



1859

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS

NATURALES RENOVABLES

CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

TÍTULO:

“EVALUACION DEL EFECTO DE CUATRO NIVELES DE INCLUSION DE PULPA DE CAFÉ BIOFERMENTADA EN RACIONES PARA VACAS EN PRODUCCION, EN LA FINCA PUNZARA DE LA UNL”

TESIS DE GRADO PREVIA A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MÉDICO
VETERINARIO ZOOTECNISTA.

Autor:

Sixto Jamil Zhunaula González

Director:

Dr. Juan Alberto Parra Chalán, Mg. Sc.

LOJA- ECUADOR

2015

CERTIFICACIÓN

Dr. Juan Alberto Parra Chalán Mg. Sc.
DIRECTOR DE LA TESIS

Certifica:

Que el presente trabajo de investigación denominado “EVALUACION DEL EFECTO DE CUATRO NIVELES DE INCLUSION DE PULPA DE CAFÉ BIOFERMENTADA EN RACIONES PARA VACAS EN PRODUCCION, EN LA FINCA PUNZARA DE LA UNL”, ejecutado por el egresado Sixto Jamil Zhunaula González, previo a la obtención del título de Médico Veterinario Zootecnista, ha sido prolijamente revisado, ha concluido dentro del cronograma aprobado y autorizo se continúe con los trámites de graduación.

Loja, 23 de julio de 2015



Dr. Juan Alberto Parra Chalán, Mg. Sc.
DIRECTOR DE LA TESIS

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

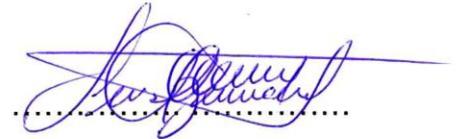
TESIS:

“EVALUACION DEL EFECTO DE CUATRO NIVELES DE INCLUSION DE PULPA DE CAFÉ BIOFERMENTADA EN RACIONES PARA VACAS EN PRODUCCION, EN LA FINCA PUNZARA DE LA UNL” presentado al tribunal de grado como requisito previo a la obtención del título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

En el Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja

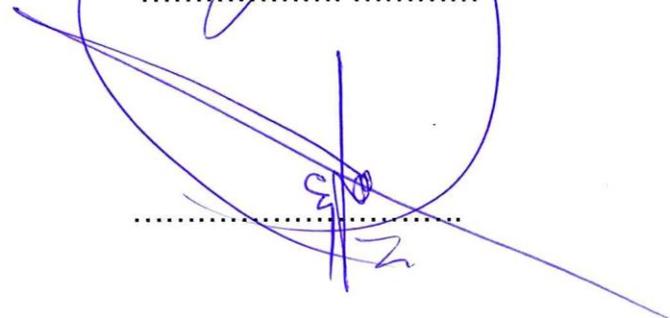
Dr. Luis Aguirre Mendoza, Mg. Sc.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



Dr. Jorky Armijos Tituana, Mg. Sc.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Dr. Efren Sánchez Sánchez, Mg. Sc.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



AUTORÍA

Yo, **Sixto Jamil Zhunaula González**, declaro ser el autor del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos a acciones legales, por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.

Autora: Sixto Jamil Zhunaula González

Firma.....

Cedula: 1900649722

Fecha: 01 de Octubre del 2015

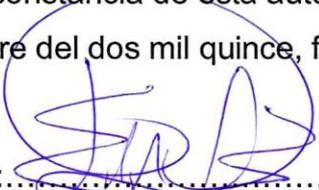
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO

Yo, **Sixto Jamil Zhunaula González**, declaro ser autor de la tesis titulada: **“EVALUACION DEL EFECTO DE CUATRO NIVELES DE INCLUSION DE PULPA DE CAFÉ BIOFERMENTADA EN RACIONES PARA VACAS EN PRODUCCION, EN LA FINCA PUNZARA DE LA UNL”**, 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 para el Repositorio Digital Institucional:

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tengan 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 01 días del mes de Octubre del dos mil quince, firma el autor.

Firma: 

Autor: Sixto Jamil Zhunaula González

Número de cedula: 1900649722

Dirección: Ciudad de Loja

Teléfono: 073036054

Correo electrónico: sixto.gzh@hotmail.com

Celular: 0969868768

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director de tesis: Dr. Juan Alberto Parra Chalán

Tribunal de Grado: Dr. Luis Aguirre Mendoza, Mg. Sc.

Dr. Jorky Armijos Tituana, Mg. Sc.

Dr. Efren Sánchez Sánchez, Mg. Sc.

PRESIDENTE

VOCAL

VOCAL

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento a Dios, por concederme la vida, a mis padres y hermanos que son las personas que han luchado incansablemente para cumplir mis metas propuestas.

A los docentes de la Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia, por darme la oportunidad de formarme como profesional y como persona.

Al Dr. Juan Alberto Parra Chalán Mg. Sc, Director de tesis, quién con su capacidad intelectual y calidad humana, supo aportar todo su conocimiento y apoyo sincero durante el transcurso del proceso de investigación.

Al personal técnico y administrativo de la finca Experimental Punzara, por facilitar las instalaciones y predisposición de los animales para el desarrollo del periodo de investigación.

En fin, agradezco a todos los docentes y amigos quienes estuvieron a mi lado brindando su amistad y apoyo sincero.

A todos ellos gracias.

SIXTO JAMIL

DEDICATORIA

El presente trabajo, fruto de mi esfuerzo, lo dedico a DIOS, quién me ha dado la fuerza para superar los obstáculos que la vida me ha puesto al frente; a mi madre María Carmen González; a mi padre José Manuel Zhunaula, quiénes me han dado la existencia y han constituido los pilares fundamentales, en los momentos más difíciles de mi vida.

A mis hermanos Luis Zhunaula, Ángel Zhunaula quienes han sido de un gran apoyo; a mis hermanas, Fanny Zhunaula y Norma Zhunaula; a mi abuelita Rosa Poma que han cooperado para el logro de mis anhelos; al Dr. Juan Alberto Parra Chalán Mg. Sc. que ha contribuido con mucha paciencia y honestidad en la culminación del presente trabajo.

EL AUTOR

ÍNDICE GENERAL

Contenido:	Pág.
CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS.....	ii
CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	iii
AUTORÍA.....	iv
CARTA DE AUTORIZACIÓN.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
DEDICATORIA.....	vii
ÍNDICE DE GENERAL.....	viii
ÍNDICE DE CUADROS.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
TÍTULO.....	xv
RESUMEN.....	xvi
SUMMARY.....	xvii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN DE LA VACA LECHERA.....	3
2.1.1. Requerimientos Nutricionales de la Vaca Lechera.....	3
2.1.1.1. Materia seca.....	3
2.1.1.2. Energía.....	4
2.1.1.3. Proteínas.....	5
2.1.1.4. Minerales.....	5
2.1.1.5. Vitaminas.....	6
2.1.1.6. Agua.....	7

2.2. FISIOLÓGÍA DEL RUMEN.....	7
2.2.1. Regulación de pH Ruminal.....	10
2.2.1.1. Saliva.....	11
2.2.1.2. Producción de AGV.....	11
2.2.1.3. Absorción de AGV.....	11
2.3. DIGESTIÓN Y METABOLISMO DE NUTRIENTES.....	12
2.3.1. Carbohidratos.....	12
2.3.2. Proteína.....	14
2.3.3. Lípidos.....	14
2.4. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES.....	16
2.4.1. Energía.....	16
2.4.2. Proteína.....	17
2.4.3. Lípidos.....	18
2.4.4. Minerales.....	18
2.5. SUPLEMENTACIÓN ALIMENTICIA.....	19
2.5.1. Suplementación Proteínica.....	19
2.5.2. Suplementación Energética.....	21
2.6. PULPA DE CAFÉ.....	23
2.6.1. Características y Valor Nutritivo.....	23
2.6.2. Sustancias Anti - Nutricionales.....	23
2.6.2.1. Cafeína.....	24
2.6.2.2. Fenoles libres.....	25
2.6.2.3. Taninos.....	25
2.6.3 Fermentación en Estado Sólido (FES)	26

2.6.4. Fermentación Rústica.....	27
2.6.5. Uso en la Alimentación de Rumiantes.....	28
3. MATERIALES Y MÉTODOS.	30
3.1. MATERIALES.....	30
3.1.1. Materiales de Campo.....	30
3.1.2. Materiales de Oficina.....	30
3.2. MÉTODOS.....	31
3.2.1. Ubicación.....	31
3.2.2. Características y Adecuación de la Instalación.....	31
3.2.3. Descripción e Identificación de las Unidades Experimentales...	31
3.2.4. Obtención de la Pulpa Biofermentada.....	31
3.2.5. Formulación y Elaboración de las Raciones Experimentales.....	32
3.2.6. Descripción del Experimento.....	32
3.2.7. Descripción de los Tratamientos.....	33
3.2.7.1. Tratamiento uno.....	33
3.2.7.2. Tratamiento dos.....	33
3.2.7.3. Tratamiento tres.....	33
3.2.7.4. Tratamiento cuatro.....	33
3.2.8. Diseño Experimental.....	33
3.2.9. Variables en Estudio.....	34
3.2.10. Toma y Registro de Datos.....	35
3.2.10.1. Consumo de alimento.....	35
3.2.10.2. Producción de leche.....	35
3.2.10.3. Calidad de la leche.....	35

3.2.10.4. Cambio de peso.....	35
3.2.10.5. Rentabilidad.....	35
3.2.11. Análisis Estadístico.....	36
3.2.12. Análisis Económico.....	36
4. RESULTADOS.....	37
4.1. VALOR NUTRITIVO.....	37
4.1.1. Pulpa de Café Fresca y Biofermentada.....	37
4.1.2. Raciones Experimentales.....	38
4.2. CONSUMO DE ALIMENTO.....	39
4.3. PRODUCCION DE LECHE.....	40
4.4.1. Producción de Leche.....	40
4.4. CALIDAD DE LA LECHE.....	42
4.5. INCREMENTO DE PESO.....	43
4.5.1. Peso Promedio Quincenal.....	43
4.6. RENTABILIDAD.....	44
4.6.1. Costos de Producción.....	44
4.6.1.1. Alimentación.....	44
a. Forraje.....	44
b. Ración experimental.....	44
4.6.1.2. Sanidad.....	45
4.6.1.3. Mano de obra.....	45
4.6.1.4. Instalación.....	46
4.6.2. Ingresos.....	46
4.6.2.1. Venta de leche.....	46

5. DISCUSIÓN.....	49
5.1. VALOR NUTRITIVO DE LA PULPA DE CAFÉ BIOFERMENTADA	49
5.2. CONSUMO DE ALIMENTO.....	49
5.3. PRODUCCION DE LECHE.....	50
5.4. CALIDAD DE LA LECHE.....	50
5.5. INCREMENTO DE PESO.....	51
5.6. RENTABILIDAD.....	52
6. CONCLUSIONES.....	53
7. RECOMENDACIONES.....	54
8. BIBLIOGRAFÍA.....	55
9. ANEXOS.....	57

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadros:		Pág.
Cuadro 1.	Clasificación de las bacterias ruminales y productos finales...	9
Cuadro 2.	Composición de la pulpa de café en diferentes estados.....	23
Cuadro 3.	Sustancias anti – nutricionales presentes en la pulpa de café...	24
Cuadro 4.	Composición química de la pulpa de café biofermentada.....	28
Cuadro 5.	Formulación y elaboración de la ración experimental.....	32
Cuadro 6.	Desarrollo del experimento en cuatro periodos de tiempo.....	33
Cuadro 7.	Composición química de la pulpa fresca y biofermentada (%)	37
Cuadro 8.	Composición química de la ración con el 0, 10, 20 y 30 % (PCB).....	38
Cuadro 9.	Consumo promedio quincenal de alimento en base a materia seca, en vacas productoras de leche en pastoreo, con cuatro raciones suplementarias (kg).....	39
Cuadro 10.	Producción de leche en vacas productoras de leche en pastoreo con cuatro raciones suplementarias.....	41
Cuadro 11.	Calidad de la leche, alimentadas con cuadro raciones alimenticias de PCB.....	42
Cuadro 12.	Peso promedio quincenal, durante la etapa de producción de hembras bovinas en pastoreo con cuatro raciones suplementarias (Kg).....	43
Cuadro 13.	Cantidad y precio de la ración experimental.....	45
Cuadro 14.	Ingreso de la venta de leche (USD).....	46
Cuadro 15.	Costos, ingresos y rentabilidad en los cuadros grupos experimentales (USD).....	47

