



Universidad Central de Venezuela
Facultades de Agronomía y Ciencias Veterinarias
Postgrado en Producción Animal
Trabajo de Grado

SUPLEMENTACIÓN PROTEICA EN VACAS BRAHMAN DE PRIMER PARTO

Estudiante Graduado: Robert E. Mora Luna
Tutor: Dr. Claudio F. Chicco
Asesores: Dra. Susmira Godoy y Dr. Julio Garmendia

Maracay, julio de 2012

“SUPLEMENTACIÓN PROTEICA EN VACAS BRAHMAN DE PRIMER PARTO”

MORA LUNA ROBERT EMILIO

TUTOR: Dr. CLAUDIO FRANCO CHICCO RESSIA

Trabajo de grado presentado al Postgrado de Producción Animal por el Ing. Robert Emilio Mora Luna como requisito parcial para optar al título de Magíster Scientiarum en Producción Animal, Mención Nutrición Animal

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA

FACULTADES DE AGRONOMÍA Y CIENCIAS VETERINARIAS

POSTGRADO EN PRODUCCIÓN ANIMAL

Maracay, julio de 2012

DEDICATORIA

A mis padres, Anita y José Emilio

A mi Tía Magaly

A mis hermanos, Kaká y Olhy

A mis sobrinos, María Alejandra y Carlos Eduardo

AGRADECIMIENTOS

A mi tutor Dr. Claudio Chicco, por las enseñanzas que durante estos años me ha impartido, su constante orientación y consejos como profesional y amigo.

A mis asesores, Dