

**EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN CON MELAZA –UREA –  
METIONINA SOBRE EL DESEMPEÑO PRODUCTIVO DE  
NOVILLAS DE REEMPLAZO (*Bos taurus x Bos indicus*)**

**RÓGER BARRANTES RAMÍREZ**

Trabajo Final de Graduación presentado a la Escuela de Agronomía  
como requisito parcial para optar al grado de Licenciatura en Ingeniería en  
Agronomía

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
SEDE REGIONAL SAN CARLOS**

**2008**

**EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN CON MELAZA –UREA –  
METIONINA SOBRE EL DESEMPEÑO PRODUCTIVO DE  
NOVILLAS DE REEMPLAZO (*Bos taurus x Bos indicus*)**

**RÓGER BARRANTES RAMÍREZ**

**Aprobado por los miembros del Tribunal Evaluador:**

Ing. Agr. Milton Villarreal Castro, Ph.D.

\_\_\_\_\_  
Asesor

Ing. Agr. Alberto Camero Rey, M.Sc.

\_\_\_\_\_  
Jurado

Ing Agr. Rafael Molina Sánchez, Dr.C.V

\_\_\_\_\_  
Jurado

Ing. Agr. Fernando Gómez Sánchez, MAE.

\_\_\_\_\_  
Coordinador Trabajos  
Finales de Graduación

Ing. Agr. Arnoldo Gadea Rivas, MS.c.

\_\_\_\_\_  
Director Escuela de Agronomía

**2008**

## **DEDICATORIA**

A mi dios todo poderoso por guiarme en mi camino, me diste la oportunidad de vivir y regalarme una familia maravillosa.

Con todo el cariño del mundo principalmente a mis padres que han estado conmigo en todo momento impulsándome a seguir luchando. Gracias por todo papá y mamá por darme la oportunidad de obtener una carrera y creer en mí, siempre apoyándome y brindándome su amor.

A mis hermanos que son y serán un ejemplo en mi vida, aquí está el fruto de sus consejos y ayuda brindada.

Y por ultimo, al amor de mi vida kimber que la amo con todo mi corazón, gracias por estar conmigo durante todos estos años de estudio siempre apoyándome y consintiéndome.

## **AGRADECIMIENTO**

Al Dr. Milton Villarreal por haber sido un excelente tutor y al empeño mostrado para lograr la elaboración del trabajo.

A los Ingenieros Agrónomos Fernando Gómez como coordinador, Alberto Camero y Rafael Molina como grupo evaluador, por su disponibilidad y aportes brindados.

A la Profesora Eida Solís por su apoyo y consejos brindados incondicionalmente durante mi formación y permanencia en el ITCR.

Al Instituto Tecnológico De Costa Rica por ofrecerme todos sus valiosos recursos.

A los Médicos Veterinarios Carlos Galina, Sandra Estrada, Adrian Guzmán, Martin Maquivar y Jaime Galindo, por su colaboración y aportes ofrecidos.

A mi hermano Ronny Barrantes por brindarme su ayuda justo cuando más lo necesitaba, sin su aporte este trabajo no hubiera sido posible.

A Alejandro Barquero por ayudarme durante todas las vacaciones a aplicar la metodología utilizada en el experimento.

A todos mis compañeros de la generación 2002 por haberme regalado tantos buenos momentos. Y por supuesto a todas y tantas personas que de una o de otra manera influyeron en mi para lograr alcanzar esta meta.

## TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE CUADROS DEL APENDICE.....	IV
LISTA DE FIGURAS.....	V
RESUMEN.....	VI
ABSTRACT.....	VII
1. INTRODUCCIÓN.....	1
<u>1.1 Objetivo general.....</u>	<u>2</u>
<u>1.2 Objetivos específicos.....</u>	<u>2</u>
<u>1.3 Hipótesis Técnica.....</u>	<u>3</u>
2. REVISION DE LITERATURA.....	4
<u>1.4 Generalidades.....</u>	<u>4</u>
<u>1.5 Efecto de la suplementación con urea (nitrógeno no proteico) en rumiantes.</u> <u>.....</u>	<u>5</u>
<u>1.6 Efecto de la suplementación con proteína verdadera (PV) en rumiantes.....</u>	<u>8</u>
<u>1.7 Efecto de la suplementación sobre el consumo de forraje y la digestibilidad</u> <u>en rumiantes.....</u>	<u>10</u>
<u>1.8 Efecto de la suplementación con metionina en rumiantes.....</u>	<u>12</u>
<u>1.9 Marcadores externos e internos de Materia Seca (MS).....</u>	<u>20</u>
<u>1.10 Condición corporal.....</u>	<u>21</u>
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
<u>1.11 Localización.....</u>	<u>23</u>

<b>1.12 Fases Experimentales.....</b>	<b>23</b>
1.12.1 Fase Pre - Experimental (FPE).....	23
1.12.2 Fase Experimental (FE).....	23
1.12.2.1 Fase de Adaptación (FA).....	23
1.12.2.2 Fase de Medición (FM).....	24
<b>1.13 Unidades experimentales.....</b>	<b>24</b>
<b>1.14 Variables a evaluar.....</b>	<b>26</b>
1.14.1 Ganancia Diaria de Peso (GDP).....	26
1.14.2 Condición Corporal (CC).....	26
1.14.3 Capa dorsal de grasa lumbar (CDG).....	26
1.14.4 Estimación del consumo y calidad del forraje.....	26
<b>1.15 Análisis Estadístico.....</b>	<b>30</b>
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSION.....</b>	<b>31</b>
<b>1.16 Parámetros productivos.....</b>	<b>31</b>
1.16.1 Ganancia de peso diario (GPD).....	31
1.16.2 Capa de grasa dorsal (CGD).....	32
1.16.3 Condición corporal (CC) .....	33
<b>1.17 Consumo y Digestibilidad.....</b>	<b>34</b>
1.17.1 Consumo de Forraje.....	34
1.17.2 Digestibilidad del Forraje.....	36
1.17.3 Consumo total de materia seca .....	36
<b>5. CONCLUSIONES.....</b>	<b>37</b>
<b>6. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>38</b>
<b>7. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>39</b>
<b>8. ANEXOS.....</b>	<b>53</b>

## LISTA DE CUADROS

<b>Cuadro</b>	<b>Título</b>	<b>Página</b>
1.	Variación en la concentración de proteína de los forrajes, según efecto de la etapa fenológica y ambiente.....	12
2.	Efectos de la administración de metionina, sobre variables metabólicas de los bovinos.....	16
3.	Composición de origen racial de las novillas de reemplazo.....	24
4.	Efecto de la suplementación melaza-urea y metionina protegida sobre la ganancia de peso, grasa dorsal y condición corporal, en novillas de reemplazo.....	32
5.	Valores de TND, PC Y PRD aportados por la dieta de forraje, melaza y urea ofrecida a las novillas de reemplazo.....	35
6.	Efecto de la suplementación melaza-urea y metionina protegida sobre el consumo y digestibilidad en novillas de reemplazo.....	36

## LISTA DE CUADROS DEL APENDICE

<b>Cuadro</b>	<b>Título</b>	<b>Página</b>
<b>A1.</b>	Valor de la probabilidad (P) para el efecto del tratamiento sobre las variables evaluadas.....	53
<b>A2.</b>	Edades de novillas de los distintos tratamientos GS (grupo suplementado) y GNS (Grupo no suplementado).....	53
<b>A3.</b>	Peso (kg) promedio inicial y final de novillas de los distintos tratamientos GS (grupo suplementado) y GNS (Grupo no suplementado).....	54
<b>A4.</b>	Composición de origen racial de las novillas de ambos tratamientos, grupo suplementado y grupo no suplementado.....	54
<b>A5.</b>	Porcentaje (%) de recuperación de las cenizas acido insolubles (marcador interno) cuantificado para las novillas del grupo suplementado.....	54

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Título</b>	<b>Página</b>
1.	Efecto de la calidad del forraje y la adición de un suplemento proteínico, sobre la variable de ganancia de peso vivo.....	11
2.	Ganancia de peso de los novillos con y sin adición de metionina (0 a 6 g/animal/día).....	19

## RESUMEN

El experimento fue desarrollado para comparar los efectos de la suplementación energético-proteica sobre variables productivas, (ganancia de peso, grosor de capa dorsal de grasa y condición corporal) y sobre la digestibilidad y consumo de forraje en novillas de reemplazo en el trópico húmedo. La aplicación de la suplementación se dio durante la fase experimental la cual tuvo una duración de 8,5 semanas, las novillas fueron evaluadas cada 15 días en donde se determinó el peso vivo, condición corporal y espesor de la capa de grasa dorsal. Para determinar el peso vivo se realizaron pesas individuales, la condición corporal fue evaluada por una sola persona y utilizando la escala de 1 a 5, el espesor de la grasa dorsal fue medido con un equipo de ultrasonografía (Aloka 550) y una sonda sectorial de 7.5 MHz. Por otro lado las variables asociadas al consumo de materia se determinarán principalmente mediante el uso de marcadores internos (CIA) y externos ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ). Las novillas fueron alimentadas con urea y melaza en proporciones de 40 g y 2 kg respectivamente, más la adición de metionina (MEPRON M-85, DEGUSSA, Mexico) la cual se proporcionó durante 31 días en dosis de 10 g, administrada por medio de bolos intraruminales. Los animales fueron mantenidos en pastoreo rotacional.

La suplementación no representó efectos beneficiosos sobre parámetros productivos de las novillas, por otro lado, la suplementación disminuyó los valores de consumo de materia seca de forraje aunque el consumo de materia seca total no se afectó. De igual modo, la digestibilidad de forraje no fue afectada por los tratamientos. La suplementación melaza-urea suministrada fue insuficiente para promover una mayor síntesis de proteína microbial y con ello mayor digestibilidad del forraje, mayor consumo y mejor desempeño productivo de los animales. Esto pudo deberse en parte al bajo nivel de urea suministrado. Bajo las condiciones de la alimentación basal ofrecida a los animales y el aporte de nitrógeno a nivel ruminal representado por la suplementación con urea, el uso de metionina como fuente de proteína sobrepasante no ejerció ningún efecto positivo en las variables productivas como consecuencia de un aporte extra de proteína metabolizable.

Palabras clave: metionina, suplementación, melaza-urea, proteína.

## ABSTRACT

The experiment was developed to compare the effects of the energetic-proteic supplementation over productive variables, (weight gain, thickness of dorsal layer and corporal conditions) and about digestibility and grass consumption for replacement heifers at the humid tropic. The supplementation was applied during the experimental fase, which lasted 8.5 weeks; the heifers were evaluated every 15 days for live weight, corporal condition and thickness of the dorsal layer. To determine the live weight the animals were weighted individually, the corporal condition was evaluated by only one person and using a scale from 1 to 5, the thickness of dorsal layer was measured with an ultrasonograph equipment (Aloka 550) and a sectorial probe of 7.5 MHz. The variables associated with matter consumption were determined mainly by the use of internal markers (CIA) and external ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ). The heifers were fed with urea and treacle in proportions of 40 g and 2 kg, respectively; adding the metionine (MEPRON M-85, DEGUSSA, México) which was provided for 31 days at a dosis of 10 g, administered by intraruminal balls. The animals were maintained in a rotational pasturing.

The supplementation did not represent beneficial effects over the productive parameters of the heifers; on the other hand, the supplementation decreased the values of consumption of dry matter of forage even though the total dry matter consumption was not affected. Likewise, the digestibility of forage was not affected by the treatments. The supplementation of urea-treacle was administered was deficient to promote a greater microbial protein synthesis and with that a greater forage digestibility, greater consumption and better productive performance of the animals. This may have been in part to the low level of urea administered. Under the feeding conditions offered to the animals and the input of nitrogen to a ruminal level represented by the urea supplementation, the use of metionine as a source of overpassing protein did not exercise any positive effect to the productive variables as consequence of an extra input of metabolized protein.

Key words: metionine, administration, urea-treacle, protein.



## 1. INTRODUCCIÓN

La suplementación de rumiantes es una alternativa de alimentación de mucho valor para la ganadería tropical, esta permite suministrar a los animales nutrientes indispensables para un buen desarrollo y mejorar su comportamiento productivo en los momentos más necesarios o de escasez.

Las condiciones del trópico no son favorables para la producción de forrajes de alta calidad y aunado a la irregularidad climática, la alimentación basada únicamente en forrajes no se presenta como la mejor opción para el desarrollo de la ganadería tropical.

El uso de suplementos en la ganadería tropical como pueden ser los compuestos a base nitrógeno no proteico como la urea, la cual requiere de un suministro conjunto de carbohidratos fácilmente fermentables como la melaza para un mejor aprovechamiento del nitrógeno por parte de los microorganismos fermentativos del rumen, que finalmente se convertirá en proteína asimilable por el animal, y además el uso de proteína de sobrepaso como el suministro de aminoácidos (metionina) protegidos el cual indican (Froidmont *et al.*, 2002 y Lalman *et al.*, 1993 ) que tanto la metionina como la lisina son limitantes para el crecimiento de ganado de carne tanto de novillas como de toretes.

Es por tanto que en el trópico las condiciones para el desarrollo de forrajes de calidad con un buen contenido de nitrógeno se dificultan y se propone que a través de suplementar con una fuente de carbohidratos como lo es la melaza, en adición con una fuente de nitrógeno no proteico como lo es la urea y el suministro adicional de metionina sobrepasante en la mezcla se busca generar información respaldada científicamente sobre el efecto de este tipo de suplementación sobre novillas de reemplazo en ganado de carne.

## **1.1 Objetivo general**

Evaluar el efecto de la suplementación con melaza – urea, más la adición de metionina protegida ruminalmente, sobre parámetros productivos en novillas de reemplazo.

