad. Se realizó el análisis estadístico mediante la prueba de Duncan. Los resultados mostraron que el mayor consumo de materia seca, ganancia diaria de peso, conversión alimenticia y rentabilidad se obtuvo en el tratamiento dos con 5,04 Kg MS/animal/día, 700,00 g/animal/día; 7,5 de conversión alimenticia y 23,3 % de rentabilidad.

2.1 ABSTRACT

This research project was carried out in the Canton of Chaguarpamba, located in the central part of the province of Loja, a distance of 111.4 km from the city of Loja. The project was carried out in order to assess the productive and economic indicators of crossbred bulls, kept on grass pasture, supplemented with a ration of biofermentated coffee pulp and sugarcane. The trial lasted 90 days and used 15 crossbred steers, 18 months old with an average weight of 140 kg. Three experimental groups of five animals each were formed, which were provided with 10% and 15% supplementary rations of biofermentated coffee pulp, mixed with chopped sugar cane, the third group served as a control group. A randomized block design using three treatments and five repetitions was employed. The bio-fermentation process of coffee pulp was used over a 72 hour period, with the addition of 1.5% of urea; 0.5% of mineral salts and 10% sugar cane juice. After drying and grinding up this was then incorporated into the diet of the animals prior to an adjustment period of 15 days. The following variables were studied: Feed intake, weight gain, feed conversion and profitability. Statistical analysis was performed using the Duncan test. The results showed that the highest dry matter intake, daily gain, feed conversion and performance rate was achieved in treatment two with 5.04 kg DM / animal / day, 700.00 g / animal / day; a 7.5 feed conversion rate and a 23.3% performance rate.

3. INTRODUCCIÓN

En el Ecuador, la producción bovina constituye una de las principales actividades agropecuarias, ya que genera trabajo y recursos económicos para un gran sector de la población; permite además la utilización y transformación de alimentos groseros como: pastos, forrajes, henos, ensilados, residuos agrícolas, en productos de alto valor nutritivo para la alimentación humana, como la leche y la carne; sin embargo, la incidencia directa e indirecta de múltiples factores no han permitido lograr un desarrollo sostenido, por los niveles de producción y productividad bajos en comparación con los países vecinos.

En la provincia de Loja, la ganadería bovina constituye la principal actividad agropecuaria. Según resultados del III Censo Agropecuario, INEC (2002), en la provincia existen 37 455 Unidades de Producción Agropecuaria (UPAs) que se dedican a la producción bovina, con una población de 361 455 animales, en su mayoría de raza criolla y mestiza. Uno de los factores limitantes para el desarrollo de la ganadería bovina es la alimentación ya que durante la época seca que dura de cinco a seis meses, los animales se alimentan con recursos de bajo valor nutritivo, poco palatables, bajo contenido en nitrógeno; consecuentemente los parámetros productivos son bajos.

La existencia de dos estaciones climáticas bien marcadas condicionan el comportamiento productivo de la ganadería bovina y no permite mantener una producción estable de leche y carne durante todo el año; dicha situación se vuelve más crítica por la falta de suficientes áreas de pastizales y el manejo inadecuados de las existentes.

Una de las alternativas para suplir la escasez de los pastos en la época seca es la utilización de residuos agrícolas como: pulpa de café, cáscara de maní, bagazo de caña, afrechillo de arroz, etc. que se producen en grandes cantidades y no tienen un uso adecuado, constituyendo focos de contaminación.

En la mayoría de los cantones de la provincia de Loja, particularmente en el cantón Chaguarpamba el proceso de beneficio húmedo del café genera grandes volúmenes de pulpa, que pese a su aceptable valor nutritivo no ha sido utilizada para la alimentación de bovinos, más bien constituye fuente de contaminación ambiental.

En el cantón Chaguarpamba la alimentación de los bovinos es crítica durante la época de verano, debido a la escasez de forrajes; siendo necesario buscar alternativas mediante la suplementación con residuos agrícolas existentes en la zona como la pulpa de café, la misma que permitió suplir el déficit de nutrientes y mejorar los parámetros productivos.

Con estos antecedentes, en el presente trabajo de investigación se plantearon los siguientes objetivos:

- Determinar el perfil bromatológico de la pulpa de café fresca y biofermentada,

- Evaluar la pulpa de café biofermentada como suplemento alimenticio en el engorde de toretes mestizos mantenidos en pastoreo.

- Establecer los costos de la pulpa biofermentada y determinar la rentabilidad en el engorde de toretes.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 GANADERÍA DE CARNE EN EL ECUADOR

La carne de ganado vacuno constituye una de las fuentes primarias de proteína animal en la dieta de los humanos. El consumo per cápita de carne en el Ecuador es de 15,3 Kg al año (Haro, 2003).

Según datos del III Censo Agropecuario, INEC (2002), el Ecuador cuenta con una población aproximada de 4,5 millones de bovinos, distribuidos en una superficie de 3,35 millones de Ha de pastos cultivados y 1,12 millones de Ha de pastos naturales. El 55 % son de raza criolla, 43 % mestizos Holstein, Brahman, Cebuina y otros; y, una mínima proporción corresponde a razas puras de carne, leche y doble propósito.

En la Sierra existen 2 452 339 cabezas de ganado que equivalen al 49 %, dedicados tanto a la producción de carne como de leche. La Costa cuenta con 1 920 536 cabezas de ganado, que significa el 38%; mientras que en el Oriente existen 653 589 cabezas de ganado que representa el 13 % del total nacional (Flores, 2009)

El fundamento de la producción de carne es aprovechar al máximo el crecimiento de los animales (desarrollo de huesos y músculos) para la alimentación humana, el sacrificio de los animales se lleva a cabo cuando están en óptimas condiciones de edad y de acabado (adecuada cantidad, calidad y distribución de la grasa). La orientación actual de la producción de carne es la obtención de reses con las siguientes características:

- Canales magras, es decir, con un bajo contenido de grasa y que esta sea de excelente calidad.

- Animales jóvenes, para obtener una carne tierna con menos grasa, el ideal es sacrificar animales de 1 a 2 años de edad.

4.1.1 Sistemas de Engorde

A nivel nacional se identifican tres sistemas de producción: el sistema extensivo predomina en la Sierra y Amazonía, el sistema intensivo predomina a nivel de la Costa y el sistema semi-intensivo que se realiza en los valles interandinos (Apollin y Eberhart, 1999).

4.1.1.1 Sistema extensivo

Se lleva a cabo en grandes extensiones de terreno, con una carga de hasta dos animales por hectárea, la supervisión de los animales se hace de manera esporádica, los animales pastorean libremente y se encargan de buscar y seleccionar su alimentación en potreros de gran tamaño. La ganancia en peso por día oscila entre 0 y 450 g/día.

4.1.1.2 Sistema intensivo

Se realiza en sitios cerrados (establos) en pequeñas extensiones de terreno, donde la carga va de 4 a 30 animales por hectárea, la supervisión de los animales es permanente, no tienen que buscar su comida, ya que es llevada donde ellos se encuentran. Se alimentan de manera balanceada, garantizando la cantidad y calidad en función de sus requerimientos. La ganancia en peso promedio oscila entre 450 y 1500 g/día, el tiempo de engorde es más corto.

4.1.1.3 Sistema mixto

Es aquel que se combina el sistema extensivo y el sistema intensivo.

4.2 NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN DEL GANADO BOVINO

El consumo de alimento tiene como objetivo permitir al animal recuperar las pérdidas de energía que su organismo sufre durante el desarrollo de las actividades vitales. La alimentación es un factor clave para:

- Obtener la mayor producción posible y garantizar una vida productiva larga.
- Asegurar el estado sanitario de los animales, la alimentación inadecuada afecta el crecimiento y disminuye la producción.

La calidad del alimento depende de la proporción de nutrientes (agua, carbohidratos, lípidos, proteínas, minerales y vitaminas). Las transformaciones que los alimentos sufren durante la digestión son básicamente el resultado de la acción de los microorganismos del rumen, los cuales extraen la energía de los carbohidratos estructurales y convierten el nitrógeno no proteico en proteína bacteriana (rica en aminoácidos) y sintetizan la vitamina B.

4.2.1 Requerimientos Nutricionales para el Ganado de Carne

4.2.1.1 Proteína

Las proteínas son compuestos orgánicos complejos de elevado peso molecular; al igual que las grasas y carbohidratos, contienen, oxígeno, carbono e hidrógeno. Para que un alimento sea utilizado con la máxima eficiencia, el animal ha de recibir cantidades correctas de proteínas que contengan un equilibrio adecuado de aminoácidos esenciales y no esenciales, y en cantidades suficientes para hacer frente a las necesidades metabólicas. En este grupo se encuentran principalmente las pastas de origen vegetal y animal, como son pasta de soya, harinolina, harina de sangre, harina de hueso y pluma, entre otras.

La mayor parte de la proteína que ingresa al rumen es desdoblada por las bacterias ruminales si permanece suficiente tiempo en él; sin embargo, una pequeña cantidad de proteína es indigestible, tanto para los microbios como para la acción de los jugos digestivos y no será aprovechable por el organismo. La proteína desdoblada en el rumen se denomina proteína degradable en rumen, la proteína que pasa por el rumen sin ser utilizada por los microbios va al intestino delgado donde es digerida y absorbida, denominándose proteína dietética no degradable.

Cuadro 1. Requerimientos de proteína metabolizable para diferentes ganancias de peso (g/día)

Ganancia diaria de peso (Kg)	Peso vivo (Kg)					
	200	**250**	**300**	**350**	**400**	**450**
0.5	154	155	158	157	145	153
1.0	299	300	303	298	272	246
1.5	441	440	442	432	591	352
2.0	580	577	577	561	505	451
2.5	718	721	710	887	616	547

Fuente: NRC, 2000

4.2.1.2 Energía

En raciones para el ganado de engorda, la energía se requiere para actividades como crecimiento, lactancia, reproducción, y mantenimiento; por lo que la energía es un nutriente requerido en grandes cantidades. Las fuentes primarias de energía en los forrajes son la celulosa y la hemicelulosa y en los granos, el almidón. Las grasas y los aceites tienen un mayor contenido de energía pero usualmente se adicionan en pequeñas cantidades en la dieta. El manejo de estos ingredientes es de gran importancia, ya que cualquier anomalía repercutirá en la salud de los animales y en sus niveles de producción.

Cuadro 2. Requerimientos de energía metabolizable para diferentes ganancias de peso (Mcal/día)

Ganancia diaria de peso (Kg)	Peso vivo (Kg)					
	200	**250**	**300**	**350**	**400**	**450**
0.5	2.1	2.49	2.8	3.2	3.5	3.86
1.0	4.5	5.32	6.1	6.85	7.58	8.28
1.5	7.0	8.3	9.52	10.7	11.2	12.78
2.0	9.64	11.4	13.0	14.6	16.2	17.1
2.5	12.3	14.5	17.5	18.7	20.7	22.6

Fuente: NRC, 2000

4.2.1.3 Fibra

La fibra contribuye al funcionamiento ruminal mediante el estímulo para las contracciones ruminales y las condiciones de pH, a través de la secreción de saliva provocada por la masticación y la rumia. Estas dos funciones dependen de la composición, degradabilidad y forma de presentación de la fibra. (Nocek, 1994).

La fibra supone un inconveniente, en el sentido que limita el contenido energético de las raciones (baja digestibilidad) y el potencial de ingestión. La formulación correcta de raciones debe buscar el equilibrio entre la ingestión máxima de materia seca (niveles bajos de FND) y el mantenimiento de las funciones y condiciones normales del rumen (aportando niveles mínimos de FND y FAD) (Mertens, 1987).

4.2.1.4 Minerales

La función de los minerales puede dividirse en cuatro áreas principales: 1) Formación del esqueleto y mantenimiento, incluyendo la formación de huesos y dientes, 2) Energía, incluyendo los minerales que forman parte de enzimas y otros componentes del cuerpo, esenciales para producción de energía y para otras actividades necesarias para el normal crecimiento y reproducción, 3) Producción de leche y 4) funciones básicas del cuerpo como por ejemplo sistema nervioso.

Los macro minerales requeridos por el bovino son Ca, P, Mg, Na, Cl, K y S. En las tablas de requerimientos, esto nutrientes se expresan en porcentaje de la ración (en materia seca).

a. Calcio

Es el mineral más abundante en el cuerpo, aproximadamente el 98 % forma parte como componente de huesos y dientes. El contenido calcio en los forrajes varia con las especies, partes de la planta (tallos, hojas), estado vegetativo, cantidad del mineral en el suelo y clima. Los forrajes son, normalmente, una buena fuente de calcio; mientras que granos de cereal son deficientes. El calcio se encuentra como carbonato de calcio, en los huesos (harinas), fosfato mono cálcico, fosfato di cálcico,

sulfuro de calcio. Las carencias de calcio se observan en animales alimentados con altos porcentajes de granos y bajos en fibra.

Dependiendo de la edad, el bovino puede ser alimentado con dietas deficientes en calcio por un periodo extenso, si mostrar signos de deficiencia. En animales jóvenes se ve afectado el crecimiento óseo, esto causa retardo en el crecimiento y desarrollo, raquitismo.

Cuadro 3. Requerimientos de calcio para diferentes ganancias de peso (g)

Ganancia diaria de peso (Kg)	**Peso vivo (Kg)**					
	200	**250**	**300**	**350**	**400**	**450**
0.5	14	13	12	11	10	9
1.0	27	25	23	21	19	17
1.5	39	36	33	30	27	25
2.0	52	47	43	39	35	32
2.5	64	59	53	48	43	38

Fuente: NRC, 2000

b. Fósforo

Llamado también “máster mineral’’ por estar involucrado en la mayoría de los procesos metabólicos. El fósforo se almacena en huesos y dientes, muchas veces se lo relaciona con el calcio. Investigaciones demuestran que el efecto de la relación Ca/P en la performance del rumiante ha sido exagerada. Ca/P dietario con variaciones de relación 1:1 a 1:7 tuvieron una performance similar. Generalmente se recomienda que el fósforo total ingerido diariamente no supere al total de calcio ingerido, porque provocaría cálculos urinarios en animales jóvenes productores de carne.

Cuadro 4. Requerimientos de fósforo para diferentes ganancias de peso (g)

Ganancia diaria de peso (Kg)	Peso vivo (Kg)					
	200	**250**	**300**	**350**	**400**	**450**
0.5	0	5	5	4	4	4
1.0	11	10	9	8	8	7
1.5	16	15	13	12	11	10
2.0	21	19	18	16	14	13
2.5	2.6	24	22	19	17	15

Fuente: NCR, 2000

c. Magnesio

Está muy relacionado con el calcio y el fósforo, tanto en las funciones como en la distribución en el cuerpo. La mayor cantidad se encuentra en músculo y huesos. El contenido depende la especie de planta, estado de crecimiento, magnesio en el suelo, estación y medio ambiente. Como fuente de suplementación podemos nombrar oxido de magnesio y sulfato de magnesio. La deficiencia de magnesio en terneros se manifiesta con excitabilidad, anorexia, hiperemia, convulsiones, espuma en la boca, salivación y calcificación de tejidos blandos.

d. Potasio

Es el tercer mineral más abundante en el cuerpo y el mayor catión en el fluido intracelular. Los requerimientos de potasio en el bovino de carne no están bien definidos, pero por el alto contenido de potasio en la leche (1,5 g/Kg) suponemos que los requerimientos pueden subir en época de lactación. Los forrajes son una fuente excelente de potasio contienen de 1% - 4%.La deficiencia produce una disminución en la ingesta de alimento y en la ganancia de peso diario, pica, manto de cobertura afectado, decolorado y de mal aspecto, debilidad muscular. En el ganado productor de carne esta deficiencia no es nada común.

e. Azufre

Es el componente de los aminoácidos: Metionina, cistina y cisteína, vitamina B, tiamina y biotina, también como parte de componentes orgánicos. La mayoría de las bacterias ruminales pueden sintetizar el azufre contenido en aminoácidos a sulfuro, el cual puede ser absorbido en el rumen y oxidado por los tejidos a sulfatos que es menos toxico que el sulfuro, el cual es un componente predominante en la composición de las proteínas de la ración.

4.2.1.5 Vitaminas

Las vitaminas son compuestos orgánicos requeridos en pequeña cantidad, pero imprescindibles para el desarrollo normal del animal. El estudio de las vitaminas es relativamente nuevo aunque las enfermedades producidas por sus deficiencias se conocen desde hace muchos años.

Al considerar los requerimientos de vitaminas por los animales se debe distinguir entre las necesidades de las vitaminas en los procesos metabólicos y las necesidades de las vitaminas en la alimentación. Por ejemplo, los rumiantes requieren en sus procesos metabólicos muchas de las vitaminas del complejo B. en cambio, no necesitan recibirlas en la alimentación ya que las sintetizan las bacterias del rumen.

En los bovinos, el complejo vitamínico B y la vitamina K son sintetizada por las bacterias del rumen y la vitamina C en los tejidos. O sea, que prácticamente, las vitaminas A, D y en algunas casos la E podrían ser las únicas con posibilidad de deficiencia, aunque si los animales disponen de una buena alimentación las mismas no se producirán.

a. Vitaminas Liposolubles

Las vitaminas A, D, E y K son liposolubles. Ninguna se disuelve en agua y todas se absorben más o menos de la misma manera que los lípidos de la dieta. Las

vitaminas A y D pueden originar estados de hipervitaminosis en animales que reciben cantidades demasiados grandes.

- **Vitamina A**

La vitamina A es esencial para la visión normal, el crecimiento, la reproducción y el mantenimiento de las mucosas del cuerpo en condiciones normales de tal forma que puedan resistir a las infecciones bacterianas.

La primera manifestación de deficiencia puede ser la ceguera nocturna, que se podrá observar al mover los animales en el corral. Si la deficiencia es corregida en ese momento no se producen mayores daños. Si, en cambio, no se corrige, la ceguera nocturna se incrementa hasta que los animales quedan completamente ciegos.

La carencia de esta vitamina afecta el aparato reproductor. En los toros la actividad sexual declina, disminuye el número de espermatozoides y su motilidad, aumentando las formas anormales. En las vacas puede continuar el estro pero no quedan preñadas con facilidad.

El sistema respiratorio puede ser dañado también por la falta de vitamina A, produciéndose infecciones y neumonías. Además se observan hinchazones en las articulaciones y la falta de coordinación en las extremidades, que puede transformarse en parálisis.

Los requerimientos de vitamina A en el ganado vacuno son suministrados por el caroteno (sustancia que genera vitamina A) de los pastos, heno o silaje. Los animales en pastoreo no reciben vitamina A sino el pigmento caroteno que luego es transformado en vitamina A en las paredes del intestino delgado. El hígado es el principal depósito de vitamina A y carotenos del organismo animal.

El ganado vacuno no requiere el suministro diario de caroteno. Los animales que ingieren abundante forraje verde pueden almacenar suficiente caroteno y vitamina A

en el hígado y en la grasa del cuerpo, reserva que le dura bastante tiempo. El suministro de 0,5 Kg de heno de alfalfa de buena calidad es suficiente para proteger el ganado en crecimiento y engorde de una deficiencia de esta vitamina. Las leguminosas y gramíneas verdes son buenas fuentes de caroteno.
El silaje también lo contiene, pero una vez expuesto al sol y al viento su contenido disminuye rápidamente.

- **Vitamina D**

Aunque la vitamina D es requerida por todos los mamíferos, prácticamente es necesario suministrarla en la alimentación de tan solo aquellos animales que no están expuestos a rayos solares, especialmente durante la preñes y el crecimiento. Al exponerse al sol se forma suficiente vitamina D en la piel para cubrir los requerimientos del animal. Como en nuestro país los vacunos se encuentran permanentemente en el campo, no es probable que se presenten deficiencia de esta vitamina; sin embargo durante el invierno los rayos solares que alcanzan al animal no son tan efectivos como en verano y si se producen los llamados "temporales" en que el cielo permanece cubierto durante muchos días, puede llegar a producirse una deficiencia, principalmente en vacas de alta producción lechera. En estos casos el heno de alfalfa curado al sol, de buena calidad, es una excelente fuente de vitamina D con que se podrá suplementar a los animales.

La vitamina D es requerida para una eficiente utilización del calcio y fósforo y la formación de los huesos de los animales en crecimiento. En el adulto parece ser menos importante, excepto durante la reproducción y lactación. Niveles anormales bajos de calcio y fósforo en la sangre existiendo adecuada cantidad de esos elementos en los alimentos podría hacer sospechar de una deficiencia en vitamina D.

- **Vitamina E**

Esta vitamina está ampliamente distribuida en la naturaleza. El aceite del germen de la semilla contienen grandes cantidades, las hojas verdes bastante y los tejidos

animales poca cantidad. La deficiencia en vitamina E parece tener influencia en la producción y La degeneración de los músculos del esqueleto. Sin embargo por ser tan abundante en los alimentos consumidos por los vacunos, prácticamente es poco probable que se presente esta deficiencia.

- **Vitamina K**

La vitamina K previene las hemorragias, es sintetizada normalmente por las bacterias del rumen en suficiente cantidad. La función de estas vitaminas es actuar en la formación de protrombina en el hígado para mantener un nivel normal de esta en la sangre. La vitamina K está relacionada con la llamada "enfermedad del trébol de olor" (melitotus alfa u alba oficinales). El heno o silaje de mala calidad hecho con trébol de olor, contiene dicumariol. Esta sustancia disminuye la producción de protrombina al no permitir la utilización de vitamina K por el hígado. El suministro de altas dosis de vitamina K es generalmente un tratamiento efectivo para combatir esta enfermedad. En condiciones normales no se presenta deficiencia de esta vitamina en vacunos.

b. Vitaminas hidrosolubles

- **Complejo vitamínico B**

Está compuesto por tiamina, biotina, niacina, ácido pantoténico, rivoflavina, ácido fólico y las vitamina B6 Y B12 todas estas vitaminas son sintetizada por las bacterias del rumen desde las ocho semanas de edad en adelante. Por ese motivo no es necesario suplementar al vacuno con este tipo de vitaminas. La única excepción seria la vitamina B12 que contiene cobalto. Si existe una deficiencia de cobalto en el alimento se producirá una carencia de esta vitamina. Los terneros reciben la cantidad necesaria de esta vitamina en el calostro y en la leche materna que son buena fuente de todas ellas, incluso vitamina B12. Mientras que el ternero disponga de una cantidad adecuada de leche en su alimento no se producirán deficiencia.

Las vitaminas del grupo B se sintetizan mediante fermentación microbiana en el tracto digestivo, en particular en los rumiantes y en los herbívoros no rumiantes

(caballo y conejo). Algunos animales se comen las heces (coprofagia), de modo que reciclan las vitaminas que se sintetizan en la fermentación microbiana que ocurre en el intestino grueso o en el ciego. Pocas vitaminas del complejo B se almacenan en grandes cantidades en el hígado, permitiendo que los animales soporten breves períodos de carencia. Como el exceso de vitaminas se excreta, es improbable que produzcan toxicidad.

- **Vitamina C**

La vitamina C o ácido ascórbico es formada en el organismo del vacuno no siendo requerida en su alimentación además el agregado de esta vitamina al alimento de estos animales no aumenta el contenido en los tejidos ya que es destruida durante la fermentación en el rumen.

4.2.1.6 Agua

El contenido en agua del organismo animal varía con la edad. El agua constituye el 75 al 80 % del animal recién nacido; mientras que en el animal adulto cebado esta cifra desciende hasta el 50 %. El mantenimiento del nivel hídrico del organismo es esencial para la vida, un animal muere más rápidamente si se le priva de agua que si se le priva de alimento. El agua tiene en el cuerpo el papel de disolvente en el cual son transportados los nutrientes y al que se vierten los productos de desecho.

El agua tiene también un elevado calor latente de vaporización, lo que le hace jugar un papel importante en la regulación de la temperatura del organismo, a través de su evaporación por los pulmones y por la piel. El animal obtiene el agua de tres fuentes: agua de bebida, agua contenida en los alimentos y agua metabólica; esta última se forma durante el metabolismo, por oxidación de los nutrientes orgánicos que contienen hidrógeno, el agua contenida en los alimentos está sujeta a un amplio margen de variación el mismo que puede oscilar desde un 6 % en los alimentos secos, hasta un 90 % en algunas raíces.

El agua de mala calidad puede ocasionar bajas ganancias de peso, pobre conversión alimenticia, y efectos adversos sobre la salud del animal, como es el caso de la poli encefalomalacia (agua con alto contenido de sulfatos, asociada con una deficiencia de vitamina B1).

4.2.2 Digestión y Metabolismo de los Nutrientes

4.2.2.1 Digestión y metabolismo de los carbohidratos

De acuerdo a su estructura y función los carbohidratos se clasifican en polisacáridos de reserva (almidón); polisacáridos estructurales (celulosa, hemicelulosa y pectina); y, los carbohidratos simples o azúcares, como lo mono y disacáridos.

El almidón es un polímero de moléculas de D-glucosa ordenadas como una cadena lineal con enlaces glucosídicos alfa 1-4 en la amilosa, o con ramificaciones que se inician en uniones glucosídicas alfa 1-6 en la amilopectina. Estos enlaces, por ser de tipo alfa, son desdoblados tanto por los microorganismos amilolíticos del rumen como por la amilasa pancreática del animal.

El almidón es un polisacárido de reserva para los vegetales y está presente especialmente en los granos. 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. Esta última alternativa favorece al rumiante al aportarle una fuente directa de glucosa, que de otro modo debería sintetizar por gluconeogénesis hepática empleando el propionato absorbido en el rumen. Un mecanismo que transfiere pequeñas cantidades de almidón al intestino son los protozoos, que pueden almacenarlo en su cuerpo.

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.

Los carbohidratos estructurales (celulosa, hemicelulosa y pectina) reciben este nombre porque sirven de estructura y sostén del vegetal. Cuando el forraje es tierno, las paredes celulares poseen mayor concentración de pectinas; 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 celulosa es un polímero de glucosas, unidas por enlaces glucosídicos beta 1-4, y su estructura fibrilar le permite unirse entre sí por puentes de hidrógeno, creando fibrillas de gran resistencia. La hemicelulosa y la pectina se caracterizan por ser más heterogéneas, incluyendo monosacáridos neutros y ácidos como el ácido galacturónico, especialmente abundante en la pectina.

Las uniones glucosídicas de tipo beta, sólo pueden ser degradadas por las enzimas microbianas liberadas por la flora ruminal, lo cual representa la base de la simbiosis bacteria-rumiante en los procesos fermentativos del rumen. 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 los

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. 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 dependen fundamentalmente por la concentración de lignina en el forraje.

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.

Una de las características funcionales más importantes de los hongos en el ecosistema ruminal es su capacidad para degradar celulosa unida a lignina. Esta propiedad se debería al efecto mecánico de las hifas que se introducen en las cutículas y paredes celulares lignificadas y al dividirse la rompen, exponiendo los

carbohidratos estructurales. 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.

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 carbohidratos solubles.

Los carbohidratos simples o azúcares se encuentran generalmente 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 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

Del mismo modo que los azúcares simples poseen alta disponibilidad ruminal, lo propio ocurre con el resto de los componentes del contenido celular (fosfolípidos y proteínas solubles). Por esta razón, cuando un rumiante consume forrajes tiernos, como en un rebrote de primavera por ejemplo, la relación contenido pared celular es suficientemente alta como para crear condiciones de fermentación muy diferentes a cuando el animal consume forrajes maduros con alto contenido de pared celular. En este último caso el predominio de “fibra”, o carbohidratos no solubles (celulosa y hemicelulosa) condiciona el desarrollo de un ambiente típicamente celulolítico, con pH superior a 6 y baja producción y absorción de AGV, entre los que predomina el acetato.

Cuando lo que predomina es contenido celular de alta disponibilidad, aunque el animal se alimente de forraje el aporte de “fibra” es bajo y las condiciones ruminales resultantes serán más semejantes a dietas suplementadas con almidón, con menor pH y mayor producción de AGV, en particular de propionato (Relling, y Mattioli 2003)

4.2.2.2 Digestión y metabolismo de las proteínas

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 hidrolisados hasta aminoácidos, los cuales pueden ser empleados para sintetizar proteína microbiana o bien como ocurre con la mayor parte de ellos, 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 libres se convierten, por adiciones de hidrógeno en amonio, 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 %).

Así como los microorganismos cubren una parte de sus requerimientos energéticos desdoblando aminoácidos, las bacterias y los hongos pueden resintetizarlos siguiendo el camino inverso, uniendo cadenas carbonadas, proveniente especialmente de los hidratos de carbono, con grupos amino provenientes del amonio desde otra fuente de nitrógeno no proteico (NNP). Estudios 'in vitro" demostraron que las principales 100 especies bacterianas del rumen pueden cubrir sus requerimientos proteicos usando el amoníaco como única fuente de nitrógeno, sin embargo, cuando estas bacterias se encuentran en el medio ruminal cubren más del 50 % de sus requerimientos de nitrógeno a partir de aminoácidos aportados por la dieta. También se ha demostrado que el crecimiento de las bacterias es más rápido cuando las fuentes de N provienen de proteínas y no de NNP, El mecanismo de cómo los AA o pequeños péptidos regulan este crecimiento no se conoce todavía. Se considera que, dependiendo de la dieta, entre el 40 y el 95 % de las proteínas bacterianas derivan del amonio ruminal. Las bacterias pasan con el quimo hacia el intestino y allí son digeridas, representando una importante fuente de proteínas para el rumiante.

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 amonio 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. Cuando los protozoos consumen proteína bacteriana para sintetizar la propia elevan su valor biológico, vale decir que sintetizan una proteína con cantidad y tipo de aminoácidos más cercana a la requerida por el rumiante, y a este efecto se lo denomina "animalización de las proteínas". 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 del rumiante depende de dos factores. Por un lado en la medida en que una dieta balanceada aporta mayor cantidad de energía estimula la división microbiana, aumentando su concentración en el rumen y lo por tanto su llegada al intestino. Por otro lado se ha insistido en que las bacterias requieren dos sustratos para sintetizar sus proteínas somáticas, siendo estos las cadenas carbonadas y una fuente de N. Así, la producción ruminal de proteína puede verse afectada por desbalances entre ambos sustratos. Si el desequilibrio se debe a un exceso de nitrógeno, ya sea como proteína verdadera o como alguna fuente de NNP, aumentará la concentración ruminal de amonio debido a que no es empleado para sintetizar proteínas bacterianas debido a la falta relativa de cadenas carbonadas.

El exceso de amonio perjudica al animal en dos aspectos. Por un lado aumenta el pH ruminal y puede alterar su funcionamiento si éste supera el rango normal y por otra parte el amonio es absorbido por el rumen y detoxificado en el hígado, mediante la formación de urea, con el consecuente gasto energético adicional para el rumiante. Si el desequilibrio se debe a una falta de nitrógeno en relación a la energía que aporta la dieta, este será el factor limitante para el desarrollo bacteriano ya que no se formarán los grupos amino. Se ha estimado que el mayor desarrollo bacteriano se logra con una concentración ruminal de amoníaco de 5 mg/dl, y valores superiores tienen relación directa con su desbalance con exceso de nitrógeno en la dieta.

Los forrajes que integran las pasturas o verdeos de buena calidad aportan normalmente cantidades adecuadas de proteínas. Sin embargo, estas proteínas poseen alta disponibilidad ruminal, por lo cual son rápidamente degradadas y sirven fundamentalmente como fuente de amonio para la síntesis de proteína bacteriana.

Para ello es necesario que exista también una fuente de hidratos de carbono de rápida disponibilidad. Los forrajes cumplen este requisito especialmente en primavera, al presentar altas concentraciones de hidratos de carbono solubles. Durante el otoño, en cambio, los forrajes tienden a mantener su concentración proteica pero disminuye significativamente la de hidratos de carbono solubles, creando un desbalance que lleva a un exceso de amonio en el rúmen.

4.2.2.3 Nitrógeno no proteico

Cuando la proteína es un elemento costoso de suplementar, el metabolismo ruminal aporta la posibilidad de reemplazar una parte de las proteínas de la dieta por alguna fuente de NNP más económica, como la urea. Sin embargo, esta alternativa se va perdiendo a medida que el animal aumenta su producción y en consecuencia aumentan también sus requerimientos proteicos, haciendo que dependa cada vez más para cubrirlos de la fracción de proteína verdadera que pasa al intestino sin degradarse en el rumen (proteína pasante o bypass).

Trabajos más recientes informan que la producción lechera no se ve afectada al usar sólo NNP cuando el requerimiento de proteína bruta es del 11 o el 13 %, con dietas pobres o ricas en energía respectivamente. Cuando el requerimiento es superior se obtiene mayor producción lechera empleando proteína verdadera. Las razones por las cuales la cantidad de NNP tiene que ser sustituido por proteínas es debido a que las proteínas aumentan la eficiencia bacteriana, al permitir un desarrollo más rápido.

Otro aspecto importante a considerar es que si bien pueden estar equilibradas las cantidades de NNP y de energía en la dieta, puede existir un desequilibrio en la dinámica de disponibilidad ruminal. Esto puede presentarse cuando se usa urea como NNP y granos como fuente energética. La urea es rápidamente desdoblada por la flora ureolítica y deja libre una cantidad de amoníaco, debido a que el grano tarda más tiempo en ser degradado. Un ejemplo de ello son estudios de producción lechera en los que se compararon dos dietas que poseían 15.5 % de proteína bruta como urea, pero contenían suero de leche en polvo (fuente de hidratos de carbono de rápida fermentación) o grano como principales fuentes energéticas, obteniéndose

mayor producción lechera con el suero, al hacer coincidir la disponibilidad energética de éste con la disponibilidad del nitrógeno de la urea.

La capacidad urolítica ruminal es una adaptación fisiológica del rumiante, y está destinada a desdoblar toda la urea que sintetiza y recicla su propio organismo, pero no está diseñada para ajustarse a una suplementación de la dieta con urea. Quizás por la importancia que el rumiante le otorga al reciclado de nitrógeno, la capacidad ureolítica del rumen no es un paso limitante, desdoblando toda la urea que se le aporte. Por esta razón es sencillo provocar intoxicaciones, las cuales provocan desde alcalosis ruminal hasta graves intoxicaciones con amoníaco.

4.2.3 Alimentación del Ganado Bovino

Para alimentar al ganado bovino existe una gran diversidad de recursos. Estos alimentos se clasifican en:

- Pastos: plantas de pradera y forrajes verdes, son el alimento ideal por ser económico y natural.

- Forrajes secos: heno, paja, panca, y otros alimentos de alto contenido de fibra.

- Ensilaje: método de almacenamiento de forrajes de ciertas leguminosas y gramíneas, en el cual se produce una fermentación anaeróbica.}

- Alimentos con alto contenido de energía: cereales, concentrados, subproductos de molienda y de la industria azucarera, frutas, raíces, etc.

- Suplementos de proteína (de origen vegetal o animal)

- Suplementos de vitaminas y minerales.

4.2.3.1 Alimentación con forraje

Es el suministro directo de materia verde o seca, los forrajes son plantas o algunas partes vegetativas de plantas cultivadas o utilizadas para la alimentación del ganado mediante el pastoreo directo o la cosecha; constituyen la manera más económica y práctica de alimentar el ganado, puede ser gramíneas o leguminosas y resultan indispensables en la dieta por la función digestiva que cumplen:

- Estimulan la rumia y la salivación

- Estimulan el movimiento normal del rumen, ayudan a mejorar y mantener el crecimiento de los microorganismos del rumen

Los forrajes pueden ofrecerse al animal en estado fresco o conservado (ensilado, henificado o deshidratado), la calidad nutricional de los pastos y forrajes varía de acuerdo con la edad del cultivo; a medida que maduran, disminuye la concentración de proteína, energía, calcio, fósforo y materia seca. Un bovino consume de 2,5 a 3 % de su peso corporal como forraje con base a materia seca (MS).

4.2.3.2 Suplementos alimenticios

El objetivo de suministrar concentrados en la dieta de los animales es proveer una fuente de energía o de proteína adicional para completar sus requerimientos. Estos concentrados pueden ser altos o bajos en proteína. Los granos de cereales contienen menos del 12 % proteína cruda, pero las harinas de semillas oleaginosas (soya, algodón, maní) pueden contener hasta 50 % de proteína cruda.

Los concentrados tienen alta palatabilidad y son comidos rápidamente. En contraste a los forrajes, los concentrados tienen bajo volumen por unidad de peso (alta gravedad específica), aumentan la acidez (reducen el pH) del rumen que puede interferir en la fermentación normal de fibra.

4.3 LA PULPA DE CAFÉ EN LA ALIMENTACIÓN DE RUMIANTES

La pulpa de café está formada por el epicarpio y una parte del mesocarpio del fruto del cafeto, constituye alrededor del 40 % del peso total del fruto en base húmeda; su humedad es de aproximadamente 85 % y representa una de las mayores desventajas, ya que dificulta el transporte, manejo, procesamiento y uso directo en la alimentación animal; sin embargo, su composición química favorece su uso como ingrediente en la dieta de los animales (Elías, 1978).

4.3.1 Valor Nutritivo de la Pulpa Fresca

Análisis de la composición de la pulpa de café han demostrado que esta contiene niveles de proteína cruda (9-16 %), calcio (0,31 %) y fósforo (0,81%). Trabajos de digestibilidad indican que en términos de nutrientes digestibles totales (55-65 % NDT) es energéticamente comparable con los pastos; además contiene aminoácidos de los cuales resaltan por su alto nivel (16gN); lisina (6,8), histidina (3,9), treonina (4,6), valina (7,4) y fenilalanina (4,9).

Sin embargo, hasta el 66 % de la proteína total se encuentra en la pared celular de la pulpa, ya que la utilización de la pared celular es incompleta y muy variable, la utilización de la proteína de la pulpa de café es probablemente muy limitada. (Lewy, 1935 y Squibb 1951) han obtenido coeficientes de digestibilidad de solo 30-34% para la proteína total de la pulpa de café, el porcentaje de pared celular de la pulpa es de 64,5 %.

Cuadro 5. Composición química de la pulpa de café en diferentes estados

COMPONENTE	PULPA FRESCA	PULPA DESHIDRATADA	PULPA FERMENTADA NATURALMENTE Y DESHIDRATADA
Humedad	76,7	12,6	7,9
Materia Seca	23,3	87,4	92,1
Proteína Cruda	2,1	11,2	10,7
Fibra Cruda	3,4	21,0	20,8
Extracto Libre de Nitrógeno	15,8	44,4	49,2
Extracto Etéreo	0,48	2,5	2,6
Cenizas	1,5	8,3	8,8

Fuente: Elías (1972)

Bressani*et al*. (1972) indican que la proteína de la pulpa de café contiene niveles similares o más altos de aminoácidos que otros productos, como la harina de algodón y la harina de soya. La pulpa de café muestra concentraciones más altas de aminoácidos que el maíz pero es deficiente en aminoácidos azufrados; el contenido de lisina es tan alto como el de la harina de soya cuando se expresa como mg/g de nitrógeno.

4.3.2 Sustancias Anti - nutricionales

Las sustancias presentes en la pulpa de café pueden afectar su valor nutritivo. Existen varias sustancias en la pulpa de café que pueden ser las responsables del efecto adverso que esta les ocasione a los animales tales como taninos, polifenoles, cafeína y potasio. Elevadas cantidades de dichas sustancias pueden presentar mortalidad en animales menores y también en rumiantes si son alimentados exclusivamente con la pulpa de café o con raciones altas en ella (Braham y Bressani, 1978).

Cuadro 6. Sustancias anti – nutricionales presentes en la pulpa de café

COMPONENTE	CANTIDAD EN BASE SECA (%)
Taninos	1,80 – 8,56
Sustancias pépticas totales	6,5
Azúcares reductores	12,4
Azúcares no reductores	2,0
Cafeína	1,3
Ácido clorógenico	2,6
Ácido cafeico total	1,6

Fuente: Elías, 1978.

a. Cafeína

El efecto fisiológico de este alcaloide del tipo purina metilada puede causar en rumiantes un aumento en la actividad motora. El resultado de esta actividad anormal podría ser un aumento en el uso de la energía que tendría como efecto final el descenso en la ganancia de peso y en la eficiencia de conversión. Tanto la cafeína como el ácido clorogénico actúan de manera conjunta (Braham y Bressani, 1978; Ferrer *et al*., 1995).

Entre los efectos que causan los elevados tenores de cafeína, de manera general, se puede citar el aumento de la sed del animal, así como también se incrementa la evacuación urinaria, que trae como consecuencia la excreción de nitrógeno (Braham y Bressani, 1978). Aunque el volumen de la pulpa de café que se puede suministrar en mezclas sustituyentes dependerá de la especie estudiadas y su etapa de crecimiento, en la literatura existe discrepancia en cuanto a los valores de cafeína presentes en la pulpa de café. Ferrer *et al*. (1995) señalan valores de 0,85% de cafeína en pulpa fresca; mientras que Ferreira *et al*. (2001) señalan valores de 11,7% de cafeína en la pulpa de café ensilada, inferior a la que presenta la pulpa de café fresca, por lo que esos niveles afectarían la nutrición de los rumiantes cuando es suministrada en grandes cantidades.

b. Fenoles libres

La acción de los fenoles libres está asociada a la propia bioquímica de la pulpa de café, así como también el efecto que puede tener sobre la utilización de los nutrientes y sus consecuencias fisiológicas. Los polifenoles libres pueden interferir con la utilización de proteínas, ligándola y formando complejos no aprovechables, pero también pueden combinarse con las enzimas digestivas y afectar su catabolismo. Con respecto a la bioquímica de la pulpa, se considera que el cambio de color de rojo sangre a marrón oscuro se deba a reacciones de pardeamiento enzimático causada por la oxidación de los polifenoles o quinonas, las que a su vez se combinan con aminoácidos libres y proteínas para dar complejos de coloración oscura.

La unión de las proteínas con estos productos tiene un efecto sobre la digestibilidad de las proteínas y por lo tanto en la absorción de este nutriente para satisfacer las necesidades fisiológicas (Braham y Bressani, 1978, Ferrer*et al*., 1995). La cantidad de fenoles libres en la pulpa se encuentra alrededor del 2,6% (Braham y Bressani, 1978). En la literatura no se dispone de información precisa de los niveles de fenoles libres que causan toxicidad en los animales. Gómez *et al*. (1985) señalan que en el caso de la pulpa ensilada los niveles de ácido clorogénico y caféico que forman parte de los fenoles libres, disminuyen a niveles que no causan efectos antifisiológicos.

c. Taninos

Los taninos se pueden agrupar en dos clases, los taninos que se hidrolizan en ácido gálico y azucares, y los taninos condensados que se derivan de flavonoides monoméricos. Quizás una de las características más importantes de los taninos es probablemente su capacidad de ligar proteínas, evitando el aprovechamiento de éstas por el organismo; también pueden actuar como inhibidores enzimáticos.

Estos compuestos polifenólicos pueden inferir en el comportamiento de los animales al disminuir la disponibilidad biológica de la proteína consumida, o como fuente de

polifenoles libres (Ramírez, 1987; González, 1990; González *et al*., 1994; Clifford y Ramírez, 1991; Clifford*et al*., 1991; González *et al*.1998; Ramírez, 1998).

Los niveles encontrados de tanino en la pulpa de café varían entre 1,8 y 8,56%; sin embargo, Gómez *et al*. (1985) y Ferreira *et al*.(2000) señalan que los niveles de taninos disminuyen cuando la pulpa es ensilada y además, mejora su valor nutritivo.

En el caso particular de los rumiantes en crecimiento, estos pueden tolerar un consumo máximo de taninos de 28 g/100 Kg de peso por día sin manifestar síntomas (Vargas *et al*., 1977).

4.3.3 Procesamiento de la Pulpa de Café

4.3.3.1 Fermentación en estado sólido (FES)

La FES es un complejo proceso de transformaciones microbiológicas sobre materiales sólidos, donde el contenido de líquido en el sistema está al nivel correspondiente de la actividad del agua, para asegurar el crecimiento y el metabolismo de los microorganismos así como la formación de productos deseables, pero sin exceder la capacidad máxima de retención de agua de la sustancia sólida. Rodríguez, (2004)

En la práctica, el crecimiento de los microorganismos ocurre sobre o dentro del sólido muy cerca de la ausencia de agua libre. El agua presente se encuentra en una forma compleja dentro de la matriz sólida o como una fina capa que puede estar absorbida dentro de las partículas de la superficie o con uniones menos fuertes en la región capilar del sólido (Raimbault, 1998). Sin embargo, el límite de humedad en el cual la FES se puede llevar a cabo está en función del tipo de sustrato, el microorganismo empleado y el objetivo del proceso productivo en cuestión.

a. Ventajas

Muchos trabajos reconocen las ventajas que tienen la FES en relación a las fermentaciones sumergidas. En este sentido, Durand *et al*. (1997) plantean que en

estos procesos no se requiere de un medio de cultivo, pues los microorganismos crecen en sustratos sólidos. Consideran además que son tecnologías limpias, pues los bajos niveles de humedad reducen los problemas de contaminación. Por otra parte, agregan que las condiciones de crecimiento de los microorganismos son similares a su hábitat natural y que debido a la alta concentración de producto que se obtiene, este se puede secar e incorporar directamente a la alimentación animal. Mientras que Singhania *et al.,* (2009) hacen referencia a las siguientes ventajas:

- Este tipo de fermentaciones presentan una baja demanda de agua, lo que trae consigo una disminución de los residuales líquidos del proceso.
- Se obtiene una alta concentración de los productos finales y una mayor estabilidad.
- Existe una menor represión catabólica.
- No se requiere de altas condiciones de esterilización, debido a la baja actividad de agua utilizada en estos procesos.
- La aireación se facilita a través de los espacios entre las partículas de la fibra y la mezcla de partículas.
- Tienen mayor productividad volumétrica, debido a una alta concentración de sustrato por unidad de volumen.

b. Desventajas

A pesar de las grandes ventajas que tienen estos procesos, se presenta algunas desventajas que han desalentado el uso de esta técnica para la producción industrial. Hölker *et al*. (2004) plantean que los principales obstáculos se encuentran en llevar los resultados del laboratorio a una escala mayor, debido a la acumulación de altos gradientes de temperatura. Explican que otra de las dificultades que se presentan es el control del resto de las variables de importancia en el proceso, por lo que este aspecto tiene vital importancia en el estudio de las FES.

Las fermentaciones en estado sólido por el tipo de tecnología a emplear y de los parámetros para controlar el proceso se pueden clasificar en rústicos o en cámara o bioreactores.

4.3.3.2 Fermentación rústica

Es un proceso de fermentación aeróbica que se fundamenta en la asimilación de la materia orgánica por parte de microorganismos en presencia de oxígeno y nutrientes; se produce en fases secuenciales, desde las primeras descomposiciones microbianas de la materia orgánica hasta la estabilización del producto con la producción de agua (H2O) y anhídrido carbónico (CO2)

La fermentación rústica es una variante productiva para pequeñas comunidades, que permite autoabastecerse de alimento sin hacer grandes inversiones, las que sí se requieren en las fermentaciones que se llevan a cabo en biorreactores. Este tipo de alimento no tiene un alto valor agregado, por tanto los procesos de obtención no pueden ser complejos en equipamiento ni en procedimientos, es por ello que son una buena alternativa para productos con un bajo costo de producción. A pesar de estas posibilidades, en las fermentaciones rústicas no se logran controlar fácilmente ninguno de los parámetros que rigen el proceso. Esto trae consigo que se produzcan elevados gradientes de temperaturas, así como otras afectaciones que perjudican el adecuado desarrollo de la fermentación. Rodríguez, (2004)

En este proceso, se propicia el desarrollo de la microflora epifita presente en la pulpa de café, mediante la adición de una fuente de nitrógeno no proteico como la urea, una fuente de carbohidratos de fácil fermentación y sales minerales; generalmente se realiza en los tendales donde se seca el café, mediante la ejecución de las siguientes actividades:

- Se pesa la pulpa de café de acuerdo a la cantidad que se desee preparar; y, a la caída del sol se esparce en una capa de 10 cm aproximadamente;
- Se mescla las sales y la urea en las proporciones establecidas de acuerdo a la cantidad a preparar y se distribuye sobre el material de manera uniforme;
- Con una bomba de fumigación, se aplica la fuente de carbohidratos de fácil fermentación (Melaza, miel, guarapo, suero de leche, ect);
- Se mescla todo el material y se lo deja en reposo por 12 a 14 horas, (toda la noche)

- Se voltea cada dos horas por un lapso de 48 a 72 horas hasta su lograr el secado total;
- Se empaca en sacos de yute y se almacena en un lugar seco, quedando listo para su uso como suplemento alimenticio ya entero o molido.

Morgan (2003) mediante fermentación rústica con la adición de 1,5 % de urea y 10 % de miel, obtuvo un producto denominado Pulpa de Café Enriquecida que presenta la siguiente composición química:

Cuadro 7. Composición química de la pulpa de café biofermentada

NUTRIENTES	CONTENIDO (%)
Materia Seca (MS)	90,5
Proteína Bruta (PB)	24,89
Proteína Verdadera (PV)	14,02 – 18,81
Fibra Bruta (FB)	19,95
Cenizas	15,81 – 19,75
Calcio	1,45
Fósforo	1,11

Fuente: Morgan, 2003.

4.3.4 Uso en la Alimentación de Rumiantes

Uno de los principales factores que determina e valor nutritivo de un alimento es la cantidad que los animales consumen voluntariamente cuando tienen acceso libre a él. Cabezas *et al*. (1978) señalaron que una de las limitaciones de ese material como alimento para el ganado es la renuncia de los animales a consumirlos como principal alimento de la ración.

La pulpa de café puede ser incorporada a niveles que van de 20 a 40% del concentrado y de 10 a 20% de materia seca de una ración completa sin que produzca disminución en la producción de leche. La pulpa de café deshidratada y

molida puede ser suministrada hasta un 20% como suplemento en vacas lecheras, sin causar efectos detrimentales (Flores, 1976).

Aunque el consumo de la pulpa de café presenta sus limitaciones, esta puede desempeñar un papel importante en los sistemas de alimentación intensivos del ganado bovino en los países tropicales porque su uso puede alcanzar entre 20 y 30% en las raciones para bovinos de carne.

El contenido de nutrientes totales y digerible de la pulpa de café muestra que es un subproducto agrícola con un valor nutritivo potencial, similar al de un forraje tropical de buena calidad (Braham y Bressani, 1978).

Vargas *et al*. (1977) alimentaron novillos Holstein con concentrado y sustitución de 20, 40 y 60% de pulpa de café deshidratada. Estos autores reportaron disminución en la ganancia de peso diaria, consumo de materias seca, proteína y energía digestible cuando se incrementaban los niveles de pulpa de café en las dietas. Cuando los novillos se alimentaron con proporciones de pulpa de 20%, la excreción de orina fue de 4,48 l/Kg PV/d que corresponden a 4,07g/100 Kg PV por 100 g de nitrógeno ingerido por día, mientras que al consumir 60% de la pulpa de café, los novillos excretaron 8,85 l/100 Kg PV que equivale a 6,48 g por 100 g de nitrógeno ingerido.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 MATERIALES

5.1.1 Materiales de Campo

- 15 toretes mestizos Brahaman
- Pulpa de café
- Melaza
- Urea
- Guarapo de caña
- Sales minerales
- Bomba de mochila
- Comederos
- Aretes para la identificación de los bovinos
- Letreros para la identificación de los tratamientos
- Balanza
- Herramientas
- Cámara fotográfica
- Libreta de campo

5.1.2 Materiales de Oficina

- Computadora
- Impresora
- Calculadora
- Papel

5.2 MÉTODOS

5.2.1 Ubicación

La presente investigación se ejecutó en el barrio Achiotes del cantón Chaguarpamba, que se encuentra ubicado en la parte central de la provincia de Loja, a una distancia de 111.4 Km de la ciudad de Loja. Presenta las siguientes características climatológicas: altitud: 1050 m.s.n.m, temperatura promedio anual 22 ºC y una precipitación anual de 750 mm

5.2.2 Descripción y Adecuación de las Instalaciones

El experimento se desarrolló en una finca de 15 ha con pasto chilena que cuenta con división de potreros para realizar un sistema de pastoreo rotativo. Los animales permanecieron en los potreros la mayor parte del día y fueron conducidos al corral únicamente para el suministro de la ración experimental. Para las actividades de manejo como: vacunaciones, desparasitaciones, vitaminizaciones, suministro de las raciones y agua se dispuso de un corral de 48 m^2 en el cual se adecuaron los respectivos comederos y bebederos.

5.2.3 Descripción e Identificación de las Unidades Experimentales

Se utilizaron 15 toretes mestizos, de 18 meses de edad, con un peso promedio de 140 Kg; cada animal tenía su respectiva identificación individual y constituyó una unidad experimental.

5.2.4 Conformación e Identificación de los Grupos Experimentales

Luego del periodo de adaptación de los animales, se procedió a tomar y registrar el peso, posteriormente se sorteó al azar para conformar tres grupos experimentales de cinco animales respectivamente. Los grupos experimentales se identificaron con letreros de acuerdo al tratamiento respectivo.

5.2.5 Obtención de la Pulpa Biofermentada

Se realizó en los tendales de las despulpadoras, mediante la ejecución de las siguientes actividades:

- Se pesó 500 Kg de pulpa y a la caída del sol se esparció en una capa de 10 cm aproximadamente;
- Se preparó una solución con 2,5 Kg de sales minerales y 7,5 Kg de urea en 20 l de agua y se la distribuyó sobre el material de manera uniforme;
- Luego se añadió 50 litros de guarapo de caña con una bomba de fumigación;
- Posteriormente se mezcló todo el material y se lo dejó reposar por un lapso de 12 a 14 horas, (toda la noche);
- Al siguiente día se volteó cada dos horas hasta lograr el secado total, entre las 48 y 72 horas
- Se empacó el producto en sacos de yute y se los almacenó en un lugar seco.

5.2.6 Descripción de los Tratamientos

Se evaluaron tres niveles de pulpa de café biofermentada (0, 15 y 30%) como suplemento alimenticio, de la siguiente manera:

5.2.6.1 Tratamiento uno

Consistió en la alimentación únicamente con forraje a un grupo de cinco toretes mestizos mantenidos en sistema de pastoreo libre, que sirvió como testigo.

5.2.6.2 Tratamiento dos

Se suministró 2 Kg de ración suplementaria, compuesta con el 15 % de pulpa de café biofermentada y 85 % de caña picada a un grupo de cinco toretes mestizos mantenidos en sistema de pastoreo libre.

5.2.6.3 Tratamiento tres

Consistió en el suministro de 2 Kg de ración suplementaria del 30% de pulpa de café biofermentada y el 70% de caña picada a un grupo de cinco toretes mestizos mantenidos en sistema de pastoreo libre.

5.2.7 Diseño Experimental

Se utilizó el diseño de bloques al azar con tres tratamientos y cinco repeticiones.

5.2.8 Variables en Estudio

- Valor nutritivo de la pulpa fresca y biofermentada
- Consumo de alimento
- Incremento de peso
- Conversión alimenticia
- Rentabilidad

5.2.9 Toma y Registro de Datos

5.2.9.1 Valor nutritivo de la pulpa fresca y biofermentada

Se realizó el análisis químico proximal de la pulpa fresca y biofermentada teniendo en cuenta las siguientes determinaciones:

- Humedad
- Materia Seca (MS),
- Cenizas
- Fibra Bruta (FB),
- Proteína Bruta (PB),
- Extracto Etereo,
- Extracto Libre de Nitrógeno (ELN)

5.2.9.2 Consumo de alimento

Se pesó y registró diariamente la cantidad de la ración suministrada y para determinar el consumo real se restó el alimento sobrante o desperdiciado, aplicando la siguiente formula:

$$C.a = AS - AR$$

5.2.9.3 Incremento de peso

Se tomó y registró el peso al inicio del ensayo, y luego quincenalmente el mismo día y hora y con los animales en ayunas, para lo cual se utilizó una cinta bovinométrica; para el cálculo del incremento de peso se utilizó la siguiente fórmula:

$$\Delta P = P_F - P_I$$

5.2.9.4 Conversión alimenticia

Se relacionó el consumo de alimento y el incremento de peso obtenido quincenalmente, para lo cual se utilizó la siguiente fórmula:

$$CA = \frac{Consumo\ quincenal}{\Delta P\ quincenal}$$

5.2.9.5 Rentabilidad

Se hizo una relación entre los ingresos y los costos generados en el proyecto, para lo cual se utilizó la siguiente fórmula:

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

5.2.10 Análisis Estadístico

Se realizó el análisis de varianza de cada una de las variables en estudio, mediante el diseño de Bloques al azar y se aplicó la prueba de Duncan, para la comparación entre los promedios.

5.2.11 Análisis Económico

Se realizó en base al cálculo de la rentabilidad, relacionado los ingresos y los costos de producción generados en el proyecto, para lo cual se utilizó la siguiente formula:

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

Para los costos se consideraron los siguientes rubros: costo inicial de los animales, alimentación, instalaciones (Depreciación y Amortización), mano de obra, sanidad, etc. Los ingresos se obtuvieron de la venta de los animales.

5.2.12 Manejo de los Animales

Previo al inicio del experimento se procedió a realizar la desparasitación, tanto interna como externa de los animales; para la desparasitación interna se utilizó productos a base de ivermectina (ALLMECTIN 1%) a razón de 1ml/50 Kg/PV, vía subcutánea; mientras que para la externa se utilizó amitraz (PAREX 20,8%), en baños de aspersión, en proporciones de 1ml de amitraz por cada litro de agua, cada 15 días con una bomba de mochila. También se administró vitaminas AD_3E (VIGANTOL) a razón de 5 ml por animal, vía Intramuscular.

El suministro de la ración se realizó en la mañana, en los corrales; luego los animales eran llevados a los potreros de pastoreos, donde permanecieron la mayor parte del tiempo.

6. RESULTADOS

6.1 VALOR NUTITIVO DE LA PULPA DE CAFÉ BIOFERMENTADA

El valor nutritivo de forraje, chilena *(Pannicum máximum,)* pulpa de café fresca y biofermentada, caña de azúcar se indica en el cuadro 8.

Cuadro 8. Composición química de forraje, pulpa de café fresca y biofermentada, caña de azúcar picada (%)

	Base de cálculo	M.S.	Cz	E.E.	P.C.	F.C.	E.L.N.
Forraje	**TCO**	30,92	2,98	1,01	2,92	10,64	13,37
	BS	100,0	9,64	3,27	9,44	34,41	43,24
Pulpa fresca	**TCO**	18,57	2,32	0,19	1,61	3,23	11,22
	BS	100,0	12,49	1,02	8,67	17,39	60,43
Pulpa bioferm.	**TCO**	89,71	12,25	1,27	23,03	18,97	34,20
	BS	100,0	13,66	1,42	25,66	21,15	38,11
Caña (Tallo)	**TCO**	20,45	1,31	0,41	0,75	6,21	11,77
	BS	100,0	6,41	2,01	3,65	30,37	57,54

Fuente: Laboratorio de Nutrición Animal AARNR – UNL (2012)

Cz: Cenizas, E.E: Extracto Etéreo, P.C: Proteína Cruda, F.C: Fibra Cruda, E.L.N: Extracto Libre de Nitrógeno, M.S: Materia Seca

El pasto Chilena (*Panicum maximun*), en base a materia seca presentó el 9,64 % de cenizas; 3,27 % de extracto etéreo; 9,44 % de proteína cruda; 34,41 de fibra cruda y 43,24 de extracto libre de nitrógeno.

El contenido de materia seca de la Pulpa Fresca de Café es de 18,57 %; la proteína cruda presenta un 8,67 %; la fibra está por el orden del 17,39 % y el extracto libre de nitrógeno es del 11,22 %.

El contenido de materia seca de la Pulpa de Café Biofermentada (PCB) es de 89,71 %; la proteína cruda presenta un 25,66 %; la fibra está por el orden del 21,15 % y el extracto libre de nitrógeno es del 34,20 %.

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), en base a materia seca presentó los siguientes resultados: cenizas 6,41 %, extracto etéreo 2,01 %, proteína cruda 3,65 %, fibra cruda 30,37 y extracto libre de nitrógeno 57,54 %.

6.2 CONSUMO DE ALIMENTO

Comprende el consumo de forraje (*Cetaria sphacelata*), y la ración suplementaria; el consumo de forraje se estimó, considerando una ingesta diaria equivalente al 10% del peso vivo de los animales y la ración se suministró a razón de 2 Kg diarios por animal. Para transformar a materia seca (MS) se multiplicó la cantidad de forraje y la ración suplementaria por los porcentajes de MS que fueron de 30,92 % y 20,45 %, respectivamente. Los resultados procesados se presentan en el cuadro 9 y figura 1:

Cuadro 9. Consumo alimento promedio quincenal en base a MS, en el engorde de toretes, en pastoreo con dos raciones suplementarias (Kg).

N. de Quincena	Tratamientos		
	T1(Testigo)	T2 (15% PCB)	T3 (30% PCB)
1	62,9	63,1	63,8
2	66,2	71,8	71,5
3	69,5	78,4	73,3
4	71,3	83,0	75,4
5	73,7	87,1	77,0
6	74,5	89,2	78,7
TOTAL	**418,1**	**472,6**	**439,7**
PROMEDIO (día)	**4,6**	**5,3**	**4,9**

Fuente: Investigación de campo, Febrero – Mayo del 2013
Elaboración: El autor.

El mayor consumo de alimento en base a MS se registró en el tratamiento dos con un total de 472,6 Kg, que representa un consumo diario de 5,3 Kg; mientras que el tratamiento uno (Testigo) presentó menor consumo con 418,1 Kg en promedio por animal durante el experimento, es decir 4,6 Kg por día

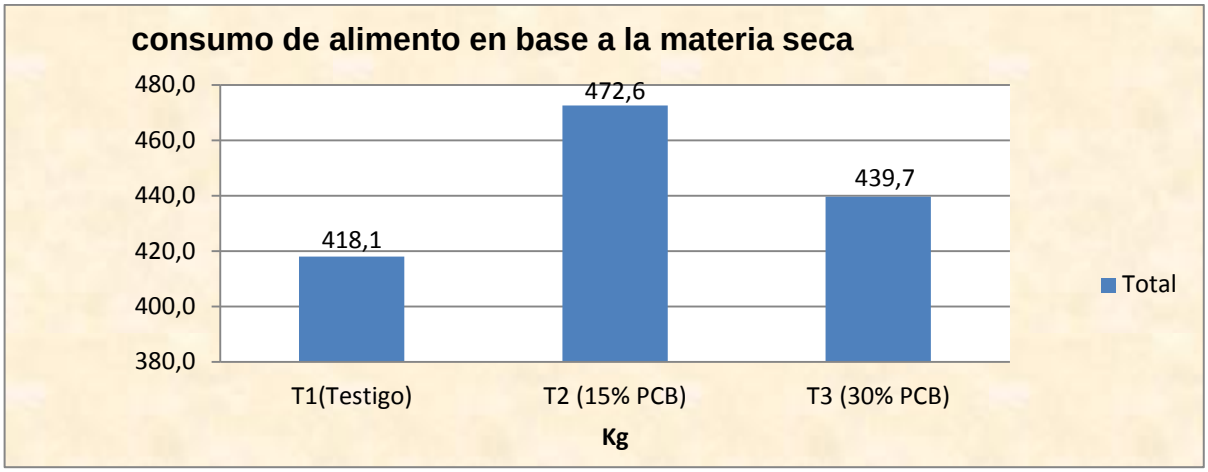

Figura 1. Consumo de alimento en base a la materia seca, en el engorde de toretes en pastoreo con dos raciones suplementarios.

6.3 INCREMENTO DE PESO

6.3.1 Peso Promedio Quincenal

Se registró el peso al inicio del experimento y luego quincenalmente, a la misma hora y día con los animales en ayunas, los resultados se presentan en el cuadro 10 y figura 2.

Cuadro 10. Peso promedio quincenal, en el engorde de toretes en pastoreo con dos raciones suplementarias (Kg).

N. de Quincena	Tratamientos		
	T1 (Testigo)	T2 (15%PCB)	T3 (30% PCB)
P.I.	139,8	140,2	141,8
1	147,2	159,6	158,8
2	154,4	174,2	162,8
3	158,4	184,4	167,6
4	163,8	193,6	171,0
5	165,4	198,2	175,0
6	167,2	203,2	182,4
Incremento de peso	**27,4**	**63,0**	**40,6**

Fuente: Investigación de campo, Febrero – Mayo del 2013
Elaboración: El autor.

Al inicio del experimento, los toretes presentaron un peso promedio de 140,6 Kg; conforme avanzó el experimento, incrementaron su peso de manera uniforme; para al término de la sexta quincena, llegar a un peso final de 167,2 Kg para el tratamiento uno y 203,2 Kg en el tratamiento dos; con una ganancia promedio por animal de 27,4 y 63,0 Kg respectivamente.

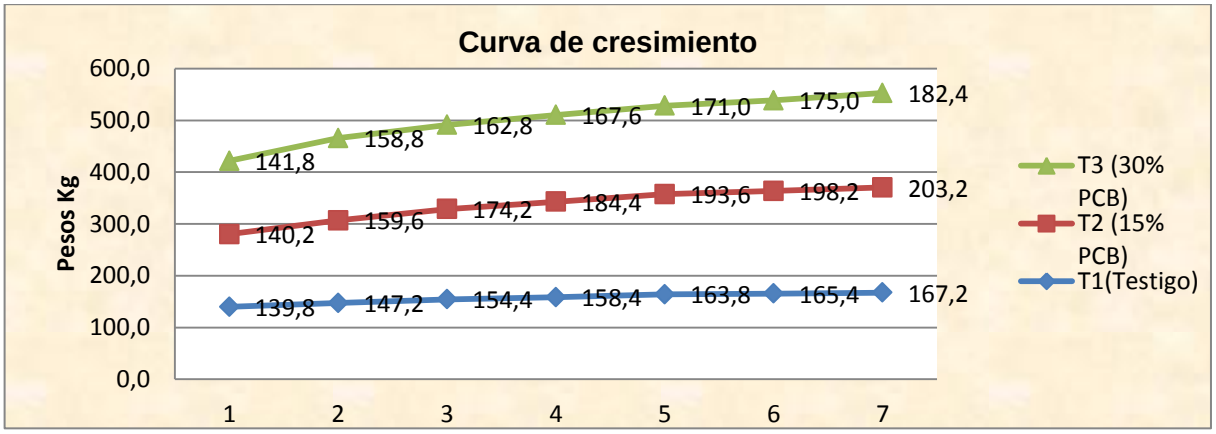

Figura 2. Curva de crecimiento en engorde de toretes en pastoreo con dos raciones suplementarias (Kg).

6.3.2 Incremento de Peso Total Individual

El incremento de peso total individual se calculó por diferencia entre el peso final y el peso inicial, en cada una de las unidades experimentales de los tres tratamientos; cuyos resultados se detallan en el cuadro 11 y figura 3.

Cuadro 11. Incremento de peso total individual, en el engorde de toretes en pastoreo con dos raciones suplementarias (Kg).

N°. de Animal	Tratamientos		
	T1 (Testigo)	T2 (15% PCB)	T3 (30% PCB)
1	29,0	64,0	41,0
2	20,0	65,0	36,0
3	30,0	58,0	35,0
4	28,0	64,0	34,0
5	30,0	64,0	57,0
Total (Kg)	**137,0**	**315,0**	**203,0**
Diario (g)	**304**	**700**	**451**

Fuente: Investigación de campo, Febrero – Mayo del 2013
Elaboración: El autor.

El tratamiento dos, correspondiente a la ración con el 15 % de pulpa bioferementada, alcanzó la mayor ganancia de peso durante el periodo experimental con 63,0 Kg en promedio por animal, que significó un incremento diario de 700, g; mientras que el menor incremento se registró en el tratamiento uno (testigo) con 27,40 Kg en promedio por torete, es decir con 304 g de ganancia diaria.