ÍNDICES DE FIGURAS

Figura:		Pág.
Figura 1.	Consumo de forraje en base a la materia seca, en vacas en pastoreo, con una ración suplementaria (kg).....	40
Figura 2.	Producción de leche en litros.....	41
Figura 3.	Calidad de la leche de cada quincena (%).....	42
Figura 4.	Curva de peso de las vacas en pastoreo con una ración suplementaria (Kg).....	44
Figura 5.	Rentabilidad obtenida en la producción de vacas lecheras, en pastoreo con una ración suplementaria en dólares.....	48

“EVALUACION DEL EFECTO DE CUATRO NIVELES DE INCLUSION DE PULPA DE CAFÉ BIOFERMENTADA EN RACIONES PARA VACAS EN PRODUCCION, EN LA FINCA PUNZARA DE LA UNL”

RESUMEN

El presente proyecto de investigación se ejecutó en la Finca Experimental “Punzara” de la Universidad Nacional de Loja, ubicado al sur occidente de la ciudad de Loja; con el propósito de evaluar los indicadores productivos y económicos en vacas holstein, mantenidas en pastoreo, con una ración suplementaria a base de pulpa de café biofermentada. El ensayo tuvo una duración de 2 meses y se utilizaron 4 vacas holstein en producción de igual número de partos y etapa de lactancia. Cada animal constituyó una unidad experimental, a las cuales se suministró las raciones suplementarias que consistieron en la inclusión del 0, 10, 20 y 30 % de pulpa de café biofermentada, mezclada con caña picada. Se utilizó el Diseño de Cuadrado Latino 4 x 4 con cuatro tratamientos y cuatro periodos. 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 litros de suero de leche; luego del secado y molido se incorporó a la dieta de los animales previo a un periodo de adaptación de 10 días y 5 días de toma de datos. Se estudiaron las siguientes variables: análisis bromatológico de la pulpa fresca y seca, consumo de alimento, producción de leche, calidad de leche, cambio de peso y rentabilidad. Se realizó el análisis de varianza mediante el diseño de Cuadrado Latino y la prueba de significancia se aplicó la Prueba de Duncan. Los resultados mostraron que la mayor producción de leche en promedio es de 87,10 litros, el mayor consumo de alimento en el tratamiento tres con un promedio de 1,98 Kg MS/animal/día y la mejor rentabilidad se obtuvo en el tratamiento uno con el 32,36 %.

SUMMARY

This research project was carried out at the “Punzara” Experimental Farm belonging to the National University of Loja, located in the south west of the city of Loja. The objective of this thesis was to evaluate the productive and economic indicators of grazing Holstein cows using a supplementary ration based on Bio-fermented coffee pulp. The trial lasted two months and four Holstein cows in production with the same number of births and stage of lactation were used. Each animal was classed as an experimental unit, and given supplementary rations consisting of either 0%, 10%, 20% or 30% Bio-fermented coffee pulp, mixed together with chopped sugar cane. A 4 × 4 Latin square design with four treatments and four periods was used. The Bio-fermentation coffee pulp process was carried out over a 72 hour period, with the addition of 1.5% urea; 0.5% mineral salts and 10 liters of whey. After drying and milling it was incorporated into the diet of the animals prior to an adjustment period of 10 days and 5 days of data collection. The following variables were analysed: compositional analysis of fresh and dried pulp, feed intake, milk production, milk quality, weight change and profitability. Variance analysis was performed using the Latin square design and in respect to the significance test the Duncan test was applied. The results showed that the highest milk production on average was 87.10 liters, increased consumption of food was achieved with treatment three with an average of 1.98 kg DM / animal / day and the best performance was achieved with treatment one with up to 32.36%.

1. INTRODUCCIÓN

En el Ecuador, la producción bovina constituye una de las principales actividades pecuarias, la que genera trabajo y recursos económicos para un gran sector de la población; además permite la utilización y transformación de alimentos como: pastos, forrajes, henos, ensilados, residuos agrícolas, en productos de alto valor nutritivo para la alimentación humana, como leche y la carne; sin embargo la incidencia directa e indirecta de múltiples factores como temperaturas, humedad, clima etc. no han permitido lograr un desarrollo sostenido, de producción y productividad considerandos 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, 2010), en la provincia, existe una población de 409 202 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 de 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, cascara de maní, bagazo de caña, afrechillo de arroz etc. que se produce en grandes cantidades y no tiene un uso adecuado, constituyendo focos de contaminación.

En la mayoría de los cantones de la provincia de Loja, el proceso de benéficos 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 la Finca Experimental "Punzara" de la Universidad Nacional de Loja la alimentación de los bovinos es crítica durante la época seca, debido a la escasez de forrajes; siendo necesario buscar alternativas mediante la suplementación con residuos agrícolas existentes en los cantones de la provincia de Loja, como es la pulpa de café, la misma que permite 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 valor nutritivo de la pulpa de café fresca y biofermentada;
- Evaluar el efecto de cuatro niveles de inclusión (0, 10, 20 y 30 %) de pulpa de café biofermentada en raciones para vacas en producción; y,
- Elaborar la ficha de costos de la pulpa biofermentada y determinar la rentabilidad en la producción de leche.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN DE LA VACA LECHERA

La Nutrición Animal es la ciencia que estudia las necesidades en nutrientes de cada animal y establece los alimentos más convenientes para satisfacerlas, una vez conocidos su composición en nutrientes y el metabolismo de estos en el animal.

La alimentación del rumiante debe contemplar las necesidades de dos sistemas metabólicos: la población microbiana del rumen y los tejidos del animal; por lo que se requiere proporcionar nutrientes en cantidades adecuadas y correctamente balanceadas (Chalupa, 1996).

Aunque las dietas para rumiantes, deben ser formuladas para satisfacer las necesidades de los tejidos del animal; optimizar la síntesis microbiana del rumen, debe ser un objetivo imprescindible, del que va a depender el nivel de producción, la calidad de la carne, leche y el estado sanitario general de los animales (Jimeno, 1997).

La alimentación de los bovinos no es una tarea simple, teniendo presente que el pasto es uno de los alimentos disponibles más baratos para cubrir los requerimientos nutricionales de los bovinos, gran parte de los sistemas de producción consideran la alimentación en base al pastoreo directo, al menos en parte del ciclo anual de producción (Pulina, 2005).

2.1.1. Requerimientos Nutricionales de la Vaca Lechera

2.1.1.1. Materia seca

La cantidad de alimento a suministrar basándose en materia seca varía en relación con el peso vivo del animal, etapa de producción, clase de alimento entre otros factores, proporcionando en términos generales 3 % cuando el alimento es un heno de buena calidad, 2,2 - 2,5 % si se trata de un ensilaje de maíz. Smith (1976) afirma

que el consumo probable de alimento a suministrar a libre acceso puede variar de 1,8 – 4,5 Kg materia seca por cada 100 Kg de peso corporal.

También se comenta que el consumo de materia seca incrementa con la digestibilidad de la dieta y se relaciona con el contenido de la humedad de la misma, así el consumo de materia seca decrece cuando el contenido de humedad en la dieta excede 50 % (Davis y col.1983; NRC, 2001).

Los nutrientes que necesita la vaca son: energía, proteína, minerales, vitaminas y agua; de estos lo que mayormente requiere el animal son el primero y el último (Bath y col., 1978).

2.1.1.2. Energía

La transformación de una forma de energía a otra por organismos vivos se denomina bioenergética (Lenhinger, 1965). Así tenemos que la energía radiante del sol es utilizada por las plantas para producir constituyentes requeridos por ellos, estas plantas a su vez son consumidas por el bovino, quien obtiene energía de ella (MacDonald y col., 1973).

Para el ganado que estas en los último dos meses de gestación y que iniciará lactación (vaca seca), deberá considerarse el administrar concentrado en cantidad de 0,5 % de peso vivo progresivamente durante las últimas dos semanas de gestación, permitiéndose una gradual adaptación de la microflora ruminal para el consumo de la dieta que recibirá esta vaca en el grupo de animales recién paridos, recordando que al inicio de la lactancia el consumo voluntario de materia seca será deprimido hasta el 15 % durante las primeras tres semanas posparto (NRC, 2001).

Los bovinos adultos después del parto presentan pérdida de peso, baja la producción de leche al pico de lactancia, baja la persistencia, lactaciones cortas, ciclos astrales irregulares, falta de inhibición del estro y baja porcentaje de concepción (Blood y Herderson, 1976).

2.1.1.3. Proteínas

Entre las funciones metabólicas normales, toma lugar la formación y reparación de tejidos, así como la producción de secreciones orgánicas tales como enzimas, hormonas, leche, etc.; para esto requiere el organismo que se le proporcione el material necesario para la producción de los aminoácidos que son las unidades de construcción (NRC 1978).

En los animales gestantes es importante considerar los requerimientos de proteína; llama la atención durante el último tercio de gestación, el producto de concepción incrementa rápidamente de tamaño almacenando fuertes cantidades de energía y proteína; en base a materia seca, aproximadamente dos terceras partes del producto de concepción están formadas por proteínas (Maynard y Looli, 1969).

Las vacas durante la segunda lactancia en crecimiento, se sugiere que además de cumplir los requerimientos proteínicos para mantenimiento se administra el 10 % más proteínas (NRC, 1978). Con respecto a los requerimiento a los requerimientos para la producción de leche, se considere tener en mente el contenido de proteína varia de 3,1 % en holstein a 3,9 % en Cebú (Schmidt, 1971), que una vaca que produce 30 Kg de leche al día, elabora aproximadamente 1000 g de proteína. Este requerimiento varía dependiendo de la cantidad de leche producida y el porcentaje de grasa que está contenida.

2.1.1.4. Minerales

Algunos elementos inorgánicos han demostrado su esencialidad en la dieta de los animales para desarrollar normalmente su crecimiento y reproducción. Estos elementos no son sintetizados por el organismo; deben ser incluidos en la dieta. En la vaca lechera, además de las funciones plásticas y metabólicas en que intervienen estos elementos, son requeridos para ser secretados en la leche como compuesto específico o en forma elemental (NRC, 2001).

Los minerales se clasifican por la cantidad o presencia de estos elementos en el

cuerpo del animal. Así, podemos considerar a los elementos mayores o macrominerales cuyos requerimientos son superiores a 100 ppm en la dieta y se encuentran formando partes estructurales del cuerpo como los huesos y fluidos corporales, siendo vitales en la regulación del equilibrio ácido base, la presión osmótica, el potencial eléctrico de la membrana celular y la transmisión nerviosa; y los elementos menores, microminerales o minerales traza cuyas necesidades son inferiores a 100 ppm, que se encuentran presentes en cantidades trazas, formando generalmente parte de enzimas, cofactores enzimáticos o como partes de hormonas (NRC, 2001).

2.1.1.5. Vitaminas

Los rumiantes (adultos) son prácticamente independientes en cuanto a necesidades de **vitaminas hidrosolubles** (complejo B y vitamina C), ya que éstas son sintetizadas por los microorganismos ruminales; pero se requiere de un adecuado aporte de ciertos minerales tales como Cobalto para la síntesis de vitamina B12.

En el caso de las **vitaminas liposolubles**, en los rumiantes (adultos), los microorganismos ruminales son sólo capaces de efectuar la síntesis de vitamina K. Con respecto a la vitamina E, es necesario un adecuado aporte de Selenio en la dieta, suelos deficientes en este elemento pueden desencadenar deficiencias de vitamina E.

Bejer, (1982) sugiere que la suplantación con niacina (6 g/vaca/día) a vacas lecheras en su primer tercio de lactancia es económicamente rentable, ya que aumenta la persistencia de la curva de lactancia y el contenido de grasa butírica en la leche. Este investigador argumenta la importancia de la niacina en los procesos metabólicos aumentados de los animales de alto rendimiento, tanto en los carbohidratos como en las grasas y proteínas. Señala también los beneficios de esta suplementación debido a la época eficiente de síntesis ruminal de las vitaminas cuando se trata de este tipo de ganado. Señala también los beneficios observados en la prevención de cetosis y mejoramiento de utilización de nitrógeno no proteico. La carencia de vitamina A provoca disfunciones en la visión y afecta la actividad de

los epitelios gonadales, por eso es importante tener en cuenta una suplementación de esta vitamina en campos muy secos durante las tareas previas al servicio.

2.1.1.6. Agua

La leche contiene de un 85 a un 87 % de agua y el organismo de la vaca de 55 a 65 %. Una retención de agua ocasiona la disminución del consumo de alimento, hay una mayor retención de nitrógeno, pérdida de nitrógeno a través de las heces y mayor eliminación de la urea por la orina.