## **1.2 Objetivos específicos**

- Indicadores productivos
  - 1) Evaluar variaciones en la ganancia diaria de peso (GDP).
  - 2) Estimar diferencias entre la capa dorsal de grasa (CDG).
  - 3) Evaluar cambios en la condición corporal (CC) de las novillas.
  
- Indicadores asociados con el forraje
  - 1) Cuántificar el efecto de la suplementación sobre la digestibilidad del forraje.
  - 2) Determinar el efecto de la suplementación sobre el consumo de forraje.
  - 3) Utilizar un marcador externo (óxido de cromo) y un marcador interno (cenizas insolubles en ácido) en la estimación de producción de heces, consumo y digestibilidad.

### **1.3 Hipótesis Técnica**

La presente investigación establece como hipótesis que el consumo de la mezcla, melaza – urea – metionina, modificará los parámetros productivos, ganancia diaria de peso, capa dorsal de grasa, condición corporal; al mismo tiempo variará indicadores relacionados con el consumo, digestibilidad del forraje y consumo total de materia seca.

## 2. REVISION DE LITERATURA

### 1.4 Generalidades

Ørskov (1999), referido por Maquivar (2003) menciona que para la implementación de un programa de suplementación hay que tener en cuenta diversos factores, entre los cuales encontramos que algunos suplementos interfieren con la digestión basal del forraje, es decir que las bacterias ruminales celulolíticas funcionan a un nivel de pH superior a 6.2, sin embargo algunos suplementos causan un descenso en el nivel de PH ruminal, por lo que el crecimiento y actividad de las bacterias celulolíticas y los protozoarios se ven afectados. Se debe tener en cuenta que los suplementos pueden afectar la utilización y el consumo del forraje, debido al proceso de manufacturado del suplemento, manejo de la suplementación, frecuencia de alimentación, al tipo y cantidad del mismo. Por otra parte el uso de suplementos está enfocado a proveer aquellos nutrientes que el forraje no está satisfaciendo, incrementar el consumo y la digestión del alimento. Otro factor de importancia a tomar en cuenta es que los suplementos deben proporcionar fibra fácilmente digestible, que permita incrementar la tasa de digestión y el consumo del forraje y además, propiciar el aumento en la producción de proteína de origen microbiano, así como proveer una fuente de proteína no degradable y una fuente de energía para el animal.

Grummer (1995), mencionado por González y Koenekamp (2006) el hígado, órgano central del metabolismo, es el responsable de captar las necesidades metabólicas de todos los tejidos corporales y responder ajustándose a cada una de ellas, por lo que juega un papel clave en la coordinación del flujo de nutrientes.

Además las células hepáticas utilizan los ácidos grasos para su propio gasto energético mediante oxidación mitocondrial o para exportarlos como lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL) hacia el resto de los tejidos con los mismos fines. Muchos nutrientes (metionina, colina, ácido fólico, biotina, carnitina) han sido identificados como potenciales limitantes para la utilización de los ácidos grasos en el hígado, ya sea a nivel de la oxidación mitocondrial o en la síntesis de la molécula VLDL (Grummer, 1993; Bauchart *et al.*, 1996; Drackley *et al.*, 2001).

### **1.5 Efecto de la suplementación con urea (nitrógeno no proteico) en rumiantes.**

Para asegurar un nivel de amoníaco suficiente en el rumen, se requiere una fuente de nitrógeno adecuada, en cantidad suficiente y rápidamente degradable. Al respecto Álvarez *et al.* (1983), indica que la urea asegura un nivel de amoníaco ruminal adecuado, generalmente superior a 150 mg/litro de líquido ruminal, además muestra una liberación sincronizada con la degradación rápida de los carbohidratos solubles, sin embargo debe haber una fuente de N de degradación lenta, que se sincronice con la degradación lenta de la fibra.

Stritzler *et al.* (1983), agrega que el papel del nitrógeno como regulador del consumo voluntario también se presenta cuando los animales son alimentados con forrajes de baja calidad (con 50 % ó menos de digestibilidad). En estas dietas el déficit de nitrógeno en el rumen puede actuar como factor limitante del consumo de energía porque deprime la digestión de la celulosa. Por otra parte, el consumo de estos forrajes está determinado por la tasa de pasaje en el rumen, la cual disminuye debido a la menor actividad bacteriana. La respuesta animal a un aumento en la provisión proteica, generalmente conduce a un aumento en el consumo voluntario, al incrementarse las tasas de digestión y de pasaje del alimento.

Estudios de Álvarez y Preston (1976) mencionan que la adición de 1% de urea en la dieta de los rumiantes, aporta 3 g de nitrógeno degradable a nivel ruminal por cada 100 g de material orgánico fermentado en el rumen.

Al respecto Losada *et al.* (1997), utilizando 8 ovinos machos con un peso promedio de 40 kg, fistulados, probaron los siguientes tratamientos:

- Tratamiento 1: libre acceso a melaza/urea (2.5% urea).
- Tratamiento 2: melaza/urea y harina de yuca (150 g/animal/día).
- Tratamiento 3: melaza/urea, con acceso restringido al forraje (1.5 kg/100 kg PV).
- Tratamiento 4: melaza/urea, harina de yuca y forraje restringido.

El forraje utilizado (*Pennisetum purpureum*) se consideró de pobre calidad (MS= 44%, N=0.60% base seca, Fibra Cruda= 33.1 base seca). El consumo diario de melaza/urea en los tratamientos que incluyeron fuente de forraje fue de 0.615 y 0.562 kg/animal para los tratamientos 3 y 4, en contraste con 0.427 y 0.330 kg/animal que presentaron los tratamientos 1 y 2, esto refleja los valores del total de materia seca consumida: 0.427, 0.452, 0.945 y 1 kg /animal/ día (P= 0.001), para los tratamientos 1,2,3 y 4 respectivamente; el consumo de melaza/urea fue mayor en animales que recibieron una cantidad de forraje restringido en comparación con los tratamientos que se abstuvieron de forraje. El total de MS consumida mostró la misma tendencia que el consumo de melaza/urea reportada (P= 0.001). El consumo de nitrógeno fue mayor para los animales que recibieron forraje, en respuesta al mayor consumo de materia seca.

Además Ku (1984) citado por Becerra y David (1991) indica que la utilización de melaza y urea es fundamental en la eficiencia del metabolismo y propone que el requerimiento de nitrógeno (N) en relación al suministro de energía disponible está determinado por la etapa de crecimiento y el estado fisiológico del animal, es decir, el forraje puede contener suficiente N dependiendo de la actividad productiva, fenología y fisiología de los animales. Según Preston y Leng (1986), la suplementación nitrogenada en bovinos alimentados con forrajes de alto contenido de fibra, debe promover el aumento de la fermentación del sustrato basal, incrementar la tasa de flujo de la digesta y propiciar mayor disponibilidad de nutrientes. Las fuentes de nitrógeno rápidamente fermentables, así como las de tasa de liberación más lenta, parecerían ser los principales componentes dietéticos que mejoran la eficiencia del sistema digestivo bovino (Kempton *et al.*, 1977). Apreciaciones de Minson

*et al.* (1993), indican al utilizar forrajes que contienen menos de 7% de proteína cruda (< 1.12% de N), se obtienen respuestas positivas en el consumo cuando se suplementa con fuentes de nitrógeno fermentable. Carnevali *et al.* (2003), no encontró respuesta en animales bajo tratamientos de: melaza (4 kg melaza/animal/día) y melaza + urea (4 kg melaza /animal/día + 150 g urea). Su explicación fue que al utilizar forrajes de alta calidad, la proteína en los pastos era suficiente (mayor al 10% PC) para mantener un ritmo satisfactorio de aumento de peso. Es probable que con la adición de urea y melaza, se afectó el consumo y que sólo ocurrió una compensación de nutrientes. Se ha demostrado que, bajo condiciones de una nutrición proteica óptima, la sustitución de una parte de ésta por urea puede ocasionar una disminución del consumo, al igual que la adición de melaza (Altona *et al.*, 1960; Coombe y Tribe, 1963). Además, Carnevali *et al.* (2003), cuantificó la producción de gas *in vitro*, en donde fue mayor en aquellos animales que consumían urea (6,44 ml gas/g/min), obteniéndose diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre éste tratamiento y solamente melaza (3,38 ml gas/g/min).

Algunos investigadores señalados por Poppi y McLennan (1995), anotan que suministrando energía en el rumen puede ser una manera eficaz para entregar proteína extra al animal, ó utilizando nitrógeno no proteico complementado con energía para producir proteína microbiana (Doyle, 1987).

Cuando la urea ingresa en el rumen, rápidamente se hidroliza formando amoníaco por acción de la ureasa bacteriana. Luego las bacterias pueden utilizar el amoníaco para la síntesis de los aminoácidos necesarios para su crecimiento. La síntesis de la proteína dentro del rumen, que llevan a cabo los microorganismos, se encuentra asociada a la actividad de esos mismos microorganismos en el desdoblamiento de la celulosa, carbohidratos y en la formación de ácidos orgánicos como productos secundarios del proceso de fermentación; el exceso de amoníaco que la microflora del rumen no puede aprovechar para elaborar proteína, pasa a la sangre a través de las paredes del rumen (Álvarez *et al.*, 1983).

Phelps (1990) sustenta el párrafo anterior, mencionando que a nivel de rumen, la proteína degradable y el nitrógeno no proteico (NNP) de la ración son descompuestos por las bacterias para producir amoníaco. Cuando existe una cantidad adecuada de ciertas formas de carbohidratos, la microflora utiliza este

amoníaco para aumentar su población y así producir más proteína microbiana. Después de cierto tiempo en el sistema digestivo, estos microorganismos y otros fragmentos de alimentos parcialmente digeridos, pasan al abomaso (cuarto estómago), donde son acidificados. Al desplazarse por el sistema digestivo, esta mezcla de proteína bacteriana y proteína dietética residual es digerida y pasa a la corriente sanguínea en forma de aminoácidos disponibles.

### **1.6 Efecto de la suplementación con proteína verdadera (PV) en rumiantes.**

La suplementación con proteína no degradable puede ser necesaria para vacas lecheras de alta producción en pastoreo, porque la dieta basal de pasto tiene un nivel de degradación ruminal mayor al 70% (Bargo *et al.*, 2003). En la alimentación basada en forrajes, alrededor de las dos terceras partes de la proteína que llega al intestino delgado ha sido producida por la síntesis ruminal (Álvarez *et al.*, 1983).

Aranda *et al.* (2001), citado por Maquivar (2003) suplementaron 32 novillas con caña de azúcar (con y sin urea) adicionando a la vez un suplemento proteico a razón de 0,3% del peso vivo. Estos autores observaron que los animales alimentados con el suplemento proteico presentaron las mayores ganancias diarias de peso comparados con los otros tratamientos (grupo testigo, caña de azúcar sin urea y caña de azúcar con urea).

Blum *et al.* (1999), hace referencia a varios investigadores para fundamentar que la proteína cruda en la dieta de las vacas lecheras es necesaria para el crecimiento microbial en el rumen, produciendo proteína microbial destinada para cubrir los requerimientos somáticos de los rumiantes. Nocek y Russell (1988) mencionan que favoreciendo la síntesis microbiana por medio de la suplementación proteica, se incrementa la digestibilidad, la tasa de pasaje y el consumo de materia seca (MS); de esta forma se generan mayores cantidades de productos disponibles (proteína bacteriana y ácidos grasos volátiles) de la fermentación ruminal, por unidad de materia seca consumida y por unidad de tiempo.

Recientemente se han hecho esfuerzos para incrementar las cantidades de aminoácidos, además mejorar la composición y la absorción de éstos por el

intestino delgado en vacas de lechería de alto rendimiento, para aumentar el rendimiento de leche, para incrementar la eficiencia de la utilización de la proteína, reducir la excreción de nitrógeno y reducir la deficiencia de proteína en lactación temprana (Clark *et al.*, 1992; Jochmann *et al.*, 1996; Rulquin *et al.*, 1993; Xu *et al.*, 1998).

Hennesy (1982), menciona que las proteínas verdaderas que son degradadas lentamente en el rumen, proveen aminoácidos y péptidos para el crecimiento microbiano, además de ser sobrepasantes para su utilización en el intestino delgado. Al respecto Bargo *et al.* (2003), menciona que la suplementación con proteína incrementó la digestibilidad de la materia orgánica, la fibra neutro detergente, y el consumo de nitrógeno.

Smith *et al.* (1980), encontraron que utilizando dietas con alto porcentaje de fibra se puede lograr mejorar la producción animal al suplementar con proteína sobrepasante. Sin embargo, las mejores respuestas atribuidas a la proteína no degradable en rumen podrían deberse en parte a que a pesar de la mayor proporción de proteína pasante en la dieta, se alcanzó un nivel de amonio ruminal adecuado para el crecimiento microbiano.

Investigaciones simultáneas realizadas por Komaragiri y Erdman (1997), variando las proporciones de proteína degradable (PD) y proteína no degradable (PND) y controlando la fermentación del material orgánico; mostraron que la materia orgánica fermentada en el rumen es un factor primario en la síntesis de proteína microbiana. El incremento de la PND en la dieta y un decrecimiento en la materia seca fermentable puede enmascarar el efecto de la adición de PND, de manera que la respuesta a la producción de leche con dietas que contienen PND puede dar respuestas no consistentes.

Al utilizar fuentes de PND hay que asegurar un buen nivel de PM a nivel ruminal de tal manera Burroughs (1974) propuso una eficiencia del 13 % del TND ingeridos para la síntesis de PM (13 g de PM por cada 100 g de TND). Este valor es una buena generalización, pero no contempla todas las situaciones. En raciones con muy alta ó baja digestibilidad, por diferentes razones, la eficiencia es menor.