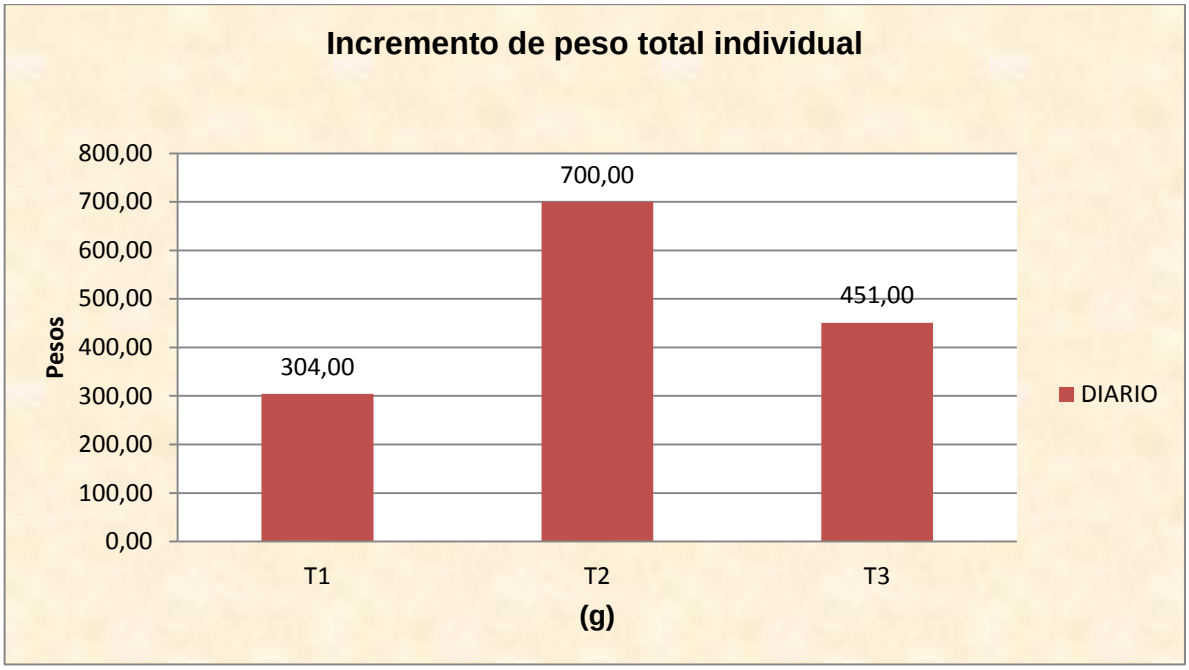

Figura 3. Incremento de peso promedio individual, en el engorde de toretes en pastoreo con dos raciones suplementarias (Kg).

6.3.3 Incremento de Peso Promedio Quincenal

El incremento de peso quincenal se determinó, por diferencia entre los pesos registrados quincenalmente en cada tratamiento; los resultados se detallan en el cuadro 12 y figura 4.

Cuadro 12. Incremento de peso promedio quincenal, en el engorde de toretes en pastoreo con dos raciones suplementarias (Kg).

Nº de Quincena	TRATAMIENTOS		
	T1 (Testigo)	T2 (15% PCB)	T3 (30% PCB)
1	7,4	19,4	17,0
2	7,2	14,6	4,0
3	4,0	10,2	4,8
4	5,4	9,2	3,4
5	1,6	4,6	4,0
6	1,8	5,0	7,4
Incremento total	**27,4**	**63,0**	**40,6**
Incremento diario (g)	**304,4**	**700**	**451,1**

Fuente: Investigación de campo, Febrero – Mayo del 2013
Elaboración: El autor.

El mayor incremento de peso durante los 90 días del experimento, lo obtuvo el tratamiento dos con un total de 63,0 Kg, que representa una ganancia diaria de 700 g; mientras el tratamiento uno alcanzó 27,4 Kg en promedio por animal, es decir una ganancia diaria de 304,4 g.

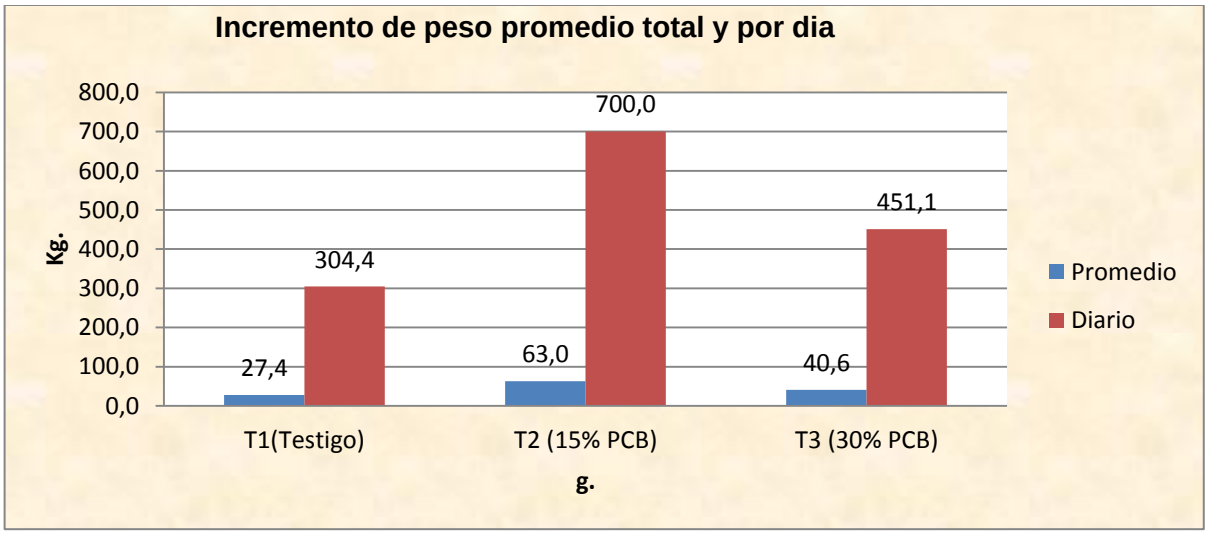

Figura 4. Incremento de peso total y por día, en el engorde de toretes en pastoreo con dos raciones suplementarias (Kg).

6.4 CONVERSIÓN ALIMENTICIA

6.4.1 Conversión Alimenticia en Base a Materia Seca

Para el cálculo de la conversión alimenticia se relacionó el consumo de alimento (forraje + ración suplementaria) en base a materia seca y el incremento de peso promedio quincenal. Los resultados se detallan en el cuadro 13 y figura 5.

Cuadro 13. Conversión alimenticia en base al consumo MS, en engorde de toretes en pastoreo con dos raciones suplementarias (Kg).

Nº de Quincena	Tratamientos		
	T1 (Testigo)	T2 (15% PCB)	T3 (30% PCB)
1	8,5	3,3	3,8
2	9,2	4,9	17,9
3	17,4	7,7	15,3
4	13,2	9,0	22,2
5	46,1	18,9	19,2
6	41,4	17,8	10,6
C.A	**15,3**	**7,5**	**10,8**

Fuente: Investigación de campo, Febrero – Mayo del 2013
Elaboración: El autor.

El tratamiento dos presentó la mejor conversión alimenticia con 7,5; es decir que los animales de este grupo, necesitaron consumir 7,5 Kg de alimento en base a materia seca para incrementar 1 Kg de peso; mientras que el tratamiento uno, resultó menos eficiente con una conversión de 15,3.

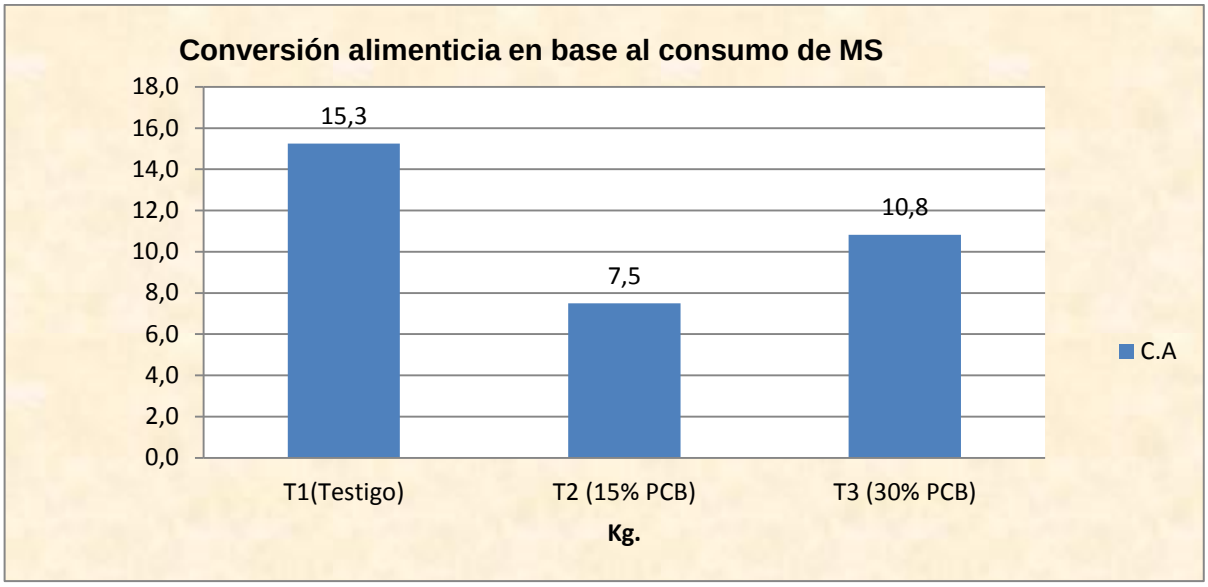

Figura 5. Conversión alimenticia en base al consumo de MS, en el engorde de toretes en pastoreo con dos raciones suplementarias (Kg).

6.5 RENTABILIDAD

6.5.1 Costos de Producción

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

6.5.1.1 Precio inicial de los animales

El precio inicial de los toretes fue de $ 336 cada uno, considerando que su peso promedio fue de 140 Kg y el precio de un kilogramo de peso vivo en el mercado local fue de $ 2.40 (dos dólares con cuarenta centavos).

6.5.1.2 Alimentación

a. Forraje

El costo del forraje, se consideró el valor de arrendamiento del potrero a razón de $ 450 durante todo el proceso experimental que dividido para los 15 toretes resulto un costo total de $ 30 dólares por unidad experimental.

b. Ración experimental

El costo de la ración experimental se consideró en un valor de $ 0,12 por kilogramo, que multiplicado por el consumo promedio de cada unidad experimental del tratamiento dos genero un costo total de 13,60 (trece dólares con sesenta centavos) mientras que en el tratamiento tres, resulto un costo total de $ 12,60 (doce dólares con sesenta centavos) por animal, generando un costo total de $ 26,20 (veinte seis dólares con veinte centavos) por animal.

6.5.1.3 Sanidad

Se realizó la desparasitación y vitaminisación de los animales, para lo cual se utilizaron los siguientes productos: ivermectina (ALLMECTIN 1%); amitraz (PAREX 20,8%) y vitaminas AD_3E (VIGANTOL), lo que generó un costo total de $ 57,25; es decir $ 3,81 por animal.

6.5.1.4 Mano de obra

Se consideró que para las labores de: limpieza de comederos, preparación de las raciones experimentales, suministro del alimento, administración de antiparasitarios y vitaminas, traslado de las unidades experimentales a los corrales; se requirió dos horas diarias de trabajo. Para este rubro se consideró el sueldo básico de un trabajador $ 340, es decir $ 1,425 la hora, multiplicado por dos horas y por 90 días que duró el experimento, generó un costo total de $ 256,50 que dividido para los 15 toretes resultó un costo de $17,10 por animal.

6.5.1.5 Instalaciones

El arriendo de las instalaciones se estimó en $ 90, que dividido para los quince toretes generó un costo de $ 6 por animal.

6.5.2 Ingresos

6.5.2.1 Venta de animales

El precio total de la venta de los toretes se estimó en un valor de $ 2,50 (dos dólares con cincuenta centavos) por kilogramo de peso vivo, en el mercado local. Los ingresos generados por cada tratamiento se detallan en el cuadro 14.

Cuadro 14. Ingreso de la venta de los toretes/UE en Kg.

Tratamientos	Peso Final (Kg)	Precio (Kg)	Total ingreso/UE
I (testigo)	167,20	2,50	**418,00**
II	203,20	2,50	**508,00**
III	182,40	2,50	**456,00**

Fuente: Investigación de campo, Febrero – Mayo del 2013
Elaboración: El autor.

Una vez estimados los ingresos y los costos totales de cada tratamiento se procedió a calcular la rentabilidad, dividiendo el ingreso neto para el costo total de cada tratamiento y se multiplicó por 100. Los resultados se detallan en el cuadro 15 y figura 6.

Cuadro 15. Costos, ingresos y rentabilidad en los tres grupos experimentales ($).

RUBRO	TRATAMIENTOS		
	T1 (Testigo)	**T2**	**T3**
COSTOS			
Compra animales	336,0	336,0	336,0
Forraje	30,0	30,0	30,0
Ración	-	13,6	12,6
Sanidad	3,8	3,8	3,8
Mano de obra	17,1	17,1	17,1
Instalaciones	6,0	6,0	6,0
COSTOS TOTALES	392,9	406,5	405,5
INGRESOS			
Venta animales	418,0	508,0	456,0
INGRESO TOTAL	418,0	508,0	456,0
Ingreso neto	25,1	101,5	50,5
RENTABILIDAD %	**6,39**	**24,96**	**12,45**

Fuente: Investigación de campo, Febrero – Mayo del 2013
Elaboración: El autor.

El tratamiento dos alcanzó la mayor rentabilidad con 24,96 %; lo que significa, que por cada $100 de inversión se gana $ 24,96; mientras que el tratamiento uno (testigo) generó la menor ganancia con el 6,39 %.