Los elementos que determinan el consumo de agua son: la cantidad de materia seca, la sal ingerida, temperatura ambiental, incremento en la humedad relativa, raza del animal, talla, cantidad de leche producida y proteína en el alimento.

En vacas tipo europeo no lactante, el consumo de agua por cada kilogramo de materia seca consumida será de 3,1 Kg a temperatura ambiental de 12 a 42°C. A medida que la temperatura ambiental incrementa de 4,4 a 27 °C, el consumo de agua aumentará de 3,1 a 5.2 Kg por kilogramo de materia seca a consumir. En vacas produciendo leche, por cada kilogramo de leche secretada, el consumo de agua varía de 2,08 a 3,83 Kg cuando la temperatura varía de 4,4 a 32,2 °C (Bejer, 1982).

2.2. FISIOLÓGÍA DEL RUMEN

Van y Regueiro (2008) señalan que los rumiantes poseen el beneficio de tener una cámara fermentativa pre-gástrica, formada por tres compartimientos: retículo, rumen y omaso, los cuales tienen un epitelio no secretor; a diferencia el abomaso, que tiene una mucosa secretora.

A pesar de que los pre-estómagos carecen de enzimas propias para degradar los alimentos, es en esta cámara que se realiza la mayor parte de la digestión del alimento, debido a la fermentación microbiana, principalmente por hidrólisis y oxidación anaeróbica.

El rumen provee un ambiente apropiado para el crecimiento y reproducción de microorganismos. La ausencia de oxígeno favorece el crecimiento de microorganismos que pueden digerir las paredes celulares de las plantas, para producir azúcares sencillos.

Los microorganismos fermentan la glucosa para obtener energía y producir Ácidos Grasos Volátiles (AGVs) como productos finales de fermentación. Los AGVs cruzan las paredes del rumen y sirven como fuentes de energía para el animal (Wattiaux y Howard, 2010).

Las condiciones retículo–ruminales para el desarrollo de los microorganismos incluyen: aporte de nutrientes, anaerobiosis, pH, presión osmótica, temperatura, fácil acceso de los microorganismos al alimento y eliminación de los productos de desecho.

Los microorganismos actúan en sistemas cooperativos dentro de un complejo ecosistema, en el cual sobresale la acción de una especie como productora de una actividad, pero ésta depende de las condiciones que establecen en conjunto toda la biomasa (Relling y Mattioli, 2003).

Los microorganismos responsables de la digestión fermentativa incluyen bacterias, protozoos y hongos. Las bacterias representan la fracción de la población ruminal imprescindible para la vida del rumiante.

Si bien existe una amplia variedad de bacterias y alternativas para clasificarlas, resulta útil agruparlas en base a los sustratos que emplean y a los productos finales de su fermentación.

Cuadro 1. Clasificación funcional de las bacterias ruminales y productos finales

Grupo de bacterias	Característica funcional	Productos finales
Celulolíticas	fermentan hidratos de carbono estructurales de la pared celular (celulosa, hemicelulosa y pectinas)	AGV (especialmente acetato)
Amilolíticas	fermentan hidratos de carbono de reserva de granos (almidón)	AGV (especialmente propionato)
Sacarolíticas	fermentan hidratos de carbono simples (azúcares vegetales)	AGV (especialmente butirato)
Lactolíticas	metabolizan el lactato	AGV(especialmente propionato)
Lipolíticas	metabolizan las grasas	Ácidos grasos libres y AGV (especialmente propionato)
Proteolíticas	degradan las proteínas	AGV y amoníaco (NH ₃)
Metanógenas	producen metano	Metano (CH ₄).
Ureolíticas	hidrolizan la urea	CO ₂ y NH ₃ .

Fuente: Relling y Mattioli, 2003.

El número de bacterias varía entre 10^{10} y 10^{11} por gramo de líquido ruminal, lo cual representa entre 3 y 8 Kg en el rumen de un bovino adulto. Esta concentración varía en relación directa con el contenido energético de la dieta. Otro factor que afecta el desarrollo bacteriano es el pH ruminal, dentro del rango fisiológico, por ejemplo, la flora celulolítica desarrolla mejor en el extremo menos ácido (6,0 a 6,9) mientras que a la flora amilolítica le es favorable el extremo más ácido (5,5 a 6,0). La importancia nutricional de las bacterias radica en que son responsables de la mayor parte de la actividad celulolítica del rumen, y por otro lado son capaces de sintetizar sus proteínas a partir de compuestos nitrogenados no proteicos (NPN) especialmente amoníaco (NH₃).

Los protozoos representan la microfauna ruminal, se desarrollan preferentemente a pH superior a 6 y a pesar de estar normalmente presentes no son imprescindibles para la función ruminal ni para la supervivencia del animal. Si bien se encuentran en menor concentración que las bacterias, a razón de 10^4 a 10^6 /ml de líquido ruminal, al

tener mayor tamaño poseen una masa total que puede llegar a ser semejante a la bacteriana.

Desde el punto de vista metabólico los protozoarios se diferencian de las bacterias por poseer una menor capacidad celulolítica (5 al 20 % del total) y además son incapaces de sintetizar proteínas a partir de NNP. Son beneficiosos al moderar la fermentación amilolítica, debido en parte a que consumen preferentemente bacterias amilolíticas y además engloban trozos de almidón que pasan al intestino dentro del protozoo y evitan la fermentación ruminal, proveyendo de esa forma una fuente directa de glucosa para el animal.

Los hongos representan alrededor del 8 % de la biomasa ruminal. Poseen una importante actividad celulolítica, en especial cuando el rumiante consume forrajes demasiado maduros o encañados. Los hongos no predominan en el rumen debido a su baja tasa de multiplicación en comparación con las bacterias, algunas de las cuales a su vez reprimen su crecimiento, como el *Ruminococcus* spp (Hobson, 1997).

2.2.1. Regulación de pH Ruminal

Los hidratos de carbono representan el componente más abundante en la dieta de los rumiantes. El tipo de carbohidrato predominante en la dieta condiciona el desarrollo del tipo de flora adecuada para su fermentación y el ajuste del pH a su rango ideal.

Así, una ración rica en almidón es fermentada por una flora amilolítica que desarrolla mejor a un pH de 5,5 a 6,0 mientras que una ración compuesta por forraje con alto contenido de carbohidratos estructurales (celulosa, hemicelulosa y pectinas) será fermentada por una flora celulolítica que desarrolla mejor a pH de 6 a 6,9. Para poder adecuar el pH del rumen a la dieta, el rumiante pone en juego tres factores de modifican el pH ruminal. Estos factores son:

2.2.1.1. Saliva

Un bovino adulto produce por día entre 100 y 180 litros de saliva. Esta posee un pH de 8,1 a 8, por lo cual tiende a elevar el pH ruminal. Su influencia como factor alcalinizante depende de su producción, la cual a su vez depende fundamentalmente de las horas de rumia, período en el cual la secreción se duplica. El período de rumia varía de 0 a 10 horas por día, dependiendo en relación directa de la cantidad de forraje grosero en la dieta. Cuando mayor es la cantidad de carbohidratos estructurales mayor es el tiempo de rumia, pero esa fibra tiene que tener un tamaño adecuado para estimular la rumiación. Una práctica común en dietas de alto contenido de concentrado es el agregado de paja de trigo u otro componente rico en carbohidratos estructurales, de forma tal de aumentar el tiempo que el animal está rumiando, y de esa forma aumentar la cantidad de saliva (Relling y Mattioli, 2003)

2.2.1.2. Producción de AGVs

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

2.2.1.3. Absorción de AGVs

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

Por lo expuesto el pH ruminal está asociado al tipo de dieta y al tipo de flora que desarrolla, y por lo tanto está asociado también al tipo de AGV producido, aumentando la proporción de acetato a medida que el pH se acerca a 6,9 y la de propionato cuando lo hace hacia el extremo más ácido (pH 5,5). Si el pH ruminal escapa del rango fisiológico desarrollan especies bacterianas anormales, que alteran el patrón fermentativo y enferman al animal. A pH inferior a 5.5 desarrolla la flora lactogénica, productora de lactato, causante de la llamada acidosis ruminal, mientras que cuando el pH se eleva por encima de 7 puede colonizar el rumen la flora de putrefacción con gérmenes como *E. coli* y *Proteus* spp.

2.3. DIGESTIÓN Y METABOLISMO DE LOS NUTRIENTES

2.3.1. Carbohidratos

Desde el punto de vista funcional, los hidratos de carbono se dividen en: fibrosos y no fibrosos. Los no fibrosos: son una fuente de energía muy importante y pueden presentarse en forma de azúcares solubles o almidones, con lo cual varía su degradabilidad ruminal y sitio de digestión (rumen versus intestino). Los hidratos de carbono fibrosos, solo pueden ser digeridos en el rumen. La determinación química de la fibra insoluble en detergente neutro (FDN) se utiliza como estimador del contenido de carbohidratos fibrosos. La FDN está compuesta por celulosa, hemicelulosa y lignina. La calidad de la FDN depende de la proporción relativa de sus componentes ya que la lignina es indigestible mientras que la celulosa y la hemicelulosa sí lo son. A su vez, la celulosa es menos digestible que la hemicelulosa (Palladino, et al., 2006).

Van y Regueiro (2008) clasifican a los carbohidratos en tres grandes grupos de acuerdo a su ubicación y función en la planta; de contenido celular, de almacenamiento y estructurales. Los azúcares solubles, el almidón y las pectinas, son de fácil digestión por su estructura y fácil acceso para los microorganismos. La celulosa y la hemicelulosa son los carbohidratos estructurales de la planta, constituyen las paredes celulares y corresponden a la fracción fibrosa del alimento, a estos compuestos se asocia la lignina (que no es un carbohidrato) y que dificulta su

digestión. Tanto los carbohidratos estructurales como los de almacenamiento son polímeros de glucosa; una diferencia importante entre los mismos es el tipo de enlace entre las moléculas de glucosa. En el almidón las moléculas de glucosa se unen por enlaces α 1-4, mientras en la celulosa y la hemicelulosa las glucosas se unen por enlaces β 1-4 que sólo pueden ser digeridos con la ayuda de enzimas de origen microbiano.

Durante la fermentación ruminal, la población de microorganismos, fermentan los carbohidratos para producir energía, gases (metano y bióxido de carbón), y los AGV. Los AGV son productos finales de la fermentación microbial y son absorbidos a través de la pared del rumen. La mayoría de acetato y todo el propionato son transportados al hígado, pero la mayoría del butirato se convierte en la pared del rumen en una cetona llamada beta-hidroxibutirato.

Las cetonas son la fuente principal de energía para la mayoría de tejidos del cuerpo. Las cetonas provienen principalmente del butirato producido en el rumen, pero en las etapas iniciales de lactancia vienen también de la movilización de tejidos adiposos (McDonald, et al., 2006).

La fuente de carbohidrato de la dieta influye en la cantidad y la relación de AGV producidos en el rumen. De manera general se produce un 65 % de ácido acético, 20 % de ácido propiónico y 15 % ácido butírico, cuando la ración contiene una alta proporción de forrajes. En este caso, el suministro de acetato puede ser adecuado para maximizar la producción de leche, pero la cantidad de propionato producido en el rumen puede limitar la cantidad de leche producida porque el suministro de glucosa es limitado. Los carbohidratos no-fibrosos promueven la producción de ácido propiónico mientras los carbohidratos fibrosos estimulan la producción de ácido acético en el rumen (Wattiaux y Howard, 2010).

2.3.2. Proteína

La proteína que ingresa al rumen se desdobra en aminoácidos para formar amoníaco, que es utilizado por los microbios para producir su propia proteína. La proteína

desdoblada en el rumen se llama proteína degradable en rumen (PDR). El nitrógeno no proteico (NNP) es 100 % degradable en rumen. El exceso de amoníaco derivado del NNP es absorbido en el rumen para llevarlo, vía sanguínea, al hígado y transformarlo en urea que es excretada en la orina (Enciclopedia Bovina, 2009).

Relling y Mattioli (2003) McDonald, et al. 2006 señalan que 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 por acción enzimática (proteasas) que desdoblan las proteínas en péptidos y algunos aminoácidos libres, los que son absorbidos por el microorganismo. Una vez incorporados al microorganismo los péptidos son hidrolizados hasta aminoácidos, los cuales pueden ser empleados para sintetizar proteína microbiana o bien, pueden ser 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, emplean la cadena carbonada para obtener energía como si se tratara de un hidrato de carbono.

Cuando hay falta de energía fermentable o cuando la proteína cruda en la dieta es excesiva, no todo el amoníaco producido en el rumen puede ser convertido a proteína microbiana. Un exceso de amoníaco pasa la pared del rumen y es transportada al hígado. El hígado convierte el amoníaco en urea que es liberada en la sangre. La urea en la sangre puede seguir uno de dos caminos: Volver al rumen a través de la saliva o sus paredes y/o eliminarse por los riñones en la orina. Cuando la urea vuelva al rumen es reconvertida a amoníaco y puede servir como una fuente de nitrógeno para el crecimiento bacteriano. Cuando las raciones son bajas en proteína cruda, la mayoría de la urea es reciclada y poco se pierde en la orina. Sin embargo, mientras se incrementa la proteína cruda en la ración, menos urea es reciclada y más es excretada en la orina (Wattiaux y Howard, 2010).

2.3.3. Lípidos

En la digestión y metabolismo de los lípidos a nivel ruminal ocurren cuatro procesos: hidrólisis, biohidrogenación, síntesis y saponificación de ácidos grasos. De estos la

hidrólisis, biohidrogenación y saponificación se realizan siempre y en forma sucesiva. El proceso de síntesis de grasas a nivel ruminal depende de la cantidad de ácidos grasos consumidos.

Los microorganismos ruminales modifican sustancialmente los lípidos consumidos. El primer paso de la digestión de las grasas en el rumen consiste en procesos de hidrólisis por lipasas bacterianas, ubicadas en la superficie de los microorganismos, por lo cual las bacterias necesitan adherirse a la superficie del alimento. Como principales productos de la hidrólisis se liberan ácidos grasos y glicerol, sumados a alcoholes aminados derivados de los fosfolípidos y galactosa de los galactolípidos. Estos últimos junto con el glicerol son metabolizados y convertidos en AGV, que se absorben por la pared ruminal. A continuación, los ácidos grasos insaturados sufren un proceso de hidrogenación microbiana, o biohidrogenación, especialmente por bacterias adheridas al alimento. Esto se debería por un lado a que los ácidos grasos al ser moléculas bipolares disminuyen la digestibilidad de los alimentos, debido a que los extremos hidrofílicos se adhieren al alimento dejando expuesto los extremos hidrofóbicos, lo que dificulta el acceso de las enzimas digestivas bacterianas. Por otro lado los ácidos grasos insaturados alteran la tensión superficial y la permeabilidad de las membranas bacterianas, perjudicando especialmente a la flora celulolítica. Esta hidrogenación no es completa, afecta entre el 70 y el 90 % de los ácidos grasos y queda un remanente que en parte es incorporado al propio soma bacteriano, pasando a ser una fuente de ácidos grasos esenciales e insaturados para el rumiante al ser absorbidos en el intestino.

La biohidrogenación lleva varios pasos bioquímicos. Muchas veces la biohidrogenación no es completa quedando productos intermedios, de los cuales algunos tienen funciones metabólicas en los animales. El porcentaje de hidrogenación está en relación con la cantidad de ácidos grasos poliinsaturados que lleguen al rumen y del pH ruminal. A mayor cantidad de ácidos grasos insaturados, menor va a ser la proporción de biohidrogenación. Cuando más bajo es el pH ruminal, mayor es la inhibición del crecimiento de las bacterias encargadas de la biohidrogenación, sobretodo del grupo que realiza el último paso (de 18:1 a 18:0), quedando de esa forma mayor cantidad de metabolitos intermedios.

Debido al pH ácido del rumen los lípidos se saponifican formando jabones insolubles de calcio y de magnesio y esta es la forma como el 70 a 80 % de los lípidos abandonan el rumen. El resto de los lípidos llegan al abomaso como fosfolípidos, especialmente de origen microbiano.

Los microorganismos ruminales no almacenan lípidos como triglicéridos, pero deben sintetizar sus membranas plasmáticas para lo cual emplean ácidos grasos que toman del rumen o bien que sintetizan en su soma, creando así una variedad de ácidos grasos, algunos de ellos de cadenas impares y ramificadas, los cuales al reciclarse en el rumen por muerte bacteriana representan un factor de crecimiento importante para otros microorganismos, una vez absorbidos pueden seguir alguna vía común a los demás ácidos grasos, incluso contribuyen a determinar las características organolépticas de la leche, como su olor y sabor. La cantidad de ácidos grasos sintetizados por las bacterias dependen de la cantidad que ingrese por la dieta, disminuyendo a medida aumenta su cantidad. Los lípidos representan el 10 al 15 % de la materia seca bacteriana, sumando 100 a 150 gramos diarios a los lípidos aportados por la dieta (Relling y Mattioli, 2002).

2.4. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES

2.4.1. Energía

La energía la proporcionan los carbohidratos, proteínas y grasas; no es un nutriente tangible que pueda aislarse en el laboratorio, más bien es un concepto que, en términos de nutrición animal, significa “calor”, y se lo mide en Megacalorías (Mcal) Enciclopedia Bovina, 2009. Los cálculos de las necesidades de energía en el vacuno lechero se realizan en unidades de energía neta de lactancia (UNL) y comprenden las necesidades de mantenimiento, gestación y producción (Calsamiglia et. al., 2009).

En el ganado lechero, las necesidades energéticas se calculan en forma factorial considerando mantenimiento, gestación, crecimiento y producción. En las necesidades de mantenimiento se incluye un margen de seguridad del 10 % para cubrir los gastos energéticos resultantes de la actividad física de los animales de

acuerdo al sistema de manejo. Las necesidades de producción deben considerar la composición química de la leche, sobre todo en relación al contenido graso. En las vacas al principio de lactación, la ingestión de energía es frecuentemente insuficiente para cubrir las necesidades de producción, resultando en un balance energético negativo. La pérdida de peso al inicio de la lactación es inevitable y en animales de alta producción, probablemente necesaria para optimizar la producción (Calsamiglia et. al., 2009).

La ingestión de energía es uno de los factores más limitantes de la producción lechera. El incremento de la ingestión de energía depende de la ingesta de MS y de la concentración energética de la ración. La concentración energética de la ración depende del nivel de incorporación de grasas y de la relación entre los hidratos de carbono fibrosos (FDN) y no fibrosos. El equilibrio entre estas dos fracciones es fundamental para el mantenimiento de la salud ruminal y la prevención de la acidosis.

2.4.2. Proteína

Calsamiglia, et al., (2009) señalan que las necesidades proteicas se calculan de forma factorial, considerando mantenimiento, crecimiento, gestación y lactancia y se determinan en gramos proteína metabolizable (PM). En el rumiante el aporte de PM tiene dos orígenes: la proteína microbiana sintetizada en el rumen y la proteína de origen alimentario. La síntesis de proteína microbiana depende de la disponibilidad de energía fermentable y proteína disponible en el rumen y de la eficiencia de síntesis de proteína microbiana.

Las recomendaciones de proteína cruda en las raciones de vacas lecheras varían entre 12 % para una vaca seca hasta 18 % para una vaca en la primera parte de lactancia. Si la dieta de vacas que producen 20 a 25 Kg de leche contiene 16 % de proteína cruda, la mayoría de los forrajes y concentrados cubren estas necesidades. Sin embargo, si la producción de leche aumenta, la proteína bacteriana en el rumen puede resultar insuficiente y fuentes de proteína resistentes a degradación ruminal pueden ser necesarias para proveer la cantidad requerida de aminoácidos.

2.4.3. Lípidos

Las grasas tienen como objetivo aumentar la concentración energética de la ración; sin embargo, su utilización presenta los siguientes inconvenientes:

- Afectan la digestibilidad de la fibra. Estos efectos son mayores en los insaturados y sus efectos pueden limitarse si forman parte de semillas enteras y/o están protegidos de la acción ruminal (grasas inertes).
- Reducen la grasa de la leche. Dicho efecto parece estar mediado por la formación de intermediarios de la biohidrogenación anómala que se produce en condiciones de acidosis ruminal. Estos efectos son mayores en presencia de ácidos grasos insaturados (aceites de lino, soja, girasol) y pueden prevenirse cuando se utilizan semillas enteras o se reduce el riesgo de acidosis ruminal. Los niveles de estas grasas deben limitarse a 150 - 250 g/d, particularmente en condiciones de riesgo de acidosis ruminal.
- Limita la ingestión de MS, este efecto es particularmente evidente cuando los niveles de grasa de la ración superan el 5,25 %, en el periodo postparto (se produce una regulación metabólica de la ingestión de energía) y con el uso de algunas grasas. El NRC, 2001 (National Research Council) recomienda no exceder del 6 % de grasa total de MS de la ración durante el postparto (5-7 semanas), y del 7 % durante el último tercio de la lactación, con un máximo del 3 - 4 % de grasa añadida. Durante el secado, el contenido máximo de grasa en la ración no debería superar el 4 %.
- La suplementación excesiva de grasa (independientemente del tipo) en la ración del vacuno resulta en una reducción de 0,1 a 0,3 unidades de porcentaje la proteína en leche.

2.4.4. Minerales

Las necesidades de minerales se determinan de forma factorial, y se expresan en unidades de mineral absorbible. Los requerimientos pueden variar ligeramente en función del nivel de producción y la disponibilidad en los alimentos utilizados; sin embargo, alguno de los minerales es necesario hacer consideraciones específicas.

Durante el postparto se movilizan entre 800 y 1300 g de calcio óseo que deben reponerse durante las últimas 20 – 30 semanas de gestación.

Esta reposición de calcio requiere el aporte adicional de unos 8 g/d de calcio, que deben incorporarse al cálculo de las necesidades. Cuando se cumplen las recomendaciones de calcio y fosforo, la relación Ca: P de la ración es poco importante, siendo el rango de 1:1 a 1:8 (Calsamiglia et. al., 2009).

2.5. SUPLEMENTACIÓN ALIMENTICIA

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

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

2.5.1 Suplementación Proteínica

Las praderas de alta calidad son ricas en proteína degradable en el rumen (PDR), por lo que existirían beneficios al suplementar con proteína no degradable a nivel ruminal (PNDR); suministrar 250 a 450 g/vaca/d de PNDR es probablemente benéfico cuando las vacas están produciendo más de 35 Kg de leche diarios (Muller *et. al.*, 2003). Asimismo, para asegurar una buena producción láctea se recomienda concentrados

que contengan PNDR para complementar dietas basadas en praderas, lo que podría disminuir sustancialmente las pérdidas de N. Bargo, et. al., (2003), resumieron ocho estudios realizados en vacas a inicios de lactancia (<75 días), a pastoreo suplementadas con concentrados isonitrogenados de 14 a 24 % de PB donde fuentes de proteína degradable en el rumen fueron reemplazadas por fuentes de PNDR, observando que el consumo de MS de pradera no se afectó en cinco de los ensayos analizados. Además, se obtuvo un incremento en la producción de leche de entre 6 a 18 %, en dos de los ocho ensayos y en siete experiencias no se afectaron ni las producciones de grasa ni de proteína láctea.

Estos mismos autores, señalan que en animales mantenidos bajo condiciones de pastoreo, la cantidad de PNDR que escapa del rumen es función del consumo de MS de pradera y del consumo de MS de suplemento y de sus respectivos contenidos de PNDR. Por otra parte, las especies constituyentes de la pradera tienen una gran influencia en la cantidad de PNDR que escapa del rumen. Debido que la EM es el primer nutriente limitante para la producción de leche de vacas de alto mérito genético a pastoreo, la suplementación podría ser necesaria para corregir la deficiencia en energía más que la de aminoácidos.

Esto podría explicar la baja respuesta productiva en animales que consumen praderas de alta calidad las que son suplementadas con PNDR (Kolver, 2003 y Sairanen, et. al., 2005) indican que en vacas a pastoreo, la producción de leche puede verse limitada por el consumo de EM o de algún aminoácido. Además, puntualiza que la influencia de estos dos factores es imposible de distinguir sin una medición directa del flujo de aminoácidos hacia el intestino.

Más específicamente Kolver (2003), señala que como resultado de una eficiente síntesis de proteína microbiana, acompañada de un alto contenido proteico (> 22 %) presente en raciones de vacas a pastoreo suplementadas con concentrados, la cantidad y perfil de aminoácidos disponibles para la absorción no parecen ser la primera limitante para la producción de leche, a pesar de la alta degradabilidad ruminal de la proteína de las praderas.