Es necesario tener presente que para expresar el potencial de síntesis de proteína láctea debe maximizarse la producción de proteína bacteriana, lo que

obviamente representa un menor costo que aumentar la fracción de proteína no degradable en la ración. La síntesis de proteína microbiana está en función del aporte de energía a las bacterias, por lo que es posible optimizar la síntesis de proteína láctea por la vía de aumentar el aporte de carbohidratos solubles y la fracción de proteína degradable a las bacterias ruminales (Gonzales, 2002).

La cantidad y calidad de aminoácidos que alcanzan el intestino delgado son el resultado de la síntesis de la proteína microbiana y la magnitud del escape a la degradación ruminal. Los microorganismos pueden convertir fuentes de nitrógeno de baja calidad en proteína microbiana (Carl *et al.*, 1991).

### **1.7 Efecto de la suplementación sobre el consumo de forraje y la digestibilidad en rumiantes.**

Se han descrito tres factores que afectan el consumo de materia seca de las vacas en pastoreo: 1) requerimientos de nutrientes por parte de la vaca; 2) “saciedad física” o factores asociados con la distensión del tubo digestivo; 3) limitaciones para el potencial de la pastura (Hodgson y Brookes, 1999).

Estimando el valor nutritivo de las gramíneas forrajeras del trópico húmedo de Costa Rica; Sánchez y Quesada (1998), determinaron que el contenido de materia seca presentó los menores valores ( $P < 0.05$ ) durante la época lluviosa, de manera que la humedad ambiental es un factor que afecta la tasa de crecimiento del forraje (Fitzpatrick y Nix, 1970).

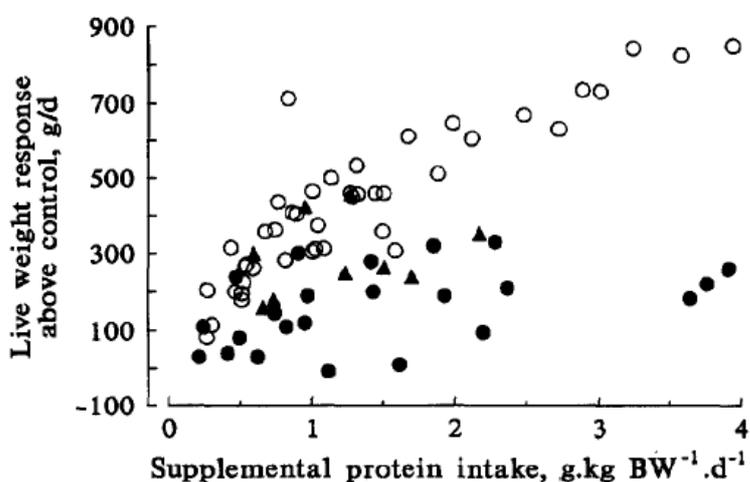
Cuando se proveen suplementos energéticos a los animales en pastoreo generalmente ocurre una disminución en el consumo de pasto, aunque es factible que a la vez ocurra un incremento en el consumo de materia seca total (Ruiz y Pezo, 1982).

Losada *et al.* (1997), mencionan que adicionando forraje a la dieta, el consumo de melaza/urea incrementó en un 36% ( $P = 0.01$ ), y el total de materia seca en un 118%; esto es explicado por Benavides y Preston (1971), es posible sugerir que cuando el animal rumiante tiene acceso libre a la mezcla de melaza con urea (2.5%), la presencia de una fuente de fibra representa un importante factor en el control primario de consumo voluntario, iniciado a través de los movimientos del rumen-retículo, inducido por el forraje y regulado por el efecto

del incremento en la presión osmótica causado por la fermentación de los compuestos solubles.

En un trabajo en el que se suplementaron nueve novillas de carne, con un peso promedio de 527 kg y a las que se les suministró aleatoriamente heno de baja calidad, harina de semilla de algodón, con y sin la aplicación de 11.4 g de metionina, se obtuvo que la proporción de desaparición de la materia seca y la fibra neutro detergente, los ácidos grasos volátiles, la concentración de amonio a nivel ruminal, y el pH no fueron alterados por la aplicación de la metionina (McCracken *et al.*, 1993). Cuando un forraje alto en PC (leguminosa) presenta una baja digestibilidad, se mostrará un incremento del contenido de PC de la dieta, pero puede no darse un incremento de la proteína intestinal, porque dicho forraje no provee la energía suficiente para que los microorganismos utilicen la proteína degradable (Mbongo *et al.*, 1994).

En una comparación experimental Mbongo *et al.* (1994), evaluó el efecto de la variación de forraje basal en donde se utilizaron tres categorías bien definidas: forraje de baja calidad (○, digestibilidad < 0.55), forraje de media a alta calidad (● digestibilidad > 0.60) y ensilaje (△); más la adición de un suplemento proteico (de alto % PC) a 0, 1, 2,3 y 4 g/kg PV/día.



Fuente: Mbongo *et al.* (1994).

Figura 1. Efecto de la calidad del forraje y la adición de un suplemento proteínico, sobre la variable de ganancia de peso vivo.

Las ganancias de peso vivo en promedio con respecto a los tratamientos proteicos fue de: 292 g/d para el ensilaje y 160 g/d para forraje de media - alta

calidad, por último, para forraje de baja calidad mostró 561 g/d, demostrando que mediante la suplementación proteica y la adición de un forraje con una digestibilidad menor al 55%, se provee la energía suficiente para que los microorganismos utilicen la proteína degradable, y los rumiantes muestren una mejor respuesta a la ganancia diaria de peso.

Vargas y Fonseca (1989), en su estudio realizado en el trópico húmedo de Costa Rica, específicamente en el cantón de San Carlos, determinaron los contenidos de proteína de los forrajes (en base seca) en diversas circunstancias ambientales y fenológicas.

Cuadro 1. Variación en la concentración de proteína de los forrajes, según efecto de la etapa fenológica y ambiente.

Tipo muestreo		n	Proteína (%)	
Generalizado	Aleatorizado	566	11,87	
Efecto de época	Lluviosa	245	12,01	
	Seca	321	11,77	
Efecto de la edad	Tierno	366	11,96	
	Maduro	198	11,68	
Efecto de época/edad	Lluviosa	Tierno	130	12,47
		Maduro	115	11,49
	Seca	Tierno	236	11,69
		Maduro	83	11,95

Fuente: Vargas y Fonseca 1989.

Se denota que los forrajes no muestran cambios fuertes por efecto de la época del año o la edad de los pastos, lo cual, probablemente, se deba a la presencia de humedad durante todo el año. Asimismo Pearson e Ison (1987) agrega que la composición de los aminoácidos de las proteínas no varía grandemente en función de las especies, el estado de madurez de la planta o la fertilidad del suelo.

### 1.8 Efecto de la suplementación con metionina en rumiantes.

La metionina es un aminoácido esencial que ha sido suministrado en forma tal que no sea degradado a nivel ruminal para que sea disponible a nivel de intestino delgado. Al respecto, Overton *et al.* (1998), evaluó el efecto de la

suplementación con proteína y carbohidratos en presencia de metionina protegida; sus resultados indican que con el uso de la metionina se incrementa la proteína en la leche. En adición, Schwab *et al.* (1992), mencionan que probablemente la metionina y lisina sean aminoácidos co – limitantes, la lisina es el principal limitante durante la lactancia temprana, mientras que la metionina es el segundo aminoácido limitante durante el pico de lactación. Rulquin *et al.* (1993), con base en el análisis de 57 experimentos usando 164 dietas, determinaron que el uso de la metionina y la lisina juegan un papel importante para incrementar la producción láctea y el valor de proteína de la leche (especialmente caseína) y la grasa de la leche, al ser considerados los aminoácidos más limitantes; asimismo Rulquin y Delaby (1997 a), mencionan que con dietas altas en energía y con la utilización de metionina protegida se puede incrementar la síntesis de proteína de la leche así como la producción. El animal depende de la cantidad y tipo de aminoácidos absorbidos por el intestino delgado para proveer cantidades necesarias de aminoácidos a los tejidos.

El mayor efecto de la metionina protegida ruminalmente en vacas de lechería es el incremento en la concentración y rendimiento de la proteína en la leche (Guinard y Rulquin, 1995; Jurjanz *et al.*, 1996; Armentano *et al.*, 1997; Chilliard y Doreau, 1997; Pacheco-Ríos *et al.*, 1997; Rulquin y Delaby, 1997b; Krober *et al.*, 2000; Kowalski *et al.*, 2003; Leonardi *et al.*, 2003; Misciattelli *et al.*, 2003; Nofstger y St-Pierre, 2003). Animales alimentados con dietas que contenían 44 % de sorgo ensilado, 44 % de maíz y 12% de suplemento, en adición con 2.9 g/d de metionina, más el aporte de harina de carne y hueso promovieron una ganancia diaria de 130 g/d adicionales, en comparación con la aplicación de una dieta sin metionina (Klemesrud *et al.*, 2000).

Wu *et al.* (1997), trabajaron con 24 vacas Holstein que fueron alimentadas con dietas que contenían 34 y 41% de proteína no degradable (PND) durante 30 días pre-parto; cada grupo fue alimentado con una dieta basal (14% PC) y suplementado con o sin metionina (10.6 g/d) y lisina (15.2 g/d) por 75 días en la subsiguiente lactación (adicionando un incremento neto de metionina de 5.1% y de lisina de 15.3% de aminoácido esencial absorbible). La suplementación con metionina y lisina mostró un incremento en producción de leche en vacas

previamente alimentadas con 34 % PND, pero la producción antes y después de la alimentación con AA fue similar para vacas previamente suplementadas con 41 % PND. El contenido de proteína en la leche presentó un incremento de 2.83 a 2.96 %, para vacas previamente alimentadas con dieta alta en PND. El rendimiento de la proteína de la leche registró un incremento de 1.13 a 1.21 kg/d cuando se alimentó con metionina y lisina. Datos sobre la concentración de AA en plasma y extracciones de AA de la glándula mamaria sugiere que la suplementación con metionina y lisina corrigió la limitación existente de metionina, lo cual fue consistente con los resultados de Socha *et al.*, (1994).

Al respecto Blum *et al.* (1999), cita a algunos autores donde sintetiza que la administración de metionina ha demostrado incrementar el rendimiento y cantidad de grasa, proteína de la leche (especialmente caseína); cuando la metionina en la dieta basal es insuficiente. La PND hace solo una pequeña contribución al suministro de proteína duodenal (Armentano *et al.*, 1997; Fisher *et al.*, 1997; Guinard y Rulquin, 1995; Rulquin y Verite, 1993).

A nivel hepático la metionina promueve una mayor síntesis de proteína y de donadores de grupos metilos, incrementar la eficiencia gluconeogénica, y efectuar la regulación del metabolismo de lípidos (Dormond *et al.*, 1990). En el músculo actúa como fuente de energía y mejora la síntesis de proteína (Mate, 1985); por último, a nivel ruminal estimula el crecimiento microbiano (Patton *et al.*, 1970; Lundquist *et al.*, 1985) aumentando la digestión de la celulosa e incrementando la síntesis de ácidos grasos (Mate, 1985).

En investigaciones nutricionales aplicadas a vacas doble propósito en la provincia de Guanacaste, Costa Rica, se mostró que los pesos vivos no presentaron diferencias estadísticamente significativas ante diferentes dosis de DL-metionina (0, 15 y 30 g/d/animal), sin embargo, se notó un aumento de peso vivo en las vacas suplementadas durante 9 semanas con 15 y 30 g de DL-metionina de 6,62 y 14,17 kg respecto al promedio del grupo control (Dormond *et al.*, 1990).

La información publicada por Galyean (1996), sugiere que los incrementos en el comportamiento productivo de bovinos son más consistentes cuando la proteína cruda suplementaria es aportada por fuentes ruminalmente degradables vs no degradables; además observó que la mayoría de las investigaciones realizadas en universidades de Estados Unidos de

Norteamérica sugieren máximos beneficios en el comportamiento animal cuando las fuentes de proteína suplementaria son extensivamente degradadas en el rumen contra fuentes de PNDR. Zinn y Owens (1993) al adicionar 2, 4 y 6 % de PNDR a una dieta base para crecimiento de becerros, observaron que únicamente el nivel bajo (2 %) incrementó la ganancia diaria de peso.

La deposición de proteína depende de la eficiencia del uso de la proteína absorbida, lo cual depende de la disponibilidad de proteína y energía en el sustrato y la limitación de aminoácidos esenciales (Mbongo *et al.*, 1994).

Socha *et al.* (2005), alimentando vacas al inicio de la lactación con dietas basadas en maíz, mostró la sensibilidad al aumento intestinal de lisina y metionina; la respuesta dependió de la concentración de PC de la dieta, el suministro de proteína metabolizable y la digestibilidad intestinal de la fracción no degradable del suplemento proteico. Así, alimentando vacas de lechería con una dieta a 18.5% PC, más la adición de Metionina (10.5 g/d) se aumentó el contenido de proteína de la leche en 0.21 unidades porcentuales, mientras que Metionina + Lisina (10.2 y 16 g/d, respectivamente) mostró un incremento de 0.14 unidades porcentuales. Con respecto al contenido de grasa en leche se obtuvo que la suplementación con Metionina (10.5 g/d) incrementó el contenido 0,26 unidades porcentuales.