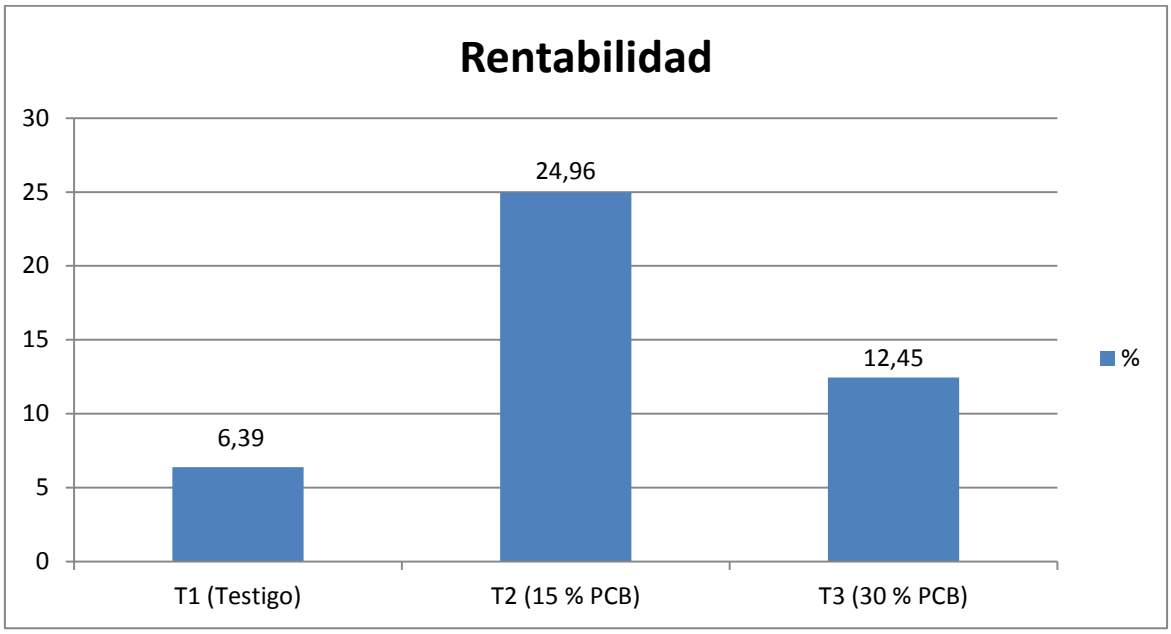

Figura 6. Rentabilidad obtenida en engorde de toretes, en pastoreo dos raciones suplementaria en dólares.

7. DISCUSIÓN

7.1 VALOR NUTRITIVO DE LA PULPA DE CAFÉ BIOFERMENTADA

La pulpa de café biofermentada de manera rústica y enriquecida con urea, sales minerales y guarapo de caña de azúcar, presentó un apreciable valor nutritivo, con el 25,66 % de proteína cruda y 21,15 % de fibra cruda. Estos resultados son similares a los reportados por Morgan (2003) que estuvieron por el orden de 24,89 % de proteína cruda y 19,95 % de fibra cruda; lo que permite ratificar lo mencionado por Noriega (2009) en el sentido de que el proceso de fermentación en estado sólido, permiten mejorar el valor nutritivo de la pulpa de café, generando una buena cantidad de proteína microbiana.

7.2 CONSUMO DE ALIMENTO

El consumo de alimento fue mayor en el tratamiento dos con un total de 472,6 Kg, que significa un consumo diario de 5,3 Kg; mientras que el tratamiento uno (Testigo) presentó menor consumo con 418,1 Kg en total, es decir una ingesta diaria de 4,6 Kg; aunque estadísticamente las diferencias no son significativas.

Estos resultados son superiores a los reportados por Roa (2008), quien observó un consumo de 4,2 Kg MS/animal/día en toretes brahmán en pastoreo, suplementados con una dieta de saccharina y melaza; mientras que Camacho (2011) obtuvo un valor de 6,58 Kg MS/animal/día en toretes suplementados con el 60 % de concentrado.

El consumo de la ración experimental fue muy bueno, debido a la palatabilidad por la inclusión de caña de azúcar picada; lo que permitió mejorar los procesos fermentativos del rumen, aprovechando los niveles de energía y amoniaco disponibles, para la síntesis la proteína microbiana, lo cual generó una respuesta positiva en los indicadores productivos. Esta afirmación tiene relación con el manifestado por Cabezas (1978) en el sentido de que el consumo voluntario mejora,

cuando la pulpa de café es mezclada con alimentos de alta palatabilidad (forrajes, melaza y concentrados proteicos etc.).

7.3 INCREMENTO DE PESO

El grupo dos alcanzó una ganancia diaria de 700 g; mientras que el tratamiento uno (testigo) obtuvo menor ganancia diaria con 304,4 g/animal/día.

Estos resultados son similares a los obtenidos por Feria (2002), en bovinos alimentados en pastoreo rotacional intensivo, rotacional continuo, con ganancias diarias 510, 410 y 420 g/animal/día respectivamente. Mientras Pérez (2001) obtuvo incrementos de peso promedio de 575 g/animal/día en toretes alimentados con pasto estrella africana. De igual manera se relacionan con los resultados reportados por Briseño (1976) en el engorde de toretes en pastoreo, suplementados con una ración de 60 g de urea + pulpa de café, con ganancias medias de peso de 580 g/animal/día. En cambio Cano (2003) al estudiar diferentes alternativas de uso de la caña de azúcar como suplemento en toretes en pastoreo de praderas tropicales, obtuvo ganancias diarias de peso de 580, 559, 584 y de 566 g/animal/día para animales suplementados con: Saccharina rústica + caña integral con urea, caña integral con urea, enzima fibrolítica y solo pastoreo respectivamente.

La ganancia de peso obtenida por los animales que recibieron la ración suplementaria, puede explicarse por el aporte simultáneo de energía y nitrógeno, que mejoró la síntesis de proteína microbiana, con lo cual se incrementó la disponibilidad de proteína digestible a nivel intestinal, necesario para los procesos anabólicos del animal.

7.4 CONVERSIÓN ALIMENTICIA

El tratamiento dos presentó mejor conversión alimenticia, con 7,5; es decir, que estos animales necesitaron consumir 7,5 Kg de alimento, en base a materia seca, para incrementar 1 Kg de peso vivo; mientras el grupo uno resultó menor eficiente, ya que necesitaron consumir 15,3 Kg de alimento, en base a materia seca para

incrementar 1 Kg de peso vivo; sin detectarse diferencia estadística entre los dos tratamientos.

Los resultados obtenidos son inferiores a los reportados por Roa (2007) en toretes alimentados en pastoreo y suplementados con Sacharina + melaza, cuya conversión alimenticia fue de 4,2. Coinciden con los reportados por Camacho (2011) quien obtuvo una conversión de 10,4; en toretes alimentados con 40 % de pasto gramalote + 60 % de una ración suplementaria respectivamente.

En la eficiencia de conversión alimenticia se explica porque a medida que se incrementa, el nivel de energía en la ración, se mejora la digestibilidad de la materia seca, Pérez – Gutiérrez (1990).

7.5 RENTABILIDAD

La rentabilidad fue mayor en el tratamiento dos con el 24,96 %, que resulta satisfactorio, si se considera que en la actualidad, el costo de oportunidad del dinero no supera el 10 %. Este resultado es superior al obtenido por Camacho (2011) en el engorde de toretes con raciones a base de 40 % de gramalote y 60 % de ración suplementaria con una rentabilidad del 14,1 %.

Los resultados económicos obtenidos permiten avizorar un buen futuro en el uso de pulpa de café biofermentada ya que su procesamiento no implica mayores gastos y además genera beneficios ambientales por el reciclaje de este residuo agrícola que puede convertirse en fuente de contaminación.

8. CONCLUSIONES

Una vez que se han expuesto los resultados y discusiones se llega a las siguientes conclusiones:

- La pulpa de café biofermentada de manera rústica, durante 72 horas y enriquecida con urea, sales minerales y guarapo de caña de azúcar, presentó un apreciable valor nutritivo, con el 25,66 % de proteína cruda y 21,15 % de fibra cruda.

- La pulpa fresca de café mostró un valor nutritivo del 8,67 % de proteína cruda y 17,39% de fibra cruda.

- El tratamiento dos (15 % de pulpa) registró mayor consumo de alimento en base a materia seca con 5,3 Kg por día; mientras que el tratamiento uno (Testigo) presentó menor consumo diario con 4,6 Kg; sin detectarse diferencia estadística entre los tres tratamientos.

- La mayor ganancia de peso, se presentó en el tratamiento dos con 700 g /dia; mientras el tratamiento uno (testigo) obtuvo el menor incremento diario con 304 g.

- El grupo dos (Testigo) alcanzó la mejor conversión alimenticia con 7,5; mientras que los animales del tratamiento uno resultaron menos eficientes, ya que necesitaron consumir 15,3 Kg de alimento en base a materia seca, para incrementar 1 Kg de peso vivo.

- Los niveles de rentabilidad obtenidos en los tratamientos dos y tres (24,96 y 12,45 %), son aceptables, si se considera que en la actualidad, el costo de oportunidad del dinero no supera el 10 %.

- La pulpa de café biofermentada generó una buena respuesta en los parámetros productivos en el engorde de toretes mestizos, por lo que representa una alternativa interesante como suplemento en la alimentación del ganado bovino en pastoreo.

9. RECOMENDACIONES

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

- Utilizar raciones suplementarias elaboradas a base de pulpa de café biofermentada y caña de azúcar, en el engorde de toretes 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 los insumos utilizados y las cantidades a suministrar a los animales.

10. BIBLIOGRAFÍA

- **Apollin F., E. C. (s.f.).** Análisis y Diagnóstico de los Sistemas de Producción.
- **Braham J. y R. Bressani. 1978**. (s.f.). Coffee pulp. Composition, technology and utilization. Institute of Nutrition of Central America and Panama. Inter. Develop. Res. Centre. Ottawa, Canadá.
- **Bressani , R.; Esterada, E.; Jarquín, R. 1972.** (s.f.). Pulpa y pergamino de café. I.Composición química y contenido de aminoácidos de la proteína de la pulpa. Turrialba(Costa Rica) 22: 299-304.
- **Cabezas T., M. Menjivar, B. Murillo y R. Bressani. 1978.** (s.f.). Alimentación de vacas lecheras con ensilaje de pulpa de café. Informe anual. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. Ciudad de Guatemala, Guatemala.
- **Dennis B., Rush I., y Rasby R. 2009.** (s.f.). Vitaminas y Minerales en la Alimentación de Bovinos. Disponible en: www.produccion-animal.com.ar.Consultado 30-04-2012.
- **Elías, L.G. 1978.** (s.f.). Composición Química de la Pulpa del Café y otros Subproductos. División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos, Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP). Guatemala.
- **Ferreira 2000.** (s.f.). Desempenho de cordeirosTexel x Bergamácia, Texel x Santa Inês e Santa Inês Puros, terminados en confinamento, alimentados con casca de café como parte da dieta. Rev. Bras. Zootec. Vol. 2, págs.
- **Ferreira I., J. Olalquiaga, J. Teixeira y C. Pacheco. 2000.** (s.f.). Desempenho de cordeiros Texel x Bergamácia, Texel x Santa Inês e Santa Inês puros, terminados em confinamento, alimentados com casca de café como parte da dieta. Rev. Bras. Zootec., 29(2): 89-100.
- **Ferrer J., G. Páez, M. Chirino y Z. Mármol. 1995.** (s.f.). Ensilaje de la pulpa de café. Rev. Fac. Agron. LUZ, 12: 417-428.
- **Flores R, 1976.** (s.f.). Uso de la pulpa de café en la alimentación de bovinos de carne y leche.En Ramírez J. (Ed). Pulpa de Café Ensilada.Producción, Caracterización y Utilización en la Alimentación Animal. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico, Univer.

- **Gómez, 1985.** (s.f.). Relación entre los niveles de inclusión de la pulpa de café y niveles de inclusión de la pulpa de café y monogástricos. Arch. Latinoam. Nutr. Vol. 35(5), págs. 422-437.
- **Limerin S.A. 2002.** (s.f.). Manual Agropecuario Biblioteca del Campo.. 1era edición. Bogotá, Colombia. 69-70.
- **Mcdonal O, Edwads R. y Greennhalch. J. 1973.** (s.f.). Nutrición Animal Segunda Edición. Zaragoza – España pp.
- **Morgan, S. F. 2003.** (s.f.). La Pulpa de café enriquecida. Un aporte al desarrollo sostenible en la zona montañosa de Guantánamo". Tesis presentada en opción al grado de Doctor en Ciencias Veterinarias. Centro Universitario de Guantánamo. Instituto de Ciencia Ani.
- **Noriega A, 2009.** (s.f.). Composición química de la pulpa de café ensilada a diferentes tiempos y uso potencial en la alimentación animal. Trabajo de ascenso a Profesor Asistente. Universidad de Oriente, Núcleo Monagas. Maturín, Venezuela.
- **Relling, A. E y Mattioli G. A. 2003.** (s.f.). Fisiología Digestiva y Metabólica de los Rumiantes. Editorial EDULP. La Plata – Argentina. Pp. 18 – 40.
- **Rodriguez A. Z. 2010.** (s.f.). Fermentación en Estado Sólido. Instituto de Ciencia Animal La Habana – Cuba. pp 1-12.
- **Rodriguez, 2004.** (s.f.). Utilización de la pulpa de café ensilada con melaza y bacterias en raciones para conejos en crecimiento y engorde. X Congreso Venezolano de Zootecnia. San Cristóbal, Táchira. Venezuela.
- **Senasica,.** (s.f.). Manual de Buenas Prácticas Pecuarias en el Sistema de Producción de Ganado de Carne. México. Pp 6-11 Disponible en: www.sagarpa.gob.mx. (Consultado 27-04-2012).
- **Vargas 1977.** (s.f.). Pulpa de café en la alimentación de rumiantes. Agron. Costar. págs. 101-106.