La producción puede estar limitada en algunos casos, por algún aminoácido en particular, principalmente metionina y lisina cuando se suplementa en base a granos, incluso cumpliéndose los niveles de PC y FDN recomendadas por el NRC. Al alimentar con grandes cantidades de ensilaje de maíz (> 30 % de la dieta), se recomienda la suplementación con proteína. Macdonald (1999), investigó la habilidad de urea, afrecho de soya, (nitrógeno altamente degradable en el rumen) y la harina de pescado (PNDR), para suplir las deficiencias de proteínas generadas por las altas inclusiones en la dieta de este ensilaje.

La harina de pescado y el afrecho de soya, incrementaron los sólidos lácteos en verano y otoño. Se sugiere que la incorporación de estas fuentes proteicas, pudo aumentar la digestibilidad total de la dieta o proveer más proteína metabolizable para la síntesis de leche. Concluyendo finalmente que cuando el ensilaje de maíz es el principal suplemento ofrecido, corregir las deficiencias de proteína puede aumentar la producción de sólidos lácteo.

Para suplementar praderas en la etapa de crecimiento activo, los concentrados que se usan más frecuentemente están constituidos por mezclas de granos de diferente velocidad de degradación teniendo además un bajo tenor proteico Manterola (2004). Cabe mencionar que las fuentes de PNDR son más onerosas, por lo tanto, su utilización estará determinada por sus precios respecto al retorno económico que tenga el productor por su producción.

2.5.2. Suplementación Energética

La forma más común de suministrar un suplemento es a través del aporte de un concentrado en base a granos otorgado en parcialidades durante las ordeñas. Con esta estrategia se permite que, animales capaces de alcanzar altas producciones lácteas puedan expresar su potencial genético para consumo y producción, toda vez que la pradera, como único alimento, no es capaz de satisfacer sus requerimientos. Esto se debe a que el consumo de MS y Energía Neta de lactancia (ENL) de ésta es significativamente más bajo.

En la mayoría de las praderas en la época de primavera, los carbohidratos no fibrosos (CNF) alcanzan entre un 15 a 22 % de la MS. Además, las vacas mantenidas bajo pastoreo requieren más energía para mantención que aquellas en estabulación, debido a los menores niveles de actividad que éstas últimas presentan. Dado este hecho, las vacas en pastoreo pueden requerir de 1 a 2 Kg/d de concentrado como un “costo fijo” por actividad sin un retorno concreto en producción de leche. La cantidad de CNF y de concentrado necesarios para incrementar el consumo total de energía en sistemas basados en pradera, pueden tener un efecto en el largo plazo en el balance energético, producción de leche, peso vivo, cambios en la condición corporal y comportamiento reproductivo del animal (Muller, 1999).

La respuesta a la suplementación con energía puede estar influenciada por los tipos de carbohidratos y granos suministrados. El maíz, es uno de los suplementos más comúnmente utilizados para la alimentación de vacas a pastoreo, provee de energía extra e incrementa el consumo total de MS comparado con sistemas basados sólo en praderas.

Se reporta que en estudios en los cuales se utilizaron vacas de altas producciones en sistemas a pastoreo la suplementación energética con 8 a 9 Kg/d de concentrados basados en grano de maíz resulta en un consumo de MS total de 22 Kg/d y una producción de leche de 30 Kg/d. Estas producciones son bajas, si se comparan con las alcanzadas por animales estabulados que reciben raciones totales mezcladas (TMR). Uno de los motivos por los cuales estas producciones son menores está asociado a trastornos en la fermentación ruminal y digestión cuando las vacas pastorean una pradera de alta calidad (< 50 % FDN). En praderas de éste tipo, suplementadas de concentrados de alto nivel energético, reducen el pH del rumen (< 6,0), disminuye la relación acetato/propionato, aumenta la concentración de nitrógeno amoniacal y aumenta la tasa de pasaje. Además, la suplementación energética reduce el porcentaje de grasa láctea, lo cual está asociado con el mayor consumo de almidón y la baja fibra efectiva de la pradera. Como se describe con posterioridad estos efectos son menos marcados cuando se suplementa con concentrados ricos en fibra digestible (Manterola, 2004).

2.6. PULPA DE CAFÉ

2.6.1. Características y Valor Nutritivo

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).

Cuadro 2. Composición 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 Nx625	2,1	11,2	10,7
Fibra Cruda	3,4	21	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 1072

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.

2.6.2. 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 ocasiona 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 3. 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
Cafeína	1,3
Ácido clorógeno	2,6
Ácido cafeico total	1,6

Fuente: Elías 1972

2.6.2.1. 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.

2.6.2.2. 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 apareamiento enzimático causado 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.

2.6.2.3. Taninos

Los taninos se pueden agrupar en dos clases, los taninos que se hidrolizan en ácido gálico y azúcares, 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 interferir 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).

2.6.3. 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, (Harts y col, 1992 y Durand y col, 1993).

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.

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.

2.6.4. 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 H₂O y 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 (Morgan, 2003).

En este proceso, se propicia el desarrollo de la microflora epífita 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 mezcla 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 (jugo de caña).
- Se mezcla 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 4. Composición química de la pulpa de café biofermentada

Nutrientes	Valor (%)
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.

2.6.5. Uso en la Alimentación de Rumiantes

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. El consumo de elevadas proporciones de pulpa en terneros trae como consecuencia retardo en el crecimiento.

Ferreira et. al., (2000) evaluaron el crecimiento de corderos y corderas alimentados con pulpa de café como parte de la dieta durante 50 días, quienes utilizaron un control sin pulpa ensilada, pulpa de café natural y pulpa de café tratada con urea y semillas de soya molidas. Estos autores detectaron que la inclusión de niveles de 15 % de pulpa de café no afectó el crecimiento de los animales, pero los machos presentaron un desempeño mayor que las hembras. Posteriormente, Ferreira et. al, (2003) evaluaron en corderos híbridos y en un grupo puro, tres dietas con diferentes dosis de pulpa de café entre 0 y 25 % (mencionadas anteriormente) y encontraron que la inclusión de 15 % de pulpa tratada con urea y semilla de soya no afectó significativamente el peso de las canales de paleta, lomo y pierna de los corderos.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIALES

3.1.1 Materiales de Campo

- 4 vacas en producción
- Pulpa de café
- Urea
- Suero de leche
- Sales minerales
- Picadora
- Ordenadora mecánica
- Carretilla
- Balanza
- Bascula
- Bomba de mochila
- Botas
- Utensilios de ordeño
- Saquillos
- Palas
- Cámara fotográfica
- Libreta de campo
- Lazo de color amarillo para la identificación de los animales

3.1.2 Materiales de Oficina

- Computadora
- Impresora
- Material de escritorio
- Calculadora
- Flash para almacenar información
- Bolígrafos

3.2 MÉTODOS

3.2.1. Ubicación

La presente investigación se ejecutó en la Finca Experimental “Punzara” de la Universidad Nacional de Loja, ubicada al sur occidente de la ciudad de Loja. Poseen las siguientes características climatológicas:

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

3.2.2. Características y Adecuación de las Instalaciones

El experimento se desarrolló en la Finca Experimental “Punzara” cuenta con 28 potreros de 1 ha cada uno, donde los animales pastorean durante el día. Se dispone de un establo de 200 m², para las labores de ordeño, control sanitario y suministro de la ración suplementaria.

3.2.3. Descripción e Identificación de las Unidades Experimentales

Se utilizaron 4 vacas holstein en producción de igual número de partos y etapa de lactación. Cada animal constituyó una unidad experimental. Fueron identificadas individualmente con un laso de color amarillo en el cuello.

3.2.4. Obtención de la Pulpa Biofermentada

La fermentación se realizó en los tendales utilizados para el secado del café. Para la preparación de 100 Kg se procedió de la siguiente manera:

- Pesar 100 Kg de pulpa y a la caída del sol esparcir en una capa de 10 cm de espesor;

- Preparar una solución con 0,5 Kg de sales minerales y 1,5 Kg de urea y distribuirla sobre el material, de manera uniforme;
- Añadir 10 litros de suero de leche con una bomba de fumigación.
- Mezclar todo el material y dejarlo en reposo por un lapso 12 a 14 horas, (toda la noche).
- Al siguiente día voltear cada dos horas hasta lograr el secado total, entre las 48 y 72 horas.
- Empacar el producto en sacos de yute y almacenarlos en un lugar seco.

3.2.5. Formulación y Elaboración de las Raciones Experimentales.

Mediante el método del tanteo se formuló las cuatro raciones experimentales (isoproteínicas) con el 14 % de proteína. En función de las formulas se procederá a pesar y mezclar los ingredientes. Las cuatro raciones quedaron formuladas de la siguiente manera:

Cuadro 5. Formulación y elaboración de la ración experimental

Insumos	Ración 1	Ración 2	Ración 3	Ración 4
Caña	45,0	40,0	35,0	30,0
Maíz	30,0	30,0	30,0	30,0
Pulpa de café	0,0	10,0	20,0	30,0
Soya	24,5	19,5	14,5	9,5
Sales minerales	0,5	0,5	0,5	0,5
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0

3.2.6. Descripción del Experimento

El experimento se desarrolló en cuatro periodos de tiempo, de la siguiente manera:

Cuadro 6. Desarrollo del experimento en cuatro periodos de tiempo.

Periodos	Raciones	Duración (días)	
		Adaptación	Toma de datos
1	R1 (0% pulpa de café)	10	5
2	R2 (10% pulpa de café)	10	5
3	R3 (20% pulpa de café)	10	5
4	R4 (30% pulpa de café)	10	5

3.2.7. Descripción de los Tratamientos

3.2.7.1. Tratamiento uno

Consiste en un grupo de cuatro vacas holstein en producción, mantenidas en un sistema de pastoreo libre, y el suministro de 2 Kg de la ración uno por animal, que servirá como testigo.

3.2.7.2. Tratamiento dos

Consiste en un grupo de cuatro vacas holstein en producción mantenida en un sistema de pastoreo libre, y el suministro de 2 Kg de la ración dos por animal.

3.2.7.3. Tratamiento tres

Consiste en un grupo de cuatro vacas holstein en producción mantenida en un sistema de pastoreo libre y el suministro de 2 Kg de la ración tres por animal.

3.2.7.4. Tratamiento cuatro

Consiste en un grupo de cuatro vacas holstein en producción mantenida en un sistema de pastoreo libre, y el suministro de 2 Kg de la ración cuatro por animal.

3.2.8. Diseño Experimental

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

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

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

El modelo matemático sería el siguiente:

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

Dónde:

μ = Media general

τ_i = Efecto proveniente de los tratamientos

β_j = Efecto proveniente de las filas

ζ = Efecto proveniente de las columnas

ϵ_{ij} = Error experimental

3.2.9. Variables en Estudio

- Análisis bromatológico de la pulpa fresca
- Análisis bromatológico de la pulpa de café biofermentada
- Consumo de alimento
- Producción de leche
- Calidad de la leche
- Cambio de peso
- Rentabilidad

3.2.10. Toma y Registro de Datos

3.2.10.1. Consumo de alimento

Se pesó y registró diariamente la cantidad de suplemento suministrado y para determinar el consumo real se restará el alimento sobrante o desperdiciado, aplicando la siguiente fórmula:

$$C. a = AS - AR$$

3.2.10.2. Producción de leche

Se registró diariamente la producción de leche de cada animal durante cinco días.

3.2.10.3. Calidad de la leche

Se controló cada quince días el sabor de la leche para detectar posibles alteraciones debidas al consumo de la pulpa biofermentada

3.2.10.4. Cambio de peso

Se tomó el peso con la báscula al inicio y final de cada periodo experimental. Para calcular el cambio de peso se utilizó, la siguiente fórmula:

$$\Delta P = PF + PI$$

3.2.10.5. Rentabilidad

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

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

3.2.11. Análisis Estadístico

Se realizó el Análisis de Varianza (ADEVA) de cada una de las variables en estudio y para la significancia, se aplicó la Prueba de Duncan.

3.2.12. Análisis Económico

Se realizó un análisis económico para conocer la rentabilidad y factibilidad del mismo. Con este análisis se podrá conocer los costos de inversión y mediante la relación costo/beneficio determinar qué tan rentable es el proyecto.

Para los costos se consideraran los siguientes rubros: costo de la alimentación, instalaciones, mano de obra, sanidad, etc. Los ingresos se obtendrán de la venta de la leche.

4. RESULTADOS

4.1. VALOR NUTRITIVO

4.1.1. Pulpa de Café Fresca y Biofermentada

El valor nutritivo de la pulpa fresca y Biofermentada, se indica en el cuadro siete.

Cuadro 7. Composición química de la pulpa fresca y Biofermentada en porcentaje.

	Base de calculo	M.S	CZ	E.E	P.C	F.C	E.L.N
Pulpa fresca	TCO	26.53	3.16	0.61	2.42	4.32	16.02
	BS	100	11.91	2.30	9.12	16.28	60.39
Pulpa biof.	TCO	21,09	2,6	0,65	6,23	04,31	7,30
	BS	100,0	12,33	3,08	29,54	20,44	34,61

Fuente: Laboratorio de Nutrición Animal AARNR – UNL, 2014

M.S. = Materia seca, **Cz.** = Cenizas, **E.E.**= Extracto etéreo, **P.C.** = Proteína cruda, **F.C.** Fibra cruda, **E.L.N.**= Extracto libre de nitrógeno

El contenido de la materia seca de la pulpa fresca de café es de 26,53 %; la proteína cruda presenta un 9,12 %; la fibra esta por el 16,28 %; el extracto libre de nitrógeno es del 60,39 %; ceniza con el 11,91 % y finalmente el extracto etéreo con el 2,30 %.

El contenido de materia seca de la pulpa de café biofermentada (PCB) es de 21,09 %; la proteína cruda presenta un 29,54 %, la fibra esta por el orden 20,44; el extracto libre de nitrógeno es del 34,61 %; ceniza el 12,33 % y finalmente el extracto eterio con el 3,08 %.

4.1.2. Raciones Experimentales

El valor nutritivo de las raciones experimentales, se indica en el cuadro ocho.

Cuadro 8. Composición química de la ración experimental con el 0, 10, 20 y 30 % PCB.

Tratam.	Clase de muestra	Base de Calculo	M.S.	Cz.	E.E	P.C*	F.C	E.L.N
			%	%	%	%	%	%
T1	Ración concentrada: Caña, maíz, soya y sales minerales	TCO	60,41	2,45	2,24	10,74	5,89	39,1
		BS	100	4,06	3,71	17,79	9,75	64,7
T2	Ración concentrada: Maíz, soya, sales minerales, pulpa de café, caña	TCO	58,64	2,64	2,27	8,55	6,2	40
		BS	100	4,5	3,87	14,58	10,6	66,5
T3	Ración concentrada: Maíz, soya, sales minerales, pulpa de café, caña	TCO	83,41	4,66	2,56	14,64	9,53	52
		BS	100	5,61	3,08	17,63	11,5	62,2
T4	Ración concentrada: Maíz, soya, sales minerales, pulpa de café, caña	TCO	80,2	4,86	2,39	7,66	9,19	56,1
		BS	100	5,97	2,94	9,41	11,3	70,4

* Análisis realizado en la Universidad del Azuay

Fuente: Laboratorio de Nutrición Animal AARNR – UNL, 2015; Laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad del Azuay, 2015.

El contiene de MS en el tratamiento uno que tiene caña, maíz, soya y sales minerales es de 10,14 %; la proteína cruda presenta un 17,79 %; la fibra esta por el 9,75 %; el estrato libre de nitrógeno es de 64,69 %; ceniza con el 4,06 % y finalmente el extracto eterio con el 3,71 %.

El contiene de MS en el tratamiento tres que tiene caña, maíz, soya, sales minerales y el 20 % de PCB es de 83,41 %; la proteína cruda presenta un 17,63 %; la fibra esta por el 11,47 %; el estrato libre de nitrógeno es de 62,21 %; ceniza con el 5,61 % y finalmente el extracto eterio con el 3,08 %.

El contiene de MS en el tratamiento cuatro que tiene caña, maíz, soya, sales minerales y el 10 % de PCB es de 58,20 %; la proteína cruda presenta un 14,58 %;

la fibra esta por el 10,57 %; el estrato libre de nitrógeno es de 66,50 %; ceniza con el 4,5 % y finalmente el extracto eterio con el 3,87 %.

Finalmente el contiene de MS en el tratamiento cuatro que tiene caña, maíz, soya, sales minerales y el 30 % de PCB es de 80,20 %; la proteína cruda presenta un 9,41 %; la fibra esta por el 11,29 %; el estrato libre de nitrógeno es de 70,38 %; ceniza con el 5,97 % y finalmente el extracto eterio con el 2,94 %; la proteína es inferior por la disminución de la soya en la ración, fermentación de la caña, variedad, edad, clima.

4.2. CONSUMO DE ALIMENTO

Comprende el consumo de forraje, gramíneas naturales, con predominio del pasto kikuyo (*Penisetum clandestinum*), y la pulpa de café biofermentada; el consumo de forraje se estimó, considerando una ingesta diaria equivalente al 10 % del peso vivo, en base a materia seca (MS); mientras que el consumo de la pulpa de café biofermentada se determinó por diferencia entre el alimento suministrado y el sobrante o desperdiciado diariamente. Los resultados se presentan en el cuadro nueve y figura uno.

Cuadro 9. Consumo promedio quincenal de alimento en base a materia seca, en vacas productoras de leche en pastoreo, con cuatro raciones suplementarias (kg).

N. Animales	Tratamiento			
	T1(0 % PCB)	T2 (10 %PCB)	T3 (20% PCB)	T4 (30% PCB)
1	26,25	28,8	29,7	27,98
2	24,85	30	29,98	29,89
3	25,2	28,7	29,73	29,9
4	23,7	27,3	29,6	29,39
TOTAL	100	115	119	117,16
PROMEDIO (día)	1,67	1,91	1,98	1,95

Fuente: Investigación de campo, noviembre 2014 – febrero 2015

El mayor consumo de alimento en base a MS se registró en el tratamiento tres con un total de 119 Kg, que representa un consumo diario de 1,98 Kg; mientras que el tratamiento uno (testigo) represento menor consumo con 100 Kg en promedio por animal durante el experimento, es decir 1,67 Kg por día, porque los animales se adaptaron poco a poco al consumo del concentrado, como se demuestra en el siguiente gráfico.

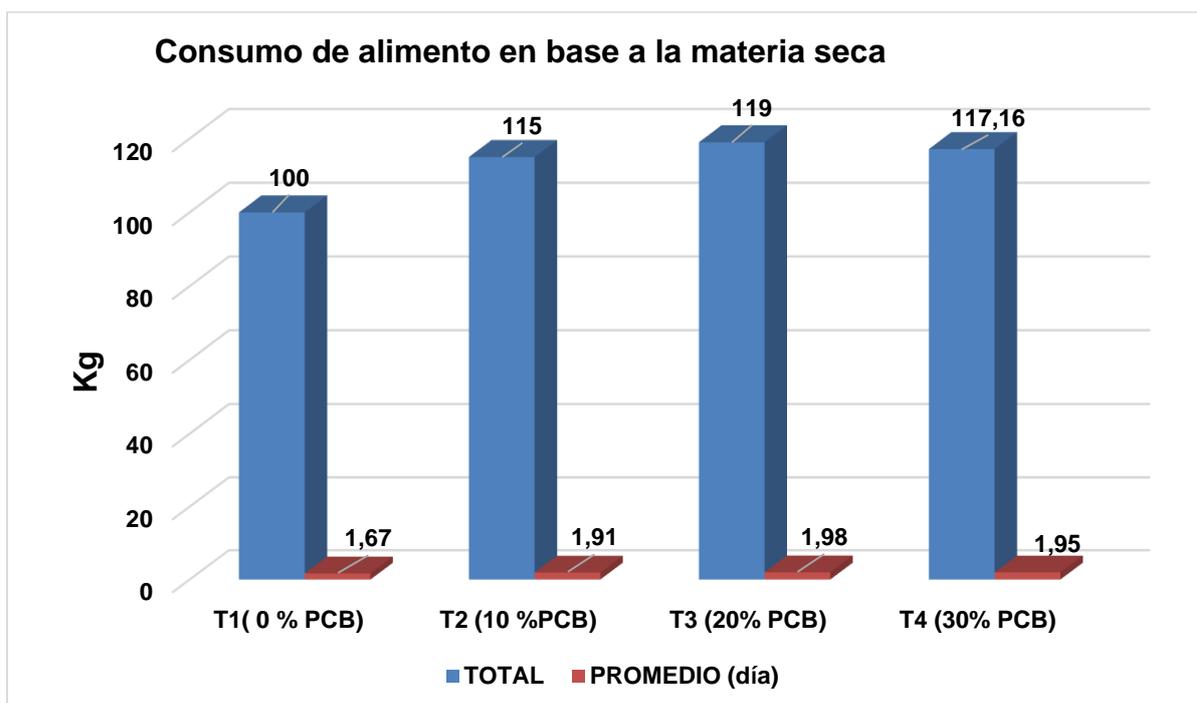


Figura 1. Consumo de forraje en base a la materia seca, en vacas en pastoreo, con una ración suplementaria (Kg).

4.3. PRODUCCIÓN DE LECHE.

4.3.1. Producción de Leche

Se registró diariamente la producción de leche de cada animal, desde el inicio del experimento hasta el final. Los resultados se presentan en el cuadro diez y figura dos.

Cuadro 10. Producción de leche en vacas productoras de leche en pastoreo, con cuatro raciones suplementarias.

N. Animal	TRATAMIENTOS			
	T1 (0 % PCB)	T2 (10 %)	T3 (20 % PCB)	T4 (30 % PCB)
1	313,5	284	252,5	248
2	327,5	300	275	273
3	384	348,5	322	301,5
4	281,5	261	241,5	243
TOTAL	1306,5	1193,5	1091	1065,5
PROMEDIO	87,1	79,57	72,73	71,03

Fuente: Investigación de campo, noviembre 2014 – febrero 2015

La mayor producción de leche se registró en el tratamiento uno (testigo) con un total de 1306,5 litros, que representa un promedio de 87,10 debido que se encontraban en las en tercera etapa de producción y buen potrero, seguido del segundo tratamiento con un total de 1193,5 litros, que representa un promedio de 79,57, luego el tratamiento tres con un total de 1091 litros, que representa un promedio de 72,73 y finalmente el tratamiento cuatro presento una menor producción con 1065,5 litros; representa un promedio de 71,03; para mejor comprensión se demuestra en la siguiente figura.

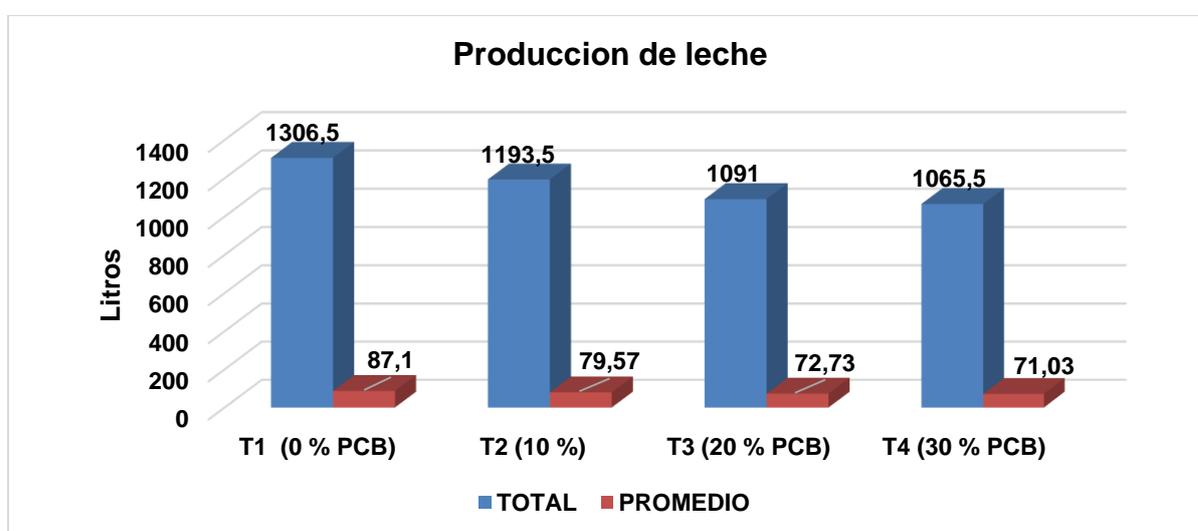


Figura 2. Producción de leche quincenal en litros.

4.4. CALIDAD DE LA LECHE.

Por cada tratamiento se controló la calidad de la leche para detectar posibles alteraciones debido al consumo de la pulpa biofermentada. Los resultados se presentan en el cuadro once y figura tres.

Cuadro 11. Calidad de la leche, alimentadas con cuatro raciones alimenticias de PCB.