En vacas Holstein bajo una dieta de cáscara de soya principalmente, complementada con ácidos grasos volátiles en proporciones de 180 g/d acetato, 180 g/d propionato y 45 g/d butirato para el incremento de los microorganismos ruminales, y utilizando como fuente energética 300 g/d de glucosa intra – abomasal más un suplemento de 2 g/d de metionina, se observó que la retención de nitrógeno aumentó en respuesta a la metionina ( $P < 0.05$ ), demostrando una deficiencia de los aminoácidos azufrados; además de una mayor síntesis de proteína y deposición de la misma en comparación con el grupo control (Loest *et al.*, 2002), según se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro 2. Efectos de la administración de metionina, sobre variables metabólicas de los bovinos.

Ítem	Control	Metionina (2 g/d)
Unidades experimentales	5	5
Digestibilidad de dieta (% MS)	73,5	73,3
N retenido g/d	19,7	26,6
Síntesis proteína (g N/d)	88,9	92,8
Eficiencia de deposición proteína (%)	22,5	29,4

Fuente: Loest *et al.* (2002).

Además, la suplementación con metionina (10.5 g/d) y metionina + lisina (10,2 + 16 g/d), ofreciendo una dieta de 18.5 % PC, mostró un incremento en la proteína de la leche en 0.21 y 0.14 (%) respectivamente y la suplementación con solo metionina presentó un incremento en contenido de grasa en 0.26 unidades porcentuales (Loest *et al.*, 2002).

La respuesta a la suplementación con metionina + lisina es mayor cuando los niveles basales de lisina y metionina en PND se encuentra en baja proporción de la dieta, lo contrario sucede cuando PND proporciona una mayor fracción de la proteína metabolizable (Rulquin y Vérite, 1993; NRC, 2001).

Los resultados de Socha *et al.* (2005), indican que no hubo interacción entre aminoácidos con cantidad de proteína cruda sobre la variable de peso corporal de las vacas lecheras cuando se aplicaron diferentes niveles de aminoácidos (AA), Metionina (10.5 g/d), Metionina + Lisina (10.2 y 16 g/d, respectivamente), más dietas basales con 18.5 y 16 % proteína cruda (PC).

Con respecto a la condición corporal (CC), las vacas evaluadas en la semana 1 post – parto establecieron diferencias significativas en el tratamiento con 18.5% PC + 10.2 g/d Met + Lis 16 g/d, donde se obtuvo una calificación de 3.4, lo cual fue menor al grupo control que presentó un 3.6 en la escala; sin embargo el tratamiento con 16% PC + 10.2 g/d Met + Lis 16 g/d mostró 3.6 tendiendo a un aumento en comparación con el respectivo grupo control que presentó un 3.3.

La correcta utilización de los aminoácidos protegidos resulta en un incremento en la producción láctea, incrementa la eficiencia en la utilización de la proteína, reduce la excreción de Nitrógeno (N) y disminuye la deficiencia de proteína durante la primera etapa de lactación (Robinson, 1996). Overton *et al.* (1998), evaluó el efecto de la suplementación con proteína y carbohidratos en presencia de metionina protegida; sus resultados indican que con el uso de la metionina se incrementa la proteína en la leche, en adición, Schwab *et al.* (1992), mencionan que la metionina y lisina son aminoácidos co – limitantes. Con base en el análisis de 57 experimentos usando 164 dietas, se determinó que el uso de la metionina y la lisina juegan un papel importante para incrementar la producción láctea, la grasa de la leche y el valor de la proteína (especialmente caseína), al ser considerados los aminoácidos más limitantes (Rulquin *et al.*, 1993). Asimismo Rulquin y Delaby (1997a), mencionan que con dietas altas en energía y con la utilización de metionina protegida se puede incrementar la síntesis de proteína de la leche así como la producción. El animal depende de la cantidad y tipo de aminoácidos absorbidos por el intestino delgado, para sintetizar la proteína metabolizable a partir de los alimentos; los cuales deben proveer cantidades necesarias de aminoácidos a los tejidos.

Xu *et al.* (1998), experimentado con vacas Holstein y utilizando una dieta basal con ensilaje de forrajes (MS= 40 – 54%), establece los siguientes tratamientos: 1) granos de maíz destilados, 2) harina de sangre, pescado, carne y hueso; 3) ración 1, adicionando 8 y 27 g/d de metionina y lisina respectivamente; 4) ración 1, adicionando 13 y 40 g/d de metionina y lisina.

Sus resultados indican que la suplementación con la ración 3 mostró una respuesta similar y positiva en comparación con la ración 2; es decir las vacas alimentadas con estos tratamientos tuvieron proporciones similares en:

consumo de materia seca, porcentaje y rendimiento de proteína y grasa en la leche. Sin embargo esas respuestas fueron mayores cuando a las vacas se les ofreció la ración 4 la cual contenía casi el doble de dosis de aminoácidos ofrecidos.

Chamberlain y Thomas (1982) indican que cuando se aplicó una infusión intravenosa de 8 g/d de L-Met a vacas lactantes, el contenido total de sólidos y grasa en la leche incrementó, sin embargo el consumo de material seco y rendimiento de la leche no fueron afectados por el tratamiento.

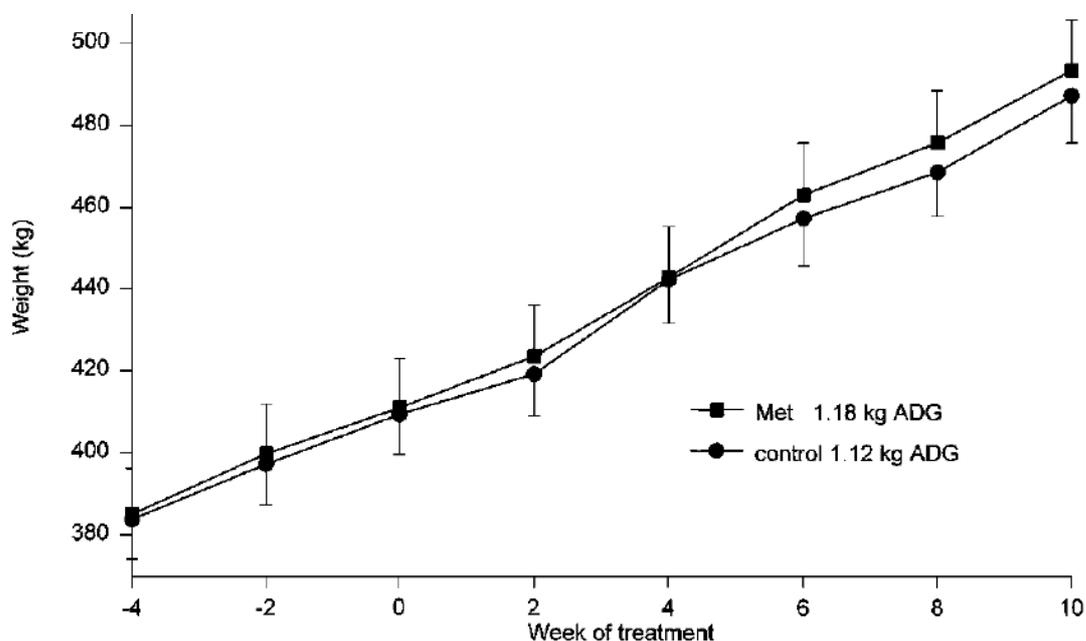
Con respecto a la función de la metionina a nivel fisiológico McCarthy *et al.* (1968), reportó que la metionina podría ser importante para la síntesis de lipoproteínas y como donante de grupos metilo para la síntesis de fosfolípidos, sugiere que el efecto de la post-absorción sobre el metabolismo de los lípidos es posible. Sharma y Erdman (1988) especulan que en los experimentos en los cuales la metionina incrementó la cantidad de leche y grasa, la síntesis de colina a partir de metionina fue parcialmente responsable.

Patton *et al.* (1968), demostró que la síntesis de lípidos por microbios ruminales fue estimulada por la adición de L-Metionina *in vitro*. Estos resultados sugieren que ciertos microorganismos pueden ser beneficiados con un incremento en el suministro de metionina dentro del rumen; de manera que se favorece la fermentación tipo acetato, además de estimular la síntesis de lípidos.

En base a la retención de nitrógeno y de aminoácidos, la metionina es a menudo el primer ó el segundo aminoácido limitante en la dieta del ganado de carne (Richardson y Hatfield, 1978; Merchen y Titgemeyer, 1992), especialmente cuando el perfil del aminoácido disponible al duodeno es estrechamente similar al perfil de la proteína microbial sintetizada en el rumen (Nimrick *et al.*, 1970; Fenderson y Bergen, 1975; Titgemeyer y Merchen, 1990). Esto sugiere que metionina adicional podría ser requerida post-ruminalmente para optimizar el crecimiento, específicamente para un rápido crecimiento (Loerch y Oke, 1989).

Oke *et al.* (1986), alimentaron novillos con ensilaje de maíz y suplemento proteico al 52% (en proporción 21:1, respectivamente); además aportaron nitrógeno en un 80% y conjuntamente adicionaron 6 g de Met /día a un grupo de animales. Los resultados muestran una ganancia diaria de peso vivo de

0.88, sin embargo la ganancia de peso fue similar ( $P = 0.82$ ) en ambos grupos (control y con metionina).



Fuente: Oke *et al.* (1986).

Figura 2. Ganancia de peso de los novillos con y sin adición de metionina (0 a 6 g/animal/día).

Según Strasia *et al.* (1986), Hussein y Berger (1995), la suplementación con metionina no dió resultado en el incremento del peso corporal; en contraste con varios grupos de investigadores que han reportado mejoras en el peso corporal del ganado suplementado con metionina protegida ruminalmente (Deetz *et al.*, 1985; Oke *et al.*, 1986; Wright y Loerch, 1988).

Al respecto Abe *et al.* (2000), suplementando 30 terneros con harina de maíz y soya, adicionando a la dieta 0, 6, 12, 18 y 24 g/d de D-L metionina, los resultados indican un incremento en la ganancia diaria de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia y retención de nitrógeno en comparación con el grupo control. El suministro de 12 g/d no mejoró esas variables de respuesta; en contraste la aplicación de 18 y 24 g/d de D-L metionina resultó en pérdida de peso vivo y una disminución de la conversión alimenticia y la eficiencia en el uso del nitrógeno.

### **1.9 Marcadores externos e internos de Materia Seca (MS).**

Un marcador externo (Oxido de cromo VI) ideal debe contar con las siguientes características: no absorbible, que no afecte el tracto gastrointestinal o los microorganismo de esté, físicamente similar o íntimamente asociado con la fracción digesta a ser marcada, que pueda ser fácilmente analizado en forma cuantitativa en laboratorio, y que no interfiera con otros análisis (Faichney, 1975; citado por Nelson *et al.*, 1990).

Keulen y Young (1977) hacen mención a Shrivastava y Talapatrau (1962) quienes utilizaron el residuo de acido insoluble en el alimento y en heces como marcador natural para la alimentación de rumiantes. Dichos autores obtuvieron un 99,8% de recuperación del marcador, de manera que otros investigadores han utilizado este marcador para determinar el consumo de la pastura. El estudio realizado por Keulen y Young (1977) mostró una recuperación del marcador en heces de  $96,7 \pm 6,7\%$ , sin embargo ninguna de estas mediciones presentó un porcentaje de recuperación de un 100%.

Thonney *et al.* (1979), indican que cuando la ceniza acido insoluble fue usada como indicador, las desviaciones presentaron un rango de -3,62 a 1,40 en unidades de porcentaje. La digestibilidad de las raciones compuestas por heno y granos puede ser determinada con CIA (cenizas insolubles en ácido) siempre y cuando la muestra de heces sea representativa. La recuperación de la ceniza acido insoluble se mantuvo en un rango de 90,12 a 105,97% en las raciones con heno.

Los análisis de varianza muestran que no hay diferencias significativas entre la recolección total de heces y su estimación mediante el indicador cenizas acido insoluble.

Owens y Hanson (1992) indican que un marcador como cenizas ácido insoluble es una referencia compuesta usada para monitorear aspectos físicos y químicos de la digestión. Los marcadores son usados rutinariamente para estimar el flujo de digesta y deposición fecal de los rumiantes; cuando la recuperación fecal del marcador es conocida, se puede calcular el total del alimento consumido y puede ser calculada la colección total de heces. Estos autores describen en su documento el método y el procedimiento que ha sido utilizado para varios marcadores específicos y han sido descritos en varias revisiones.

### **1.10 Condición corporal**

Mediante mediciones con ultrasonido como una herramienta objetiva y precisa se ha detectado que un cambio en el espesor de la grasa corporal de la parte anterior del bovino en 1 mm equivale a aproximadamente 5 kg del contenido total de grasa corporal. La región sacral tiene la mayor cantidad de tejido adiposo que la porción anterior del bovino y existen altas correlaciones ( $r = 0.90$ ) entre el contenido de grasa corporal y el espesor de grasa en la parte anterior del cuerpo; además este sitio es fácil de localizar y los cambios de grasa corporal anterior solo cambian ligeramente en rangos de algunos centímetros (Schro y Staufienbiel, 2006).

La deposición de grasa ha sido caracterizada por un continuo aumento del nivel de lípidos corporales, primeramente en forma de triglicéridos y morfológicamente por la diferenciación a adipocitos e hipertrofia de los mismos. La proporción relativa de nutrientes y la composición de los ácidos grasos están influenciados por numerosos factores como: edad, peso corporal, género, raza, temperatura ambiental, sitio de depósito y estado hormonal. La deposición de grasa puede ser modulada por medios nutricionales y hormonales. El nivel de alimento consumido y la composición regula la proporción de crecimiento de tejido graso y la composición de los lípidos. Existe correlación entre la cantidad de tejido graso y la composición del ácido graso (Nurnberg *et al.*, 1998).