11. **ANEXOS**

A. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS

Anexo 1. Análisis estadístico del consumo de alimento en base a materia seca, en el engorde de toretes mestizos en pastoreo con dos raciones suplementarias, mediante un diseño de bloques al azar con tres tratamientos y seis repeticiones.

N. DE QUINCENAS	TRATAMIENTOS			TOTAL
	T1	T2	T3	
1	62,91	63,09	63,81	189,81
2	66,24	71,82	71,46	209,52
3	69,48	78,39	73,26	221,13
4	71,28	82,98	75,42	229,68
5	73,71	87,12	76,95	237,78
6	74,43	89,19	78,75	242,37
TOTAL	**418,05**	**472,59**	**439,65**	1330,29
PROMEDIO	**69,68**	**78,77**	**73,28**	73,91
DIARIO	**4,65**	**5,25**	**4,89**	

Fuente: Investigación de campo, Febrero – Mayo del 2013
Elaboración: El autor.

Hipótesis estadística

Ho = $\tilde{Y}_1 = \tilde{Y}_2 = \tilde{Y}_3$

$H_1 = \tilde{Y}_1 \neq \tilde{Y}_2 \neq \tilde{Y}_3$

Modelo matemático

Yij = u + Ti + Bj + eij

En donde

i= 1….t (número de tratamientos)

j = 1…r (número de repeticiones)

Termino de Corrección (TC)

$$\boldsymbol{Tc} = \frac{(\sum Y)^2}{\boldsymbol{r.t}}$$

$$\mathbf{Tc} = \frac{(1330{,}29)^2}{18}$$

TC = 98315,08

Suma de cuadrados totales (SCT)

$$SCT = \sum X^2 - TC$$

$$SCT = 99226{,}90 - 98315{,}08$$

SCT = 981,82

Suma de cuadrados de los bloques (SCb)

$$SCb = \frac{\sum (Xb)^2}{t} - TC$$

$$SCb = \frac{\left((189{,}81)^2 + (209{,}52)^2 + ...(242{,}37)^2\right)}{3} - 98315{,}08$$

$$\boldsymbol{SCb = 638{,}38}$$

Suma de cuadrados de tratamientos (SCt)

$$SCt = \frac{\sum (Xt)^2}{r} - TC$$

$$SCt = \frac{\left((418{,}05)^2 + (472{,}59)^2 + (439{,}65)^2\right)}{6} - 98315{,}08$$

SCt = 251,46

Suma de cuadrado del error (SCe)

Sce = SCT – SCb – SCt
Sce = 981, 82 – 638, 38 – 251, 46
SCe = **91,98**

Resumen del ANVA

FV	GL	SC	CM	Fc	F0,05	F0,01
Bloques	5	638,38	127,68	13,88	3,33	5,64
Tratamientos	2	251,46	125,73	13,67	4,10	7,56
Error	10	91,98	9,20			
Total	17	981,82	262,60			

Interpretación: Como FC es mayor que F0 (0,05) y (0,01), existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos, por lo tanto es necesario realizar la prueba de Duncan.

Prueba de Duncan

Desviación estándar de promedios.

$$SX = \sqrt{\frac{CMe}{r}}$$

$$SX = \sqrt{\frac{9,20}{6}}$$

SX = 1,24

Valores de P

Valores de P		2	3
AES	**0,05**	3,15	3,30
	0,01	4,48	4,73
RMS	**0,05**	3,90	4,09
	0,01	5,55	5,86

Ordenar promedios.

Tratamientos	II	III	I
Promedios	78,77	73,28	69,68

Comparación de promedios

II vs III = 78,77 – 73,28 = 5,49 < 5,55 NS

II vs I = 78,77 – 69,68 = 9,09 > 5,86 S

III vs I = 73,28 – 69,68 = 3,60 < 3,90 NS

Presentación de resultados

II	78,77	a
III	73,28	a
I	69,68	b

Interpretación: No se detecta diferencia estadística en el consumo de alimento de los tratamientos dos y tres; mientras que en el tratamiento uno el consumo es estadísticamente inferior.

Anexo 2. Análisis estadístico del incremento de peso promedio quincenal en el engorde de toretes mestizos mantenidos en pastoreo, con dos raciones suplementarias, mediante un diseño de bloques al azar con tres tratamientos y seis repeticiones.

N. DE QUINCENAS	TRATAMIENTOS			TOTAL
	T1	T2	T3	
1	7,4	19,4	17,0	43,8
2	7,2	14,6	4,0	25,8
3	4,0	10,2	4,8	19,0
4	5,4	9,2	3,4	18,0
5	1,6	4,6	4,0	10,2
6	1,8	5,0	7,4	14,2
TOTAL	27,40	63,0	40,6	
PROMEDIO	4,57	10,50	6,77	
DIARIO	304	700	451	

Fuente: Investigación de campo, Febrero – Mayo del 2013
Elaboración: El autor.

Hipótesis estadística

Ho = $\tilde{Y}_1 = \tilde{Y}_2 = \tilde{Y}_3$

$H_1 = \tilde{Y}_1 \neq \tilde{Y}_2 \neq \tilde{Y}_3$

Modelo matemático

Yij = u + Ti + Bj + eij

En donde

i= 1….t (número de tratamientos)

j = 1…r (número de repeticiones)

Termino de Corrección

$$\boldsymbol{Tc} = \frac{(\sum Y)^2}{\boldsymbol{r.t}}$$

$$Tc = \frac{(131{,}00)^2}{18}$$

TC = 953,39

Suma de cuadrados totales

$$\boldsymbol{SCT} = \sum \mathrm{Y}^{\mathbf{2}}\boldsymbol{i} - \boldsymbol{TC}$$

$$\boldsymbol{SCT} = 1392{,}28 - 953{,}39 = 438{,}89$$

Suma de cuadrados de bloques

$$\boldsymbol{SCb} = \frac{\sum \mathrm{Y}^{\mathbf{2}}\boldsymbol{j}.}{\boldsymbol{j}} - \boldsymbol{TC}$$

$$\boldsymbol{SCb} = 1191{,}59 - 953{,}39 = 238{,}20$$

Suma de cuadrados de tratamientos

$$\boldsymbol{SCt} = \frac{\sum \mathrm{Y}^{\mathbf{2}}\boldsymbol{j}.}{\boldsymbol{b}} - \boldsymbol{TC}$$

$$\boldsymbol{SCt} = 1061{,}35 - 953{,}39 = 107{,}96$$

Suma de cuadrado del error

Sce = SCT – SCb – SCt

Sce = 438,89 - 238,20 – 107,96

SCe = 92,73

Resumen del ANVA

FV	GL	SC	CM	Fc	F0,05	F0,01
Bloques	5	238,20	47,64	5,14	3,33	5,64
Tratamientos	2	107,96	53,98	5,82	4,10	7,56
Error	10	92,73	9,27			
Total	17	438,89				

Prueba de Duncan

Desviación estándar de los promedios

$$\boldsymbol{Sx} = \sqrt{\frac{\boldsymbol{CMe}}{\boldsymbol{r}}}$$

$$\boldsymbol{Sx} = \sqrt{\frac{9{,}27}{6}}$$

$$\boldsymbol{Sx} = 1{,}24$$

Valores de P

valores de P		**2**	**3**
AES	0,05	3,15	3,30
	0,01	4,48	4,73
RMS	0,05	3,92	4,10
	0,01	5,57	5,88

Ordenar promedios

TRATAMIENTOS	**II**	**III**	**I**
PROMEDIOS	10,50	6,77	4,57

Comparación de promedios

T2 vs T3	10,50	6,77	3,73	5,57	NS
T2 vs T1	10,50	4,57	5,93	5,88	AS
T3 vs T1	6,77	4,57	2,20	3,92	NS

Anexo 3. Análisis estadístico del incremento de peso total individual en el engorde de toretes mestizos mantenidos en pastoreo, con dos raciones suplementarias, mediante un diseño de bloques al azar con tres tratamientos y cinco repeticiones.

N°. de Animal	Tratamientos		
	T1 (Testigo)	T2 (15% PCB)	T3 (30% PCB)
1	29,0	64,0	41,0
2	20,0	65,0	36,0
3	30,0	58,0	35,0
4	28,0	64,0	34,0
5	30,0	64,0	57,0
Total (Kg)	**137,0**	**315,0**	**203,0**
Promedio (Kg)	**27,4**	**63,0**	**40,6**
Diario (g)	**304**	**700**	**451**

Fuente: Investigación de campo, Febrero – Mayo del 2013
Elaboración: El autor.

Hipótesis estadístico

Ho = $\tilde{Y}_1 = \tilde{Y}_2 = \tilde{Y}_3$
$H_1 = \tilde{Y}_1 \neq \tilde{Y}_2 \neq \tilde{Y}_3$

Modelo matemático

Yij = u + Ti + Bj + eij
En donde
i= 1….t (número de tratamientos)
j = 1…r (número de repeticiones)

Termino de corrección (TC)

$$TC = \frac{\sum (X)^2}{r..t}$$

$$TC = \frac{(655{,}00)^2}{15}$$

TC = 28601,67

Suma de cuadrados totales (SCT)

$$SCT = \sum X^2 - TC$$

$$SCT = 32309{,}00 - 28601{,}67$$

SCT = 3707,33

Suma de cuadrados de bloques (SCb)

$$\boldsymbol{SCb = \frac{\sum Y^2 j.}{j} - TC}$$

$$SCb = \frac{\left((134{,}00)^2 + (121{,}00)^2 + ...(151{,}00)^2\right)}{3} - 28601{,}67$$

$$\boldsymbol{SCb = 199{,}33}$$

Suma de cuadrados de tratamientos (SCt)

$$SCt = \frac{\sum (Xt)^2}{r} - TC$$

$$SCt = \frac{\left((137{,}00)^2 + (315{,}00)^2 + (203{,}00)^2\right)}{5} - 28601{,}67$$

SCt = 3238,93

Suma de cuadrado del error

Sce = SCT – SCb – SCt

Sce = 3707,33 – 199,33 – 3238,93

SCe = **269,07**

Resumen del ANVA

FV	GL	SC	CM	Fc	F0,05	F0,01
Bloques	4	199,33	49,83	1,48	3,33	5,64
Tratamientos	2	3238,93	1619,47	48,15	4,10	7,56
Error	8	269,07	33,63			
Total	14	3707				

Interpretación: Como FC es menor que F0 (0,05) y (0,01) no hay diferencia estadística entre los bloques, únicamente existe diferencia estadística entre los tratamientos en lo que respecta al incremento de peso.

Anexo 4. Análisis estadístico de conversión alimenticia en base a materia seca en el engorde de toretes mestizos mantenidos en pastoreo, con dos raciones suplementarias, mediante un diseño de bloques al azar con tres tratamientos y seis repeticiones.

N. DE QUINCENAS	TRATAMIENTOS			TOTAL
	T1(Testigo)	T2 (15% PCB)	T3 (30% PCB)	
1	8,50	3,25	3,75	15,51
2	9,20	4,92	17,87	31,98
3	17,37	7,69	15,26	40,32
4	13,20	9,02	22,18	44,40
5	46,07	18,94	19,24	84,25
6	41,35	17,84	10,64	69,83
TOTAL	**135,69**	**61,65**	**88,94**	**286,29**
CA	**22,62**	**10,28**	**14,82**	**15,90**

Fuente: Investigación de campo, Febrero – Mayo del 2013
Elaboración: El autor.

Hipótesis estadístico

Ho = $\tilde{Y}_1 = \tilde{Y}_2 = \tilde{Y}_3$
$H_1 = \tilde{Y}_1 \neq \tilde{Y}_2 \neq \tilde{Y}_3$

Modelo matemático

Yij = u + Ti + Bj + eij
En donde
i= 1….t (número de tratamientos)
j = 1…r (número de repeticiones)

Termino de corrección (TC)

$$TC = \frac{\sum (X)^2}{r..t}$$

$$TC = \frac{(286,29^2}{18}$$

TC = 4553,32

Suma de cuadrados totales (SCT)

$$SCT = \sum X^2 - TC$$

$$SCT = 6858{,}68 - 4553{,}32$$

SCT = 2305,06

Suma de cuadrados de bloques (SCb)

$$\boldsymbol{SCb = \frac{\sum Y^2 j.}{t} - TC}$$

$$SCb = \frac{\left((15{,}51)^2 + (31{,}98)^2 + (69{,}83)^2\right)}{3} - 4553{,}32$$

$$\boldsymbol{SCb = 1058{,}02}$$

Suma de cuadrados de tratamientos (SCt)

$$SCt = \frac{\sum (Xt)^2}{r} - TC$$

$$SCt = \frac{\left((135{,}69)^2 + (61{,}65)^2 + (88{,}94)^2\right)}{6} - 4553{,}32$$

SCt = 467,31

Suma de cuadrado del error (SCe)

Sce = SCT – SCb – SCt

Sce = 2305, 06 – 1058, 02 – 467, 31

SCe = 780,04

Resumen del ANVA

FV	GL	SC	CM	Fc	F0,05	F0,01
Bloques	5	1058	211,6	2,70	3,33	5,64
Tratamientos	2	467	233,7	3,00	4,10	7,56
Error	10	780	78,0			
Total	17	2305				

Interpretación: Como FC es menor que F0 (0,05) y (0,01), no existe diferencia estadística entre los bloques y tratamientos.

B. FOTOGRAFIAS DEL TRABAJO DE CAMPO

Figura 7. Obtención de la materia prima (pulpa de café)

Figura 8. Proceso de fermentación de la pulpa de café

Figura 9. Conformación de los grupos experimentales

Figura 10. Suministro de la ración experimental

Figura 11. Control de peso quincenal