N. Animal	Tratamientos							
	T 1(0 % PCB)		T 2 (10 % PCB)		T3 (20 % PCB)		T 4 (30 %PCB)	
	grasa %	proteínas %	grasa %	proteína %	grasa %	proteína %	grasa %	proteína %
1	1,19	2,81	1,77	2,26	1,90	2,83	1,10	2,80
2	1,63	2,92	1,32	2,28	0,77	3,01	1,64	2,96
3	1,115	2,84	1,32	2,81	1,75	2,80	1,50	2,80
4	1,093	2,94	1,62	2,91	1,03	3,00	1,13	2,95
TOTAL	5,028	11,49	6,03	10,25	5,44	11,64	5,36	11,51
PROMEDIO	1,26	2,87	1,51	2,56	1,36	2,91	1,34	2,88

Fuente: Investigación de campo, noviembre 2014 – febrero 2015

La mejor producción de grasa se registró en el tratamiento dos con un promedio de 1,51 %; mientras que el tratamiento cuatro (20 % PCB) presentó un mayor porcentaje de proteína de 2,91 %, se demuestra en la siguiente figura.

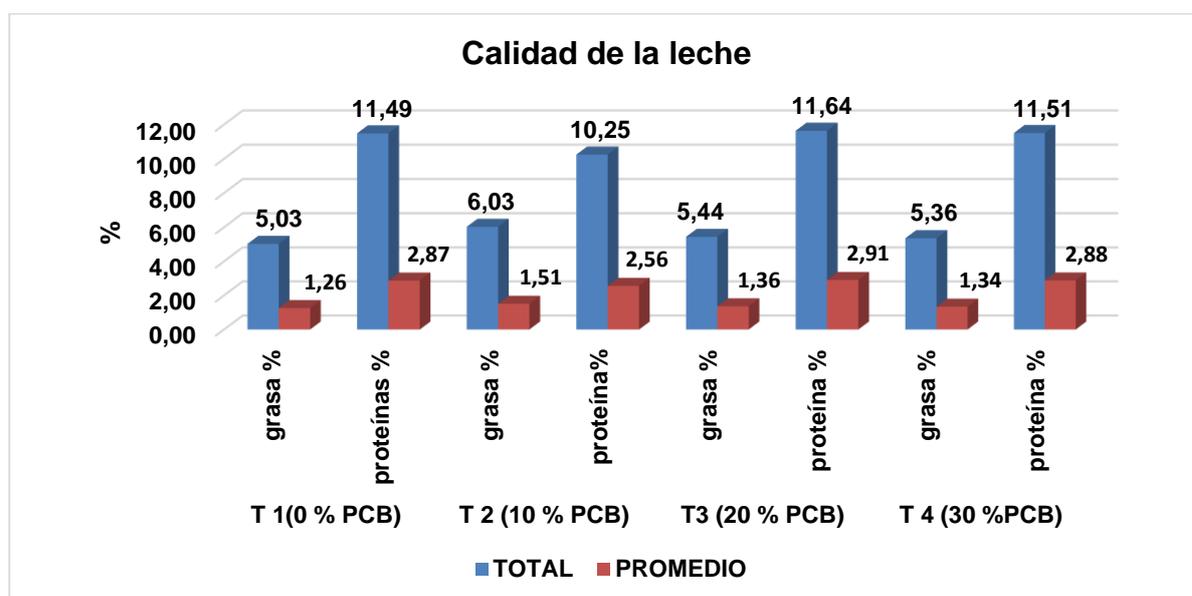


Figura 3. Calidad de la leche de cada quincena (%)

4.5. INCREMENTO DE PESO

4.5.1. Peso Promedio Quincenal

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

Cuadro 12. Peso promedio quincenal, durante la etapa de producción de hembras bovinas en pastoreo con cuatro raciones suplementarias (Kg).

N. DE QUINCENAS	TRATAMIENTOS			
	T1 (0% PCB)	T2 (10 % PCB)	T3(20%PCB)	T4(30%PC)
P.I	505,6	523,5	523,75	543,13
1	505	521	577,5	542,5
2	555	555	570	580
3	560	559	560	580
4	474	460	465	478,5
INCREMENTO DE PESO	31,6	63,5	59,75	64,63

Fuente: Investigación de campo, noviembre 2014 – febrero 2015

Al inicio del experimento, las vacas presentaron un peso inicial de 505,6 Kg; conforme avanzó el experimento, los animales disminuyeron el peso debido a los siguientes aspectos: temporada de escases de pasturas, técnica de sincronización de celo, plan de vacunación, desparasitación y prácticas estudiantil; los cuales provocan estrés y disminución de peso, se demuestra en la siguiente figura.

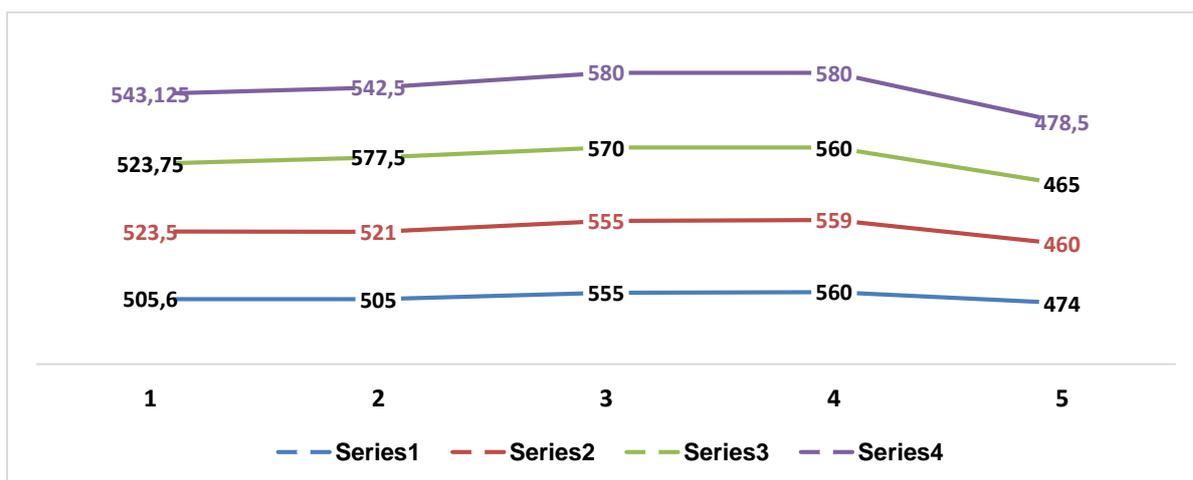


Figura 4. Curva de peso de las vacas en pastoreo con una ración suplementaria (kg).

4.6. RENTABILIDAD

Se determinó relacionando los costos de producción y los ingresos generados en el proyecto.

4.6.1. Costos de Producción

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

4.6.1.1. Alimentación

a. Forraje

El costo del forraje, se consideró el valor de arrendamiento del potrero a razón de USD 240 durante todo el proceso experimental que dividido para las 4 vacas resultó un costo total de USD 60 por unidad experimental.

b. Ración experimental

El precio de la ración experimental para el tratamiento uno es de USD 22,52; para el segundo tratamiento es de USD 21,22; para el tercer tratamiento es de USD 19,92 y finalmente para el tratamiento cuatro es de USD 18,62. Los ingredientes para la

elaboración de la ración experimental por tratamiento se detallan en el siguiente cuadro. Los resultados se presentan en el cuadro trece.

Cuadro 13. Cantidad y precio de la ración experimental.

INSUMOS	RACIÓN 1			RACIÓN 2			RACIÓN 3			RACIÓN 4		
	Cant (kg)	USD	Total / USD	Cant (kg)	USD	Total/ USD	Cant (kg)	USD	Total / USD	Cant (kg)	USD	Total / USD
Caña	45	0,12	5,4	40	0,12	4,8	35	0,12	4,2	30	0,12	3,6
Maíz	30	0,25	7,5	30	0,25	7,5	30	0,25	7,5	30	0,25	7,5
Pulpa de café	0,0	0,06	0,0	10	0,06	0,6	20	0,06	1,2	30	0,06	1,8
Soya	24,5	0,26	6,37	19,5	0,26	5,07	14,5	0,26	3,77	9,5	0,26	2,47
Sal minerales	0,5	6,5	3,25	0,5	6,5	3,25	0,5	6,5	3,25	0,5	6,5	3,25
TOTAL			22,52			21,22			19,92			18,62

Fuente: Investigación de campo, noviembre 2014 – febrero 2015

4.6.1.2. Sanidad

Se realizó las siguientes actividades sanitarias para prevenir y controlar enfermedades, empleando los siguientes productos farmacológicos: ivermectina 1 % (7,70), amitraz (fulminado 2,75) y vitaminas (farbiofos B12 4,45), lo que generó un costo total de USD 14,90; es decir USD 3,73 por animal.

4.6.1.3. Mano de obra

Se consideró que para las labores de limpieza, preparación de la ración, suministro del alimento, administración de antiparasitarios y vitaminas y traslado de las unidades experimentales; se requirió una hora de trabajo diario. Para este rubro se consideró el sueldo básico de un trabajador USD 354, es decir USD 1,475 la hora, multiplicado por una horas y por 60 días que duro el experimento, generó un costo total de USD 88,5 que dividido para las cuatro vacas resulto un costo de USD 22,13 por animal.

4.6.1.4. Instalaciones

El arriendo de las instalaciones se estimó en USD 60 que dividido para las cuatro vacas generó un costo de USD 15 por animal.

4.6.2. INGRESOS

4.6.2.1. Venta de leche

El precio de la venta de la leche fue de USD 0,50 centavos, por litro en la finca Punzara de la UNL. Los ingresos generados por la venta de leche por cada tratamiento se detallan en el siguiente cuadro. Los resultados se presentan en el cuadro trece.

Cuadro 14. Ingreso de la venta de leche (USD)

Tratamiento	Leche/litros	Nro. De animal	Total de leche/vaca	Precio (\$)	Total ingreso/ UE
1	1306,5	4	326,63	0,5	163,31
2	1193,5	4	298,38	0,5	149,19
3	1091	4	272,75	0,5	136,38
4	1065,5	4	266,38	0,5	133,19

Fuente: Investigación de campo, noviembre 2014 – febrero 2015

Una vez estimado los ingresos y los costos totales de cada tratamiento se procedió a calcular la rentabilidad, aplicando la fórmula ya enunciado en la metodología. Los resultados se detallan en el siguiente cuadro.

Cuadro 15. Costos, ingresos y rentabilidad en los cuatros grupos experimentales (USD)

RUBROS	TRATAMIENTOS			
	T1 (0 % PCB)	T2 (10% PCB)	T3(20% PCB)	T4 (30 % PCB)
COSTOS				
Forraje	60,00	60,00	60,00	60,00
Ración	22,52	21,22	19,92	18,62
Sanidad	3,73	3,73	3,73	3,73
Mano de obra	22,13	22,13	22,13	22,13
Instalación	15,00	15,00	15,00	15,00
COSTOS TOTALES	123,38	122,08	120,78	119,48
INGRESOS				
Venta de leche	163,31	149,19	136,38	133,19
INGRESO TOTAL	163,31	149,19	136,38	133,19
Ingreso neto	39,93	27,11	15,60	13,71
RENTABILIDAD %	32,36	22,21	12,92	11,47

Fuente: Investigación de campo, noviembre 2014 – febrero 2015

EL tratamientos uno alcanzó la mayor rentabilidad con 32,36 %, seguido del tratamiento dos con el 22,21 %, en los otros tratamientos obtuvo una rentabilidad menor, debido a la temporada de escasas de pastizales, por finalizar la tercera etapa de lactancia donde es el máximo pico de producción por esta razón existe una disminución en la producción láctea; para una mejor comprensión se grafica la siguiente figura.