Usando los principales indicadores corporales Ferguson *et al.* (1994), encontró un descriptor para la evaluación de la condición corporal en bovinos; éste asoció la apariencia de la tuberosidad del ilion, isquion, ligamentos del sacro y coccígeos. Si la tuberosidad del ilion e isquion no presentan grasa se observa una apariencia angular en sus prominencias, de otro modo al incrementar la grasa se observan prominencias redondeadas. Con respecto a los ligamentos del sacro y coccígeos estos se muestran de repente cuando la cubierta de grasa es poca y desaparecen cuando se da una nueva deposición de grasa. Cuando se presenta la pérdida de un punto en la escala de evaluación de la condición corporal en bovinos, que han sido alimentados a

libre consumo, se puede resumir que se da una movilización de tejido (54 kg PV) en un lapso de 30 días aproximadamente, por otro lado para incrementar este punto en la escala de evaluación se requiere de un tiempo de 50 días.

Mösenfechtel *et al.* (2002), indica que la medición ultrasonográfica del espesor de la capa de grasa dorsal trasera, está muy correlacionado ( $r = 0.89$ ) con el volumen de grasa corporal total.

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **1.11 Localización**

El experimento se llevó a cabo en la finca “La Balsa” propiedad del Instituto Tecnológico de Costa Rica, ubicada en San Ramón, provincia de Alajuela, a una distancia de 15 Km de Ciudad Quesada (latitud 10°20 N, longitud 84°32 O) y a una altura de 172 metros sobre el nivel del mar, el clima de la región es del tipo tropical húmedo, con una precipitación anual de 3062 mm, y una temperatura promedio de 27.3° C y una humedad relativa de 85,3%.

#### **1.12 Fases Experimentales**

El estudio estuvo conformado por dos fases, las cuales fueron ejecutadas entre el mes de abril y agosto del 2006, dichas fases en su conjunto abarcan un periodo de 135 días.

##### **1.12.1 Fase Pre - Experimental (FPE)**

Con el objetivo de determinar las condiciones en que se encontraban los animales antes del inicio de la fase experimental, se realizaron mediciones de condición corporal (CC), capa de grasa dorsal (CGD) y ganancia diaria de peso (GDP) durante 61 días.

##### **1.12.2 Fase Experimental (FE)**

Esta fase tardó 74 días desglosados en dos subfases, las cuales son: fase de adaptación y fase de medición.

###### **1.12.2.1 Fase de Adaptación (FA)**

Durante esta fase los animales fueron adaptados al consumo de la mezcla melaza–urea; más la administración de la metionina (Mepron® M-85 DEGUSSA, México) vía oral, el cual contiene 85% de DL metionina sintetizada a partir de ácido DL - 2 - hidroxí - 4 - metilítiobutanoico de calcio, el cual se absorbe por transporte activo en el intestino delgado (Greissinger et al., 1994).

Durante 14 días se suministró 2 kg de la mezcla melaza–urea / animal, de manera que se incrementó semanalmente la concentración de urea en la

mezcla desde 0.5% (p/p) en la primer semana a 1.0 % (p/p) en la segunda semana.

Al final del periodo de adaptación cada vaquilla recibió 20 g de urea/día, suministrada una sola vez al día; además se realizó la medición de condición corporal, grasa dorsal y peso vivo, tales parámetros se evaluaron con intervalos de 15 días, para determinar las condiciones en que se encontraban los animales antes del inicio de la fase de medición.

### 1.12.2.2 Fase de Medición (FM)

Al inicio de la fase los animales ya están adaptados al consumo de la mezcla melaza-urea; se aumentó entonces el suministro de urea a razón del 2%, lo que representó un consumo de 40 g de urea / animal / día, aplicado solamente durante 31 días, de manera que las mediciones pertinentes post-tratamiento fueron evaluadas durante 29 días, de tal modo que la fase de medición tardó 60 días.

Se debe aclarar que el ofrecimiento de urea durante la FA y la FM fue por un lapso de 45 días, en donde se varió la cantidad de urea aportada.

Los animales fueron acondicionados al manejo durante la investigación, de igual manera se registraron las variables de desempeño animal tales como condición corporal, capa dorsal de grasa y medición del peso vivo cada 15 días.

### 1.13 Unidades experimentales

Se utilizarón 30 hembras bovinas, de las cuales presentaban una variada composición genética que se muestra a continuación en el siguiente cuadro:

Cuadro 3. Composición de origen racial de las novillas de reemplazo.

Origen	(%)
<i>Bos indicus</i>	48
$\frac{1}{2}$ <i>Bos indicus</i> X $\frac{1}{2}$ <i>Bos taurus</i>	32
$\frac{3}{4}$ <i>Bos taurus</i> X $\frac{1}{4}$ <i>Bos indicus</i>	13
$\frac{3}{4}$ <i>Bos indicus</i> X $\frac{1}{4}$ <i>Bos taurus</i>	7

Las novillas de origen *Bos indicus* estaban representadas principalmente por la raza Brahman, mientras que las de origen *Bos taurus* fueron

representadas específicamente por la raza Charolais y en menor grado Romosinuano y Simental.

El grupo de novillas suplementadas en general mostraba un rango de edad de 24 a 36 meses, presentando un peso inicial y final de 413,80 y 423,8 kg respectivamente, además el grupo no suplementado mostró un peso inicial de 411, 63 kg mientras que el final fue de 423,75 kg (Cuadro A3). Los animales fueron divididos aleatoriamente en dos grupos. El primer grupo se sometió a un programa de suplementación (GS) mediante el suministro de 2 kg/animal/día de una mezcla de melaza - urea al 2% (p/p); y el suministro de metionina protegida estimando un consumo de 10 g/vaquilla/día, el cuál fue administrado individualmente por medio de bolos intra-ruminales, es importante recalcar que la concentración del producto es de 85% de manera que se aplicaba a cada vaquilla 8,5 g netos de metionina por día.

El segundo grupo no fue suplementado (GNS), solamente se les suministró sales minerales ad libitum (<sup>1</sup>Pecutrin® mezclado con NaCl en proporción 1:2 respectivamente) al igual que el GS. Los animales fueron mantenidos en potreros a base de Estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*), Tanzania (*Panicum maximum*), Ratana (*Ischaemum indicum*) y maní forrajero (*Arachis pintoí*). Los potreros fueron manejados en un sistema de rotación con un periodo de ocupación de 3 días y 21 días de descanso.

Los animales de ambos grupos (tratamientos) rotaron en apartos en forma conjunta, de manera que todas las unidades experimentales tuvieron acceso a forraje con la misma disponibilidad y calidad, bajo condiciones comunes de manejo.

<sup>1</sup>Análisis garantizado (%):

Fosfato dicalcico=89.89; NaCl=0.69; Oligoelementos=2.68; MgO=5.58;  
Vitaminas=1.16

## **1.14 Variables a evaluar**

### **1.14.1 Ganancia Diaria de Peso (GDP)**

La Ganancia Diaria de Peso (GDP) se obtuvo mediante la medición del peso vivo de cada animal de ambos grupos (GS y GNS). La diferencia de peso con la fecha anterior se dividió por el número de días correspondiente (días del intervalo de pesajes). Las vaquillas ingresaron al corral siempre a las 5:30 de la mañana y fueron pesadas a las 9:30 de la mañana del mismo día, lo cual es una práctica uniforme, es decir se realizó el pesaje siempre bajo la misma metodología.

### **1.14.2 Condición Corporal (CC)**

La condición corporal (CC) se determinó en una escala de 1 a 5 (López *et al.*, 2003) en donde 1= emaciado y 5= obeso. Esta evaluación fue aplicada siempre por la misma persona para disminuir efecto asociado a variación del evaluador.

### **1.14.3 Capa dorsal de grasa lumbar (CDG)**

La determinación de la capa de grasa lumbar se realizó por medio de ultrasonografía utilizando un equipo Aloka SSD-500 (Walpole, USA) con una sonda sectorial de 7.5 MHz (Silva *et al.*, 2005). Esta evaluación se realizó al momento de determinar la condición corporal de cada animal.

### **1.14.4 Estimación del consumo y calidad del forraje.**

El consumo diario de melaza + urea se determinó por diferencia entre lo ofrecido y lo rechazado. Para estimar el consumo de MS del forraje se utilizaron marcadores externos (óxido de cromo ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) e internos (cenizas insolubles en ácido, CIA). La técnica del marcador externo óxido de cromo ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) (Owens y Hanson, 1992), permite estimar la producción fecal; para ello se dosificó 3 g por 14 días; los primeros 8 días fueron para lograr el equilibrio del marcador dosificado y los últimos 6 días fueron para la recolección de muestras de heces directamente del recto, en cantidades suficientes para obtener un aproximado de 200 g materia seca de boñiga/ día. Las muestras

fueron secadas en un horno a 60 °C por 96 h para su posterior análisis. La ecuación utilizada fue la propuesta por Church (1988).

$$\text{Producción fecal (g MS día)} = \frac{\text{Dosis del marcador (Cr}_2\text{O}_3) \text{ (g/d)}}{\text{Concentración del marcador en heces (g/g MS)}}$$

Como marcador interno se utilizaron las cenizas insolubles en ácido (CIA). De este modo, conociendo previamente la producción de heces, el consumo de forraje (kg MS/día) se estimó mediante la siguiente ecuación:

$$C_P \text{ (kg MS/día)} = \frac{(CIA_H \times P_F) - CIA_S \times C_S}{CIA_P}$$

Donde:

$C_P$  = Consumo de pasto (kg MS/día)

$CIA_H$  = Concentración de CIA en heces (%)

$CIA_S$  = Concentración de CIA en suplemento (%)

$CIA_P$  = Concentración de CIA en pasto (%)

$P_F$  = Producción fecal (kg MS / día)

$C_S$  = Consumo de suplemento (kg MS / día)

Con respecto a la digestibilidad y valor nutritivo del forraje, se tomaron muestras (8 por apartado) de los potreros a los cuales los animales pastorearon en forma rotacional para el análisis respectivo. La altura de corte varió según el hábito de crecimiento del forraje, por lo tanto en pastos de porte rastrero (Ratana y Estrella principalmente) el corte se realizó a 10 cm a partir del ápice foliar; por otro lado, el pasto de porte alto (Tanzania) se cortó a 15 - 20 cm, desde el ápice foliar de la lamina y dirigiéndose hacia el centro de la macolla. Cabe aclarar que los muestreos fueron ejecutados 30 minutos antes de que las novillas entraran a pastoreo.

La digestibilidad del pasto fue determinada a partir del dato de digestibilidad total de la ración obtenida con el uso del marcador interno según la siguiente fórmula:

$$D_T = 1 - \frac{CIA_{S+P}}{CIA_H}$$

Donde:

$D_T$  = Digestibilidad de la ración total (pasto + suplemento)

$CIA_{S+P}$  = Concentración de CIA en la ración total (pasto + suplemento)

La concentración de CIA en la ración total ( $CIA_{S+P}$ ) fue calculada por la fórmula:

$$CIA_{S+P} = \frac{[C_P * CIA_P] + [C_S * CIA_S]}{C_T}$$

Donde:

$C_T$  = Consumo de la ración total (pasto + suplemento)

$C_P$  = Consumo de pasto

$CIA_P$  = Concentración de CIA en pasto

$C_S$  = Consumo de suplemento

$CIA_S$  = Concentración de CIA en suplemento

Conociendo que:

$$D_T * C_T = [C_P * D_P] + [C_S * D_S]$$

Donde:

$D_T$  = Digestibilidad de la ración total

$C_T$  = Consumo de la ración total

$D_P$  = Digestibilidad del pasto

$C_P$  = Consumo de pasto

$D_S$  = Digestibilidad del suplemento

$C_S$  = Consumo del suplemento

Se puede obtener el dato de digestibilidad del pasto ( $D_P$ ) según la fórmula:

$$D_P = \frac{[C_T * D_T] - [C_S * D_S]}{C_P}$$

El procedimiento descrito por Shrivastava y Talapatra (1962) para calcular la ceniza ácido insoluble y mencionado por los autores Keulen y Young (1977), indica:

- 1) Cada preparación de las muestras se hace por duplicado.
- 2) Tomar 10 g de forraje y 20 g de heces, pesar las muestras en un crisol ancho y someter a temperaturas de 650 °C por un periodo de 5 horas a incrementos de 100 °C.
- 3) Humedecer las cenizas resultantes con 5 ml de agua y posteriormente agregar 10 ml de HCl concentrado. Secar por medio de la evaporación y repetir el proceso dos veces.
- 4) Agregar cinco mililitros de HCl concentrado, permitir 15 minutos y filtrar luego.
- 5) Lavar cenizas resultantes con agua caliente destilada (85 a 100 °C).
- 6) Incinerar el filtrado a 650 °C durante toda una noche.
- 7) Enfriar el crisol con el residuo en un desecador a temperatura ambiente y pesar.

### **1.15 Análisis Estadístico.**

Las variables de respuesta fueron analizadas mediante un diseño completamente aleatorizado. Para las variables de comportamiento animal, digestibilidad y consumo se consideró la utilidad de usar el peso animal inicial como covariable (Steel y Torrie, 1980) según el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu_i + \tau_i + \beta(X_{ij} - x_{..}) + e_{ij}$$

Donde:

$\mu_i$  = Promedio general

$\tau_i$  = Efecto del tratamiento (suplemento).

$\beta(X_{ij} - x_{..})$  = Coeficiente de regresión

$e_{ij}$  = Error

El análisis de condición corporal se elaboró mediante estadística no paramétrica. Los análisis estadísticos fueron realizados por el procedimiento MIXED y Wilcoxon del paquete SAS (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

## 4. RESULTADOS Y DISCUSION

A continuación se presentan y discuten los resultados obtenidos en los parámetros productivos de novillas de reemplazo y en las variables consumo y digestibilidad.

### 1.16 Parámetros productivos

Las variables productivas evaluadas en las novillas de reemplazo en los dos grupos experimentales, grupo suplementado (GS) y no suplementadas (GNS) fueron: Ganancia de peso diario (GPD), capa de grasa dorsal (CGD) y la condición corporal (CC).

#### 1.16.1 Ganancia de peso diario (GPD)

La GPD no fue afectada por tratamientos ( $P = 0,5461$ ) (Cuadro A1); se obtuvieron valores de 222,2 gramos/día para el grupo de novillas suplementadas y de 269,4 gramos/día para el grupo no suplementado (Cuadro 3).

Se debe de tomar en cuenta que el error estándar es muy alto (55,5 para GS y 53,7 para GNS), lo que podría estar asociado con la variabilidad en pesos iniciales de las novillas. El error estándar en la respuesta obtenida afecta la capacidad de la prueba de detectar diferencias significativas entre los tratamientos (Cuadro 3).

Este resultado coincide con lo obtenido por Dormond *et al.* (1990), quien bajo condiciones de trópico en Costa Rica suplementó vacas doble propósito con distintos niveles de metionina y no encontró diferencias estadísticamente significativas. Además Carnevali *et al.* (2003), suplementó con melaza y urea y no obtuvo efecto sobre los animales, hecho que fue atribuido a una relativamente alta calidad de los forrajes. En la investigación citada, el nivel de PC fue superior a 10%, considerado suficiente para mantener un ritmo satisfactorio de aumento de peso. Una condición similar ó aún mejor pudo estar presente en esta investigación debido a la presencia de leguminosas en algunos apartos.

En contraste Soto *et al.* (1997), en condiciones tropicales evaluaron el efecto de la suplementación nitrogenada sobre el desempeño productivo de vaquillas Brahman; sus resultados indican que la alimentación mejoró la productividad de los animales reflejada en las ganancias diarias de peso y en la condición corporal, lo cual no fue el caso de la presente investigación.

Otros autores indican diferencias en la ganancia de peso diaria suplementando novillas con una ración enriquecida con un suplemento proteico (Aranda *et al.*, 2001).

Cuadro 4. Efecto de la suplementación melaza-urea y metionina protegida sobre la ganancia de peso, grasa dorsal y condición corporal, en novillas de reemplazo

Tratamiento (*)	Ganancia de peso (g/día)	Error Standard	Grasa Dorsal (mm)	Error Standard	Condición Corporal	Error Standard
GS	222,2a(**)	55,5	4,5a	0,22	3,8a	15,1
GNS	269,4a	53,7	4,2a	0,22	3,5a	15,1

(\*) Clave de nomenclatura de tratamientos: GS (Grupo de novillas con suplementación), GNS (Grupo de novillas sin suplementación)

(\*\*) Medias con diferente letra en una misma columna difieren estadísticamente ( $P < 0,05$ ).

### 1.16.2 Capa de grasa dorsal (CGD)

El efecto de la suplementación en novillas sobre la variable grasa dorsal no presentó diferencias significativas ( $P=0,3332$ ; Cuadro A1) respecto al grupo no suplementado; los valores obtenidos fueron 4,5 y 4,2 mm de grasa dorsal, respectivamente (Cuadro 3). Aun así, los resultados muestran una diferencia de 0,3 mm de espesor de grasa entre tratamientos lo cual equivalen a 1,5 kg de diferencia en peso según estudios realizados por Schro y Staufenbiel (2006) que indican que 1 mm de grasa corporal equivale a 5 kg de grasa total corporal.

La no diferencia entre GS y GNS pudo deberse al corto periodo de la fase experimental propiamente dicha (31 días) que no permitió una diferenciación

entre los tratamientos evaluados. Conjuntamente estudios de Galyean (1996) mencionado por Mejía *et al.* (2003), indican que los incrementos en el comportamiento productivo de bovinos son más consistentes cuando la proteína cruda suplementaria es aportada por fuentes ruminalmente degradables vrs no degradables; al respecto Zinn y Owens (1993) sugieren que se obtienen mejores ganancias de peso diario cuando se aporta a la dieta una cantidad mínima (2%) de PNDR.

### **1.16.3 Condición corporal (CC)**

La condición corporal en el caso del grupo no suplementado (GNS) fue de 3,5 (Cuadro 3) y no presentó diferencias significativas ( $P=0,5203$ ; Cuadro A1) respecto al grupo suplementado (GS) que presentó un valor de 3,8 (Cuadro 3). Las diferencias en condición corporal, aunque no significativas, concuerdan con las diferencias en el grosor de la capa dorsal.

Este resultado no concuerda con lo expuesto en otros estudios (Soto *et al.*, 1997), en los que se indica que la suplementación tiene efectos significativos sobre la condición corporal. Se debe tomar en cuenta que existe mucha variabilidad con respecto a la edad de los animales (Cuadro A2) y las razas, lo que podría estar influyendo en que no se obtenga una respuesta significativa a la suplementación.

## **1.17 Consumo y Digestibilidad**

### **1.17.1 Consumo de Forraje**

El consumo de forraje fue afectado por los tratamientos ( $P=0,0016$ ) (Cuadro A1). El grupo suplementado (GS) mostró un consumo de forraje de 9,6 kg MS mientras que el grupo no suplementado (GNS) presentó un consumo de 12,0 kg MS (Cuadro 5), indicando un efecto negativo sobre el consumo de forraje cuando se suplementó con metionina, melaza y urea.

Estos resultados son respaldados por distintos autores (Ruiz y Pezo 1982) los cuales indican que cuando se proveen suplementos energéticos (melaza) a los animales en pastoreo generalmente ocurre una disminución en el consumo de pasto, como ocurre en este caso en el cual hay una diferencia de 2,4 kg MS con respecto a las novillas no suplementadas con las suplementadas.

Además se ha demostrado que bajo condiciones de una nutrición proteica “presumiblemente buena” como en la que se encontraban las novillas al iniciar este experimento (buena condición corporal) la sustitución de una parte de esta proteína por urea puede ocasionar una disminución del consumo, al igual que la adición de melaza (Altona et al., 1960; Coombe y Tribe, 1963).

Sin embargo algunos autores argumentan situaciones en donde indican que la suplementación nitrogenada aumentó la concentración de amoníaco en el rumen de manera que favorecen la multiplicación de bacterias celulolíticas, afectando de manera positiva el consumo voluntario y la digestibilidad del forraje (Nocek y Russell, 1988).

En el cuadro 4 se puede observar que el contenido de proteína ruminalmente disponible pudo haber sido adecuado, de manera que se podría pensar que hubo un satisfactorio suministro de nitrógeno a nivel ruminal. Las estimaciones y supuestos considerados sugieren que el suministro de PRD

como porcentaje del TND consumido fue del 13,22% lo cual se considera que es la relación óptima para favorecer la síntesis de proteína microbial (Burroughs *et al.*, 1974).

Por otra parte, el nivel de PRD ofrecido en la dieta a las novillas fue de 7,03% de manera que pareciera no llenar los requerimientos según la N.R.C (1996), que reporta un 8.90% de PRD para satisfacer los requerimientos de estas novillas, quedando este valor 1,87% por debajo de lo requerido, de manera que se podría sospechar que el aporte de nitrógeno a nivel ruminal fue un factor limitante a nivel digestivo. Es decir, el suplemento ofrecido a las novillas aparentemente presenta una composición nutricional en la cual aporta una cantidad adecuada de nitrógeno a nivel ruminal, sin embargo se sospecha que la cantidad ofrecida para consumo individual de suplemento no fue suficiente para cubrir los requerimientos de nitrógeno en el rumen.

Cuadro 5. Valores de TND, PC Y PRD aportados por la dieta de forraje, melaza y urea ofrecida a las novillas de reemplazo.

Fuente	Suplementación ( g/d)		
	TND	PC	PRD
Forraje	4512	960	672
Melaza	1440	0	0
Urea	0	86	115
<b>TOTAL</b>	<b>5952</b>	<b>1046</b>	<b>787</b>
<b>TND como PRD (%)</b>			<b>13,22</b>
<b>PRD disponible (%)</b>			<b>7,03</b>

Al suministrar el suplemento es evidente que el consumo de materia seca disminuyó en 2.4 kg con respecto al grupo no suplementado (ver cuadro 5) probablemente debido al aditamento energético (melaza) según afirman Ruiz y Pezo 1982; Altona *et al.*, 1960; Coombe y Tribe, 1963; lo que afectó directamente la fermentación del material orgánico en el rumen el cual es un factor primario en la síntesis de proteína microbial.

### 1.17.2 Digestibilidad del Forraje

Los tratamientos no mostraron efectos significativos ( $P=0,0655$ ) sobre la digestibilidad del forraje. En el grupo suplementado la digestibilidad del forraje fue de 63,9% mientras que para el grupo no suplementado fue de 65,6% (Cuadro 5).

Cuadro 6. Efecto de la suplementación melaza-urea y metionina protegida sobre el consumo y digestibilidad en novillas de reemplazo.

Tratamiento (*)	Consumo de forraje (Kg MS)	Error Standard	Digestibilidad de forraje (%)	Error Standard	Consumo Total	Error Standard
GS	9,6a(**)	0,49	63,9a	0,62	11,2a	0,49
GNS	12,0b	0,47	65,6a	0,6	12,0a	0,47

(\*) Clave de nomenclatura de tratamientos: GS (Grupo suplementado), GNS (Grupo no suplementado)

(\*\*) Medias con diferente letra en una misma columna difieren estadísticamente ( $P < 0,05$ ).

La adición de la fuente energética (melaza), nitrogenada (urea) y de proteína sobrepasante (metionina) no tuvo efectos positivos sobre la digestibilidad del forraje la cual más bien tendió a ser mayor en el grupo no suplementado. Por otra parte, el consumo de forraje fue mayor en el grupo no suplementado, aunque el consumo total no fue diferente entre tratamientos. Estos datos sugieren que la suplementación ejerció un “efecto sustitutivo” antes que aditivo sobre el consumo de forraje.

### 1.17.3 Consumo total de materia seca

El consumo total se refiere a la cantidad consumida de forraje mas melaza en términos de unidad en kilogramos de materia seca. Con respecto a ello no se presentaron diferencias significativas ( $P=0,0016$ ) entre las novillas suplementadas con un consumo de 11,2 kg MS con respecto a las novillas control que fue de 12,0 kg MS.

## 5. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en que se desarrolló la presente investigación se concluye que:

- 1) Bajo las condiciones relativas al estatus nutricional y potencial genético de los animales, la adición de la mezcla de urea, melaza y metionina, como vía para aumentar la proteína metabolizable a nivel de intestino delgado, no ejerció ningún efecto positivo sobre la producción animal.
- 2) Las novillas suplementadas presentaron una mejor condición corporal que las no suplementadas, sin embargo estadísticamente esta diferencia no fue significativa.
- 3) El consumo de forraje se afectó de manera negativa cuando se suplementó con metionina, melaza y urea. Mostrando un efecto sustitutivo en la suplementación.
- 4) El consumo total de materia seca no fue significativamente afectado por los tratamientos impuestos.
- 5) Los datos sugieren que el aporte de nitrógeno no proteico a nivel ruminal fue insuficiente para promover una mayor síntesis de proteína microbiana y con ello mayor digestibilidad del forraje, mayor consumo y mejor desempeño productivo de los animales. El aporte del carbohidrato soluble (melaza) no se vio reflejado en mejor utilización del forraje y producción animal debido a un bajo aporte de nitrógeno disponible a nivel ruminal. En consecuencia la suplementación energética ejerció un efecto sustitutivo en lugar de un efecto aditivo.

## 6. RECOMENDACIONES

- 1) Al realizar experimentaciones nutricionales similares es necesario que cada una de las unidades experimentales (cada individuo), tenga acceso individualizado a la suplementación melaza-urea.
- 2) Cuando se realizan experimentaciones con bovinos, se debe de aplicar un manejo pasivo de los animales, específicamente cuando estos se encuentran en la etapa de post tratamiento, ya que el estrés continuo provocado por estas mediciones, probablemente sean una fuente de error estándar.
- 3) Se podría considerar la suplementación con una dosis mayor de nitrógeno no proteico (urea) manteniendo el suministro de una fuente de energía de alta disponibilidad a nivel ruminal.
- 4) La adición de una fuente de proteína ruminalmente no degradable debería ser evaluada en animales de alto requerimiento nutricional.

## 7. LITERATURA CITADA

Abe, M; Okada, H; Marsumura, D; Sato, H; Funaba, M and Iriki, T. (2000) Methionine imbalance and toxicity in calves. *J. Anim. Sci.* 78: 2722-2730.

Altona R. E; Rose C. J; y Tilley T. J. (1960) Urea as supplementary protein for bulk feeds. *South African Journal of Agricultural Science* 3: 69-81.

Álvarez F. J; Dixon M. R y Preston F. R. (1983) Ammonia requirements for rumen fermentation. En: *Recent advances in animal nutrition in Australia* (Eds. D. J. Farrell y P. Vohra). University of New England. Armidale, Australia. 9A p.

Alvarez, F.J y Preston, T.R. (1976) Studies on urea utilization in sugar cane diets: effect of level. *Trop. Anim. Prod.* 1, 98-104.

Aranda I.E; Mendoza G.D; García-Bojalil C y Castrejón F.P. (2001) Growth of heifers grazing stargrass complemented with sugar cane, urea and a protein supplement. *Livestock Production Science*; 71: 201-206.

Armentano, L. E; Bertics, S. J and Ducharme, G. A. (1997) Response of lactating cows to methionine or methionine plus lysine added to high protein diets based on alfalfa and heated soybeans. *J. Dairy Sci.* 80:1194–1199.

Bargo F; Muller L, D; Kolver E, S y Delahoy J, E. (2003) Production and Digestion of Supplemented Dairy Cows on Pasture. *J. Dairy Sci.* 86:1–42

Bauchart, D., D. Gruffat y D. Durand. (1996) Lipid absorption and hepatic metabolism in ruminants. *Proc. Nutr. Soc.* 55: 39 – 47.

Becerra J y David A. (1991) Variación del peso vivo y de la producción láctea de vacas mestizas (*Bos taurus* x *Bos indicus*) suplementadas con bloques de urea-melaza durante la estación lluviosa. *Livestock Research for Rural Development*. 9 (2):131-144.

Benavides, M.C and Preston, T.R. (1971) Synthetic plastic roughage in molasses-based diets for cattle. *Revista cubana ciencia Agrícola*. 5:319-329.

Blum, J. W; Bruckmaier, R. M y Jans, F. (1999) Rumen-Protected Methionine Fed to Dairy Cows: Bioavailability and Effects on Plasma Amino Acid Pattern and Plasma Metabolite and Insulin Concentrations. *J Dairy Sci* 82:1991–1998.

Burroughs, W., A. H. Trenkle, and R. L. Vetter. 1974. A system of protein evaluation for cattle and sheep involving metabolizable protein (amino acids) and urea fermentation potential of feedstuffs. *Vet Med. Small Anim. Clin.* 69 : 713 – 722.

Carl, E. P; Cummins, K. A; Sniffen, C. J; Muscato, T. V; Vicini, J. L; Crooker, A; X; Clark, J. H; Johnson, D. G; Otterby, D. E; Guillaume, B; Muller, L. D; Varga, G. A; Murray, R. A; Peirce-Sandner, S. B. (1991) Responses of Dairy Cows to Supplemental Rumen-Protected Forms of Methionine and Lysine. *J Dairy Sci* 74:2997-3013.

Carnevali A. A; Chicco C. F; Shultz T. A; Rodríguez S. C y Shultz E. (2003) Efecto de la suplementación con melaza y urea para bovinos a pastoreo. *Agronomía Tropical* 20(6):433-443.

Chamberlain, D. G and Thomas, P. C. (1982) Effect of intravenous supplements of L-methionine on milk yield and composition in cows given silage-cereal diets. *J. Dairy Res.* 49:25.

Chilliard, Y; and Doreau, M. (1997) Influence of supplementary fish oil and rumen-protected methionine on milk yield and composition in dairy cows. *J. Dairy Res.* 64:173–179.

Church D.C. (1988) The ruminant animal digestive physiology and nutrition. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NY, USA 54 p.

Clark, J. H; Klusmeyer, T.H and Cameron, M. R. (1992) Microbial protein synthesis and flows of nitrogen fractions to the duodenum of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 75:2304–2323.

Coombe J. B y Tribe D. E. (1963) The effects of urea supplements on the utilization of straw plus molasses diets by sheep. *Aust. J. Agric. Sci.* 14: 70-92.

Deetz, L. E; Papas, A. M; and Benton, C. H. (1985) Performance of finishing steers fed rumen-protected methionine and/or lysine. *J. Anim. Sci.* 61(Suppl. 1):486.

Dormond H; Rojas A; Boschini C. (1990) Efecto de la DL-Metionina sobre parámetros productivos en vacas doble propósito. *Agronomía Costarricense* 14(1): 31-36.

Doyle, P. T. (1987) Supplements other than forage. In: J. B. Hacker and J. H. Ternouth (Ed.) *The Nutrition of Herbivores*. Academic Press, New York. 429 p.

Drackley, J. K., T.R. Overton y G.N. Duoglas. (2001) Adaptations of Glucosa and Long-Chain Fatty Acid Metabolism in Liver of Dairy Cows During the Periparturient Period. *J. Dairy Sci.* 84 (E. Suppl.):E 100-E112.

Fenderson, C. L; and Bergen, W. G. (1975) An assessment of essential amino acid requirements of growing steers. *J. Anim. Sci.* 41:1759-1766.

Ferguson, J.D; Galligan D.T; Thomsen N. (1994) Principal descriptors of body condition in Holsteis dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 77: 2695-2703.

Ferreiro, H. M. and Preston, T.R. (1976) Fattening cattle with sugar cane: the effect of different proportions of stalks and tops. *Trop. Anim. Prod.* 1: 178-185.

Fisher, R. J; Polan, C. E and Schwab, C. G. (1997) Lactational performance of cows fed low or high ruminally undegradable protein prepartum and supplemental methionine and lysine postpartum. *J. Dairy Sci.* 80:722–729.

Fitzpatrick, A and Nix, A. (1970) The climate factor in Australian grassland ecology. IN: R.M Moore, Ed. *Australian Grasslands*. Camberra, Australia, Aust. Nat. Univ. Press. 3-25 p.

Froidmont E., Rondia P., Théwis A., Beckers Y. (2002) Rumen escape of methionine and lysine administered intraruminally to growing double-muscled Belgian Blue bulls. *Reproduction, Nutrition and Development*; 42: 537 – 544.

Funston R.N. (2004) Fat supplementation and reproduction in beef females. *Journal of Animal Science*. 82 (E, Suppl.): E154 – E164.

Galyean, M. L. 1996. Protein levels in beef cattle finishing diets: industry application, University research, and system results. *J. Anim. Sci.* 74: 2860.

González M. F. (2002) Grasas protegidas como fuente energética en la alimentación de vacas lecheras. Informe. Pontificia Universidad Católica de Chile. 26-27 p.

González F. M; Koenekamp I. S. (2006) Adaptaciones metabólicas hepáticas en el período periparto en vacas de alta producción de leche. Informe. Pontificia Universidad Católica de Chile. 3 – 4 p.

Greissinger D, Kniesel H, Heimbeck W, Tanner H. Active substance preparation for oral administration, especially to ruminants. Degussa AG, assignee. US Pat N°5,279,832. 1994.

Grummer, R. R. (1993) Etiology of lipid – related metabolic disorders in periparturient dairy cows. *J Dairy Sci.* 76: 3882

Grummer, R. R. (1995) Impact of changes in organic nutrient metabolism on feeding the transition dairy cow. *J. Anim. Sci.* 73: 2820.

Guinard, J; and Rulquin, H. (1995) Effects of graded amounts of duodenal infusions of methionine on the mammary uptake of major milk precursors in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 78:2196–2207.

Hennessy D. W. (1982) The role of protein supplements in the nutrition of beef cattle grazing native pastures of the north coast of New South Wales. *Proceedings Of the Australian Society of Animal Production.* 14: 68-72.

Hodgson, J y Brookes I, M. (1999) Nutrition of grazing animals. in *Pasture and Crop Science.* J. White, and J. Hodgson, eds. Oxford University Press, Auckland, N.Z. 117 p.

Hussein, H. S; and Berger, L. L. (1995) Feedlot performance and carcass characteristics of Holstein steers as affected by source of dietary protein and level of ruminally protected lysine and methionine. *J. Anim. Sci.* 73:3503-3509.

Jochmann, K; Lebzien, P and Flachowski, G. (1996) Zum Einsatz pansenstabiler Aminosäuren in der Milchviehfütterung (Rumen protected Amino acids in feeding of dairy cows). *Uebers. Tiererna ¨hrg.* 24:255–292.

Jurjanz, S; Colin-Schoellen, O; and Laurent, F. (1996) Effect of starch nature of the energy concentrate and of a methionine supply on the rearing performance of dairy cows. *Ann. Zoot.* 45:467–476.

Kempton T. J; Nolan J. V y Leng R. A. (1977) Principles for the use of non-protein nitrogen and by-pass proteins in diets of ruminants. *World Animal Review.* 22: 2-14.

Kennedy P.M., Lowry J.B., Coates D.B., Oerlemans J. (2002) Utilisation of tropical dry season grass by ruminants is increased by feeding fallen leaf of siris (*Albizia lebbeck*) *Animal Feed Science and Technology.* 96. 175-192.

Keulen, J.V y Young, B.A. (1977) Evaluation of acid-insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies *Journal of animal science*. 44:282

Klemesrud M. J; Klopfenstein T. J y Lewis A. J. (2000) Metabolizable methionine and lysine requirements of growing cattle. *J. Anim. Sci*; 78:199-206.

Komaragiri V.S; Erdman A. (1997) Factors affecting body tissue mobilization in early lactation dairy cows. Effect of dietary protein on mobilization of body fat and protein. *Journal of Dairy Science* Vol. 80 (5): 929-937.

Kowalski, Z. M; Pisulewski, P. M; and Gorgolu, M. (2003) Effects of protected methionine and variable energy supply on lactational responses in dairy cows fed grass silage-based diets. *J. Anim. Feed Sci*. 12:451–464.

Krober, T. F; Kreuzer, M; Senn, M; Langhans, W; and Sutter. (2000) Lactational and metabolic effects in cows of lysine and methionine added to a ration deficient according to the INRA method. *Arch. Tierernahr*. 53:375–394.

Ku JC. (1984) Suplementación de ganado bovino de carne en pastoreo durante la estación seca. Tesis. Universidad Autónoma de Yucatán, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Mérida, México. 10 p.

Lalman D.L; Petersen M.K; Ansotegui R.P; Tess M.W; Clark C.K; Wiley J.S. (1993) The effects of ruminally undegradable protein, propionic acid, and monensin on puberty and pregnancy in beef heifers. *Journal of Animal Science*; 71: 2843-2852.

Leonardi, C; Stevenson, M; and Armentano, L. E. (2003) Effect of two levels of crude protein and methionine supplementation on performance of dairy cows. *J. Dairy Sci*. 86:4033–4042.

Loerch, S. C; and Oke, B. O. (1989) Rumen protected amino acids in ruminant nutrition. In: M. Friedman (Ed.) *Absorption and Utilization of Amino Acids*. CRC Press, Boca Raton, FL. 196 p.

Loest C. A; Titgemeyer E. C; St-Jean G; Van Metre D. C y Smith J. S. (2002) Methionine as a methyl group donor in growing cattle. *J. Anim. Sci.* 80:2197–2206.

Losada, H; Aranda, E and Alderete, R. (1997) The effect of forage and supplement on the intake, digestibility and balance of nitrogen in sheep fed whit diets high in molasses/urea. *Livestock Research for Rural Development.* 9(5): 1-6.

Lundquist R; OT'ERBY, E y LINN J. (1985) Influence Nivel de metionina (g/d/animal) of three concentrations of DL-methionine or methionine hidroxy analogue on milk yield and milk composition. *Journal of Dairy Science* 68(11):3350-3354.

Maquivar L.M. (2003) Efectos de la suplementación alimenticia sobre algunos parámetros productivos y reproductivos de novillas del trópico húmedo de Costa Rica. Tesis. Universidad Nacional Autónoma De México. 34-35 p.

Mate, J. (1985) Extra protection. *Dairy Farmer.* December 32(12):36.

Mejía-Haro, O. Ruiz-Barrera, J. A. Jiménez-Castro. (2003) Efecto de dos fuentes de proteína de degradabilidad ruminal diferente sobre el crecimiento y procesos digestivos en bovinos productores de carne. Tesis. Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad de Guanajuato, México. 101-110 p.

Mbongo, T; Poppi D.P; y Winter W.H. (1994) The live weight gain response of cattle grazing *Setaria spaelata* pastures when supplemented with formaldehyde treated casein. *Proc. Aust. Soc. Anim. Prod.* 20 p.

McCarthy, R. D; Porter G. A y Griel L. C. (1968) Bovine ketosis and depressed fat test in milk: A problem of methionine metabolism and serum lipoprotein aberration. *J. Dairy Sci.* 51: 459 – 462.

McCracken, B; Judkins, M; Krysl, L; Holcombe, D and Park, K. (1993) Supplemental methionine and time of supplementation effects on ruminal

fermentation, digesta kinetics, and in situ dry matter and neutral detergent fiber disappearance in cattle. *J. Anim. Sci.* 71:1932-1939.

Merchen, N. R; and Titgemeyer, E. C. (1992) Manipulation of amino acid supply to the growing ruminant. *J. Anim. Sci.* 70:3238-3247.

Minson, D; Cowan, T; Havilah, E. (1993) Northern dairy feedbase 2001. 1 Summer pasture and crops. *Tropical Grasslands* 27: 131-149.

Misciattelli, L; Kristensen, V. F; Vestergaard, M; Weisbjerg, M. R; Seirsén, K; and Hvelplund, T. (2003) Milk production, nutrient utilization and endocrine responses to increased postruminal lysine and methionine supply in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 86:275–286.

Mösenfechtel S; Hoedemaker M; Eigenmann U. J; Rüsç P. (2002) Influence of back fat thickness on the reproductive performance of dairy cows. *Veterinary Record* 151, 387-388.

N.R.C. (1996) Nutrient requirements of beef cattle. National Academy press, setima edición. Washington. 196 p.

Nelson M.L; Motjope L; Finley J.W; Parish S.M. (1990) Ash – free indigestible acid detergent fiber marker to estimate digestibility with grazing ruminants. *Journal of Range Management* 43(3).

Nimrick, K., Hatfield, E. E; Kaminski, A. J; and Owens, F. N. (1970) Qualitative assessment of supplemental amino acid needs for growing lambs fed urea as the sole nitrogen source. *J. Nutr.* 100:1293-1297.