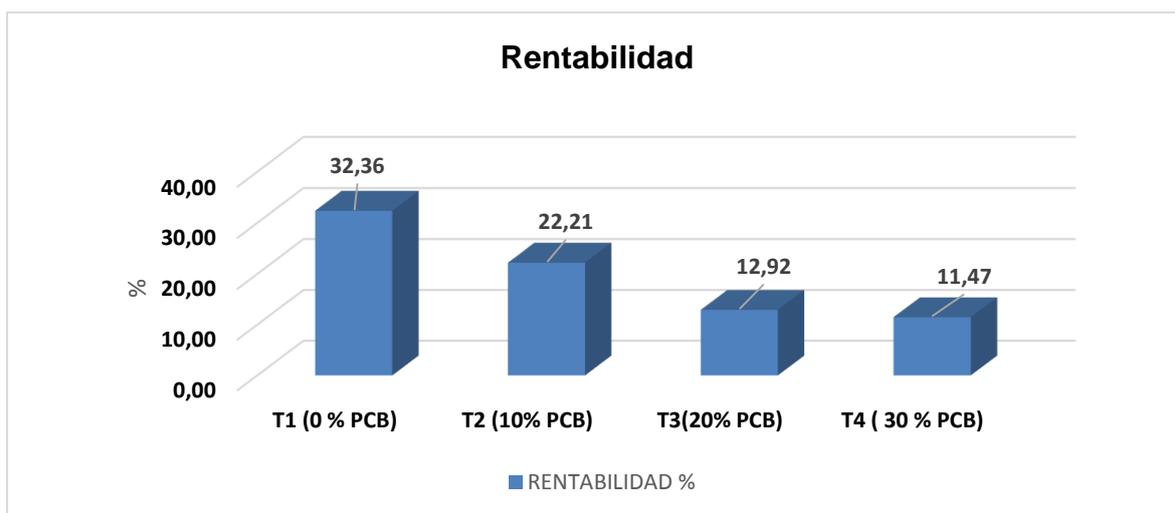


Figura 5. Rentabilidad obtenida en la producción de vacas lecheras, en pastoreo con una ración suplementaria en dólares.

5. DISCUSIÓN

5.1. VALOR NUTRITIVO DE LA PULPA DE CAFÉ BIOFERMENTADA

La pulpa de café biofermentada de manera rústica y enriquecida con urea, sales minerales y suero de leche, presentó un apreciable valor nutritivo, con el 29,54 % de proteína y el 20,44 % de fibra cruda. Resultados son muy inferiores a los reportados por Morgan (2003) estuvieron por debajo de este rango que obtenía 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 y disminuyendo a niveles tolerables los contenidos de las sustancias anti nutricionales.

5.2. CONSUMO DE ALIMENTO

El mayor consumo de alimento en base a MS se registró en el tratamiento tres con un total de 119 Kg, que representa un consumo diario de 1,98 Kg; mientras que el tratamiento uno (testigo) represento menor consumo de 100 Kg en total, es decir una ingesta diaria de 1,67 Kg aunque estadísticamente las diferencias son no significativas.

Estos resultados son inferiores a lo reportado por Cordova (2013), quien observo un consumo diario de 5,3 Kg Ms/animal/día en toretes brahman en pastoreo, suplementados con una dieta de pasto chilena, pulpa de café; mientras que 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 la caña de picada; lo que permite mejorar los procesos fermentativos del rumen, aprovechando los niveles de energía y amoníaco disponible, para la

síntesis de 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 proteínicos).

5.3. PRODUCCION DE LECHE

Se reportan estudios donde se utilizaron vacas de altas producciones en sistemas a pastoreo la suplementación energética con 8 a 9 Kg/d de concentrados basados en grano de maíz resulta en un consumo de MS total de 22 Kg/d y una producción de leche de 30 Kg/d (Calsamiglia, et al., 2009).

La pulpa de café ha sido empleada ensilada o deshidratada en los concentrados normalmente utilizados para suplementar los forrajes que sirven de base para la alimentación de vacas lecheras Cabezas et. al, (1977). Por otra parte, 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).

Manual del ganadero actual (2004) los pastos asociados con gramíneas y leguminosas mostraron que las vacas producen el 20 % más de leche en pastura asociada que en pastura sola. Una respuesta similar (15 a 20 %) se observó en un trabajo realizado en el Piedemonte Llanero al comparar la producción de leche en una pastura de *Bracharia Humidicola* solo o asociado con la leguminosa *Arachis Pintoi*. Generalmente las respuestas son mayores en vacas con mayor potencial genético (mayor 50 % sangre de razas lecheras) que en vacas con bajo potencial.

5.4. CALIDAD DE LA LECHE

La mejor producción de grasa se registró en el tratamiento dos con un promedio de 1,51 %; mientras que el tratamiento tres (20 % PCB) presentó un mayor porcentaje

de proteína de 2,91 %. Manual Agropecuario (2010) afirma las vacas Bos Taurus presentan 3,90 % de grasa, y la proteína se encuentra 3,47 % dependiendo del manejo y de la calidad del pasto.

Estos resultados son inferiores a lo reportado por Judkins, y Keener (1975) la leche obtenida mantuvo un grado de calidad excelente, con un contenido de grasa estable de 3,1 %.

Manual del Ganadero Actual (2004) menciona la leche es de buena calidad entre menos porcentaje de agua tenga, y de mala calidad entre más agua tenga. Se debe mejorar los potreros tanto en gramíneas y leguminosas.

Manual Agropecuario (2010) los granos presentan un alto contenido de energía y menor proteína; deben suministrarse con precaución porque un alto contenido de grano disminuye la masticación, los movimientos ruminales y se reduce el contenido de grasa en la leche.

5.5. INCREMENTO DE PESO

Al inicio del trabajo, las vacas presentaron un peso inicial de 505,6 Kg; conforme avanzó el experimento, los animales disminuyeron el peso debido a los siguientes aspectos: temporada de escasas de pasturas, técnica de sincronización de celo, plan de vacunación, desparasitación y prácticas estudiantil; los cuales provocan estrés y disminución de peso

Estos resultados son superiores a los obtenidos por Feria (2002) en bovinos alimentados en pastoreo rotacional intensivo, rotacional continuo, con una ganancia diaria 510, 410 y 20 g/animal/día respectivamente. Mientras Pérez (2001) obtuvo un incremento 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 Briceño (1976) en el engorde de toretes en pastoreo, suplementado una ración de 60 g de urea + pulpa de café, con ganancia media 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 una ganancia diaria de peso de 580; 559; 554 y de 566 g/animal/día para animales suplementados con: Saccharina rustica + caña integral con urea, caña integral con urea, enzima fibriolítica y solo pastoreo respectivamente.

La ganancia 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 la cual se incrementó la disponibilidad de proteína digestible a nivel intestinal, necesario para los procesos anabólicos del animal. La calidad nutricional de los pastos y forrajes varía de acuerdo con la edad del cultivo.

5.6. RENTABILIDAD

EL tratamientos uno alcanzó la mayor rentabilidad con 32,36 %, seguido del tratamiento dos con el 22,21 %, en los otros tratamientos se obtuvo una rentabilidad menor, debido a la temporada de escases de pastizales, por finalizar la tercera etapa de lactancia donde es el máximo pico de producción por esta razón existe una disminución en la producción láctea, técnica de sincronización de celo, plan de vacunación, desparasitación y prácticas estudiantil; los cuales provocan estrés y disminución en la producción.

Los resultados obtenidos son superiores a los reportados por Camacho (2011) en el engorde de toretes con ración 40 % de gramalote y 60 % de ración suplementaria con una rentabilidad de 14,1 %.

6. CONCLUSIONES

En base a los resultados y discusión de cada una de las variables en estudio se llega a las siguientes conclusiones:

- La pulpa de café biofermentada de manera rústica, durante 72 horas y enriquecida con urea, suero de leche, presenta el 21,09 % de materia seca, 29,54 % de proteína cruda y 20,44 % de fibra cruda.
- La pulpa fresca de café mostró un valor nutritivo de proteína cruda de 9,12 % y 16,28 % de fibra cruda.
- El mayor consumo de alimento suplementario en base a MS se registró en el tratamiento tres con un total de 119 Kg, que representa un consumo diario de 1,98 Kg; mientras que el tratamiento uno (testigo) represento menor consumo de 100 Kg en total, es decir una ingesta diaria de 1,67 Kg.
- La mejor producción de grasa se registró en el tratamiento dos con un promedio de 1,51 %; mientras que el tratamiento cuatro presentó un mayor porcentaje de proteína de 2,88 %.
- El peso de los animales disminuyó, por la temporada de escases de pasturas, técnica de sincronización de celo, plan de vacunación, desparasitación y prácticas estudiantil; los cuales provocan estrés.
- Los niveles de rentabilidad obtenidos es los tratamiento uno y dos (32,36 y 22,21 %) son aceptables, mientras que en otros tratamientos se obtiene una rentabilidad inferior.

7. RECOMENDACIONES

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

- Utilizar la pulpa de café biofermentada en raciones con insumos de alta palatabilidad como la caña, taralla de maíz, melaza entre otros, para mejorar los niveles de consumo y la eficiencia en el uso de los forrajes.
- Realizar nuevos trabajos de investigación, orientados a identificar los factores que interfieren el consumo de alimento, calidad de la leche al utilizar la pulpa de café.
- Realizar trabajos con animales de igual número de partos y en las primeras etapas de lactancia, que permita determinar el incremento de peso y la producción láctea.
- Realizar nuevas técnicas de procesamiento de la pulpa fresca de café, que permita aprovechar su valor nutritivo en la alimentación animal.

8. BIBLIOGRAFÍA

Bressani, R. 1978. Subproductos del fruto del café. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP). Guatemala, Guatemala

Calsamiglia, S. et. al., 2009 Necesidades nutricionales para rumiantes de leche. Normas FEDNA. pp. 15 – 30

COFENAC, 2009 Informe técnico. 45 p.

Cordova, 2013. Utilización de la pulpa de café biofermentada como suplemento alimenticio en el engorde de toretes al pastoreo en el cantón Chaguarpamba provincia de Loja. Tesis. Universidad Nacional de Loja – Ecuador.

CHALUPA, W. y SNIFFEN, C.J. 1996. Protein and amino acid nutrition of lactating dairy cattle. in: dairy nutrition management. Vet. Clinics of North America. Food animalPractice, Vol 7 N2: 353-372

Elías, L.G. 1978 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, Guatemala

Enciclopedia Bovina. 2009 Capítulo 1: Alimentación de Bovinos. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM – México. pp. 10 – 13.

INEC – MAG – SICA. 2002 Resultados Nacionales y Provinciales del III Censo Nacional Agropecuario. Ecuador.

López, O. Álvarez, J. 2005 Balance Alimentario. Revista de la Asociación Cubana de Producción Animal (ACPA). pp. 37 – 38.

McDonald, P. et al. 2011 Nutrición Animal. Séptima edición. Editorial Acribia S.A. Saragoza – España. pp. 165 – 187.

National Academy of Sciences. Nutrient Requirements of Beet Cattle: National Academy Press: Washington, (1984).

Morgan, S. F. 2003. “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 Animal. Cuba.

Palladino, A., M Wawrzekiewicz y Bargo, F. 2006 Fisiología digestivo y manejo del alimento. Departamento de Producción Animal, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.

Schimidt, G.H. 1971 Biology of. 1a. Ed. W.H. Freeman and Company San Francisco.

Relling A. y Mattioli G. 2003 Fisiología Digestiva y Metabólica de los Rumiantes" de Editorial EDULP. La Plata – Argentina. Pag. 23 – 39

Van Lier, E. Regueiro, M. 2008 Digestión en retículo – rumen. Curso de anatomía y fisiología animal. Departamento de Producción Animal y Pasturas. Universidad de la República. Montevideo – Uruguay. pp. 6 – 18.

Wattiaux, M. y Terry, W. 2010 Nutrición y alimentación. Departamento de Ciencia de Ganado Lechero. pp. 48 – 50.

Maynard, L.A. y loosli, J.K. Animal Nutrition. 6ª. Ed. MacGraw-Hill Book Company, New York (1976).

Zambrano D. 2004 Contribución al Estudio de los Subproductos Agroindustriales del Trópico Húmedo Ecuatoriano para la Alimentación de Rumiantes". Tesis en opción al grado de Doctor en Ciencias Veterinarias

9. ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza de la producción de leche.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PRODUCCION DE LECHE	16	0,98	0,96	2,74

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	107,87	9	11,99	42,29	0,0001
TRATAMIENTO	40,24	3	13,41	47,33	0,0001
FILA	0,82	3	0,27	0,97	0,4666
COLUMNA	66,81	3	22,27	78,57	<0,0001
Error	1,70	6	0,28		
Total	109,57	15			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,2834 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
30,00	17,76	4	0,27	A
20,00	18,18	4	0,27	A
10,00	19,89	4	0,27	B
0,00	21,78	4	0,27	C

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

Anexo 4. Registro de Peso (kg)

TRATAMIENTO:			
Animales	Peso Inicial	Peso Final	Cambio de peso
1			
2			
3			
4			
Total			
Promedio			

FOTOS DEL TRABAJO DE CAMPO



Foto 1. Recepción de la materia prima y proceso de la biofermentación.



Foto 2. Mezcla de la ración.



Foto 3. Peso del alimento.



Foto 4. Pastoreo de los animales.



Foto 5: Alimentación.



Foto 6: Desperdicios de la ración.



Foto 7: Peso de los animales.



Foto 8: Análisis de la calidad de la leche por tratamiento.