Nocek J y Russell J. (1988) Protein and energy as an integrated system. Relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production. *J. Dairy Sci.* 71: 2070-2107.

Noftsger, S; and St-Pierre, N. R. (2003) Supplementation of methionine and selection of highly digestible rumen undegradable protein to improve nitrogen efficiency for milk production. *J. Dairy Sci.* 86:958–969.

Nurnberg K; Wegner J; Ender K. (1998) Factors influencing fat composition in muscle and adipose tissue of farm animals. *Livestock Production Science* 56: 145-156

Oke, B. O; Loerch, S. C; and Deetz, L. E. (1986) Effects of rumen protected methionine and lysine on ruminant performance and nutrient metabolism. *J. Anim. Sci.* 62:1101-1112.

Oltjen, R. R., Slyter, L., Kozak, A. S. and Williams E. (1968) Evaluation of urea, biuret, urea phosphate and uric acid as NPN sources for cattle. *Journal of Nutrition* 94:193-202.

Ørskov E.R. (1999) Supplement strategies for ruminants and management of feeding to maximize utilization of roughages. *Preventive Veterinary Medicine* 38: 179-185.

Ørskov, E.R. (1998) Feed evaluation with emphasis on fibrous roughages and fluctuating supply of nutrients. *Small Rum. Res.* 28:1-8.

Overton R.T; Emmert S.L; Clark H.J. (1998) Effects of source of carbohydrate and protein and rumen protected methionine on performance of cows. *Journal of Dairy Science*, 81: 221 – 228.

Owens F. N., Hanson C. F. (1992) Symposium: External and internal markers for appraising site and extent of digestion in ruminants. *Journal of Dairy Science*, 75: 2605 – 2617.

Pacheco-Rios, D; McNabb, W. C; Hill, J. P; Barry, T. N; and Mackenzie, D. D. S. (1997) The effects of methionine supplementation upon milk composition and

production of dairy cows in late lactation. Proc. Nutr. Soc. New Zealand. 22:184–191.

Patton R; Mc Carthy R y Griel L. (1970) Lipid synthesis by rumen microorganisms. II. Further characterization of the effects of methionine. Journal of Dairy Science 53(4):460-465.

Patton, R. A; McCarthy, R. D y Griel L. C. (1968) Lipid synthesis by rumen microorganisms. 1. Stimulation by methionine in vitro. J. Dairy Sci. 51:1310.

Pearson, C and Ison, R. (1987) Agronomy of grassland systems. Cambridge, U.K; Cambridge University Press. 169 p.

Phelps, A. (1990) Nitrogeno no proteico. Agricultura de las Américas. 90: 11-17.

Poppi P. D; McLennan R. S. (1995) Protein and energy utilization by ruminants at pasture. J. Anim. Sci 73:278-290.

Preston, T. A. y Leng, A. A. (1986) Matching livestock production systems to available resources. International Livestock Center for Africa. Addis Abeba. 331 p.

Preston, T.R. (1995) Tropical Animal Feeding. A manual for research workers. FAO Animal Production and Health Paper 126. Rome, Italy:305 pp.

Richardson, C. R; and Hatfield, E. E. (1978) The limiting amino acids in growing cattle. J. Anim. Sci. 46:740-745.

Robinson H.P. (1996) Rumen protected amino acids for dairy cattle: what is the future? Animal Feed Science and Technology, 59: 81-86.

Ruiz, E y Pezo, D. (1982) suplementación de ganado de carne en pastoreo. In: Aspectos nutricionales en los sistemas de producción bovina en el trópico. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Serie Materiales de Enseñanza N<sup>o</sup> 15. Pag 144-151.

Rulquin H., Delaby L. (1997 a) Effects of the energy balance of dairy cows on lactational responses to rumen protected methionine. *Journal of Dairy Science*, 80: 2513 – 2522.

Rulquin H., Pisulewski M.P., Vérité R., Guinard Jocelyne. (1993) Milk production and composition as a function of postruminal lysine and methionine supply: a nutrient – response approach. *Livestock Production Science*, 37: 69 – 90.

Rulquin, H y Vérite R. (1993) Amino acid nutrition of dairy cows: Production effects and animal requirements. *Recent Advances in Animal Production, Proc. 27th Univ. Nottingham Feed Manufacturer's Conf., P. C. Gainsworthy, ed. Nottingham University Press, Nottingham, UK. 55 p.*

Rulquin, H., and Delaby, L. (1997b) Lactational responses of grazing dairy cows to rumen-protected methionine. *Ann. Zoot.* 46:409– 415.

Russell, J. and Wilson, D. (1996) Why are ruminal cellulolytic bacteria unable to digest cellulose at low pH. *Journal Dairy Sci* 79:1503-1509.

Sánchez, J.M, y Quesada, G. (1998) Calidad nutricional de los forrajes en una zona con potencial alto para la producción de leche, en el trópico húmedo de la zona norte de Costa Rica. *Agronomía Costarricense*; 22(1): 61-68.

SAS User's Guide: Statistics. (1993) Cary. NC, SAS Institute.

Schro, U. J y Staufenbiel, R. (2006) Methods to Determine Body Fat Reserves in the Dairy Cow with Special Regard to Ultrasonographic Measurement of Backfat Thickness. *J. Dairy Sci.* 89:1–14.

Schwab G.C., Bozak K.C., Whitehouse L.N., Mesbah A.M.M. (1992) Amino acid limitation and flow to duodenum at four stages of lactation. 1. Sequence of lysine and methionine limitation. *Journal of Dairy Science*, 75: 3486 – 3502.

Sharma, B. K y Erdman, R. A. (1988) Abomasal infusion of choline and methionine with or without 2-amino-2-methyl-1-propanol for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 71:2406.

Shrivastava, V.S and S.K Talapatrau. (1962). Pasture studies in uttar Pradesh. II. Use of some natural indicators to determine the plane of nutrition of a grazing animal. *Indian j. Dairy Sci.* 15:154.

Silva SR, Gomes MJ, Dias-da-Silva A, Gil LF, Azevedo JM. (2005) Estimation in vivo of the body and carcass chemical composition of growing lambs by real-time ultrasonography. *Journal of Animal Science*; 83:350-7.

Smith T; Broster V y Hill R. (1980) A compararison of source of supplementary nitrogen for young cattle receiving fibre-rich diets. *J. agric. Sci., Camb.* 95: 687-695.

Socha M. T; Putnam D. E; Garthwaite B. D; Whitehouse N. L; Kierstead N. A; Schwab C. G; Ducharme G. A; Robert J. C. (2005) Improving Intestinal Amino Acid Supply of Pre- and Postpartum Dairy Cows with Rumen-Protected Methionine and Lysine. *J. Dairy Sci.* 88 (3):1113–1126.

Socha M. T; Schwab C. G; Kierstead N. A; Putnam D. E; Whitehouse N. L; Garthwaite B. D; Ducharme G. A y Robert J. C. (1994) Changes in blood metabolite and liver fat concentrations of early lactation dairy cows fed either rumen-stable methionine or rumen-stable lysine plus methionine at two levels of dietary crude protein. *J. Anim. Sci.* 72(Suppl. 2): 126.(Abstr.)

Soto C.R; Galina C.S; Rubio I; Basurto H. (1997) Efecto de la suplementación alimenticia sobre el desempeño productivo y reproductivo de vaquillas Brahman a pastoreo en el trópico húmedo de México. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal.* 5: 51-64.

Steel GR, Torrie HJ. (1980) Principles and procedures of statistics. A biometrical approach. Second edition. USA Mc Graw Hill.

Stonaker H.H. (1975) Beef production systems in the tropics. I. Extensive production systems on in fertile soils. *Journal of Animal Science*; 41: 1218-1223.

Strasia, C. A; Martin, J. J; Gill, D. R; and Owens, F. N. (1986) Ruminant escape methionine and lysine for finishing steers. *J. Anim. Sci.* 63(Suppl. 1):406.

Stritzler N; Gallardo M y Gingins M. (1983) Suplementación nitrogenada en forrajes de baja calidad. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 3(4): 283-309.

Thonney M.L; Duhaime D.J; Moe P.W and Reid J.T. (1979) Acid insoluble ash and permanganate lignin as indicators to determine digestibility of cattle rations. *Journal Of Animal Science.* 49:1112-1114.

Titgemeyer, E. C; and Merchen, N. R. (1990) The effect of abomasal methionine supplementation on nitrogen retention of growing steers postruminally infused with casein or nonsulfur-containing amino acids. *J. Anim. Sci.* 68:750-757.

Vargas, E y Fonseca, H. (1989) Contenido mineral y proteico de forraje: Situación de la proteína en los forrajes de Costa Rica. Editorial U.C.R. San José, Costa Rica. 19 – 203 p.

Waterman, R y L. H. Schultz. (1972) Methionine hydroxyl analog treatment of bovine ketosis: Effects on circulating metabolites and interrelationships. *J. Dairy Sci.* 55: 1513 – 1516.

Wright, M. D; and Loerch, S. C. (1988) Effects of rumen- protected amino acids on ruminant nitrogen balance, plasma amino acid concentrations and performance. *J. Anim. Sci.* 66:2014-2027.

Wu Z; Fisher R. J; Polan C. E y Schwab C. G. (1997) Lactational Performance of Cows Fed Low or High Ruminally Undegradable Protein Prepartum and

Supplemental Methionine and Lysine Postpartum. *Journal of Dairy Science* 80(4):722–729.

Xu, S; J, Harrison; W, Chalupa; C, Sniffen; W, Julien; H, Sato; T, Fujieda; K, Watanabe; T, Ueda; and H, Suzuki. (1998) The effect of ruminal bypass lysine and methionine on milk yield and composition of lactating cows. *J. Dairy Sci.* 81:1052–1077.

Zinn, R. A., Barajas, R., Montaña, M. and Sean, Y. (1996) Protein and energy value of dehydrated poultry excreta in diets for feedlot cattle. *J. Animal. Sci.* 74:2331-2335.

Zinn, R. A., y F. N. Owens. 1993. Ruminal escape protein for lightweight feedlot calves. *J. Anim. Sci.* 71:1677.

## 8. ANEXOS

**Cuadro A1. Valor de la probabilidad (P) para el efecto del tratamiento sobre cada variable.**

Variable	Valor de P (*)	Error Standard	
		Suplementado	Sin suplemento
Consumo de forraje	0,0016	0,49	0,47
Digestibilidad de forraje	0,0655	0,62	0,60
Consumo Total	0,0016	0,49	0,47
Ganancia de Peso	0,5461	0,55	0,53
Grasa Dorsal	0,3332	0,22	0,22
Condición Corporal	0.5203(**)	(***)	(***)

(\*) Valores de P menores a 0,05 indican diferencias significativas para cada fuente de variación.

(\*\*) Calculado con prueba de Wilcoxon del SAS para datos no paramétricos.

(\*\*\*) No se calcula error Standard por ser variable cualitativa.

**Cuadro A2. Edades de novillas de los distintos tratamientos GS (grupo suplementado) y GNS (Grupo no suplementado).**

Tratamiento	Edad (años)	Error Standard
GS	2,3	0,6
GNS	2,0	0,3
Media general	2,1	0,3

**Cuadro A3. Peso (kg) promedio inicial y final de novillas de los distintos tratamientos GS (grupo suplementado) y GNS (Grupo no suplementado).**

Ítem	GS		GNS	
	Inicial	Final	Inicial	Final
<b>Promedio</b>	413,80	423,8	411,63	423,75
<b>Desviación estándar</b>	26,24	26,2	28,98	33,43

**Cuadro A4. Composición de origen racial de las novillas de ambos tratamientos, grupo suplementado y grupo no suplementado.**

GRUPO	CODIGO	COMPOSICIÓN RACIAL
NO SUPLEMENTADAS	1049	Brahman
NO SUPLEMENTADAS	1242	1/2 Simental
NO SUPLEMENTADAS	1250	1/2 Charolais
NO SUPLEMENTADAS	1257	1/2 Charolais
NO SUPLEMENTADAS	1267	1/2 Charolais
NO SUPLEMENTADAS	1286	Brahman
NO SUPLEMENTADAS	1287	Brahman
NO SUPLEMENTADAS	1296	Brahman
NO SUPLEMENTADAS	1299	1/2 Charolais
NO SUPLEMENTADAS	1305	Brahman
NO SUPLEMENTADAS	1333	Brahman
NO SUPLEMENTADAS	1334	1/2 Charolais
NO SUPLEMENTADAS	1363	Brahman
NO SUPLEMENTADAS	1369	3/4 Brahman x 1/4 Romosinuano
NO SUPLEMENTADAS	1383	1/2 Charolais
NO SUPLEMENTADAS	1425	Brahman
SUPLEMENTADAS	1055	Brahman
SUPLEMENTADAS	1194	3/4 charolais
SUPLEMENTADAS	1232	1/2 Simental x 1/4 Charolais x1/4 Brahman
SUPLEMENTADAS	1268	1/2 Charolais
SUPLEMENTADAS	1274	1/2 Charolais
SUPLEMENTADAS	1294	Brahman
SUPLEMENTADAS	1300	3/4 charolais
SUPLEMENTADAS	1302	Brahman
SUPLEMENTADAS	1304	1/2 Charolais
SUPLEMENTADAS	1309	1/2 Charolais
SUPLEMENTADAS	1311	Brahman
SUPLEMENTADAS	1318	3/4 charolais
SUPLEMENTADAS	1324	Brahman
SUPLEMENTADAS	1337	Brahman
SUPLEMENTADAS	1397	3/4 Brahman x 1/4 Charolais

**Cuadro A5. Porcentaje (%) de recuperación de las cenizas ácido insolubles (marcador interno) cuantificado para las novillas del grupo suplementado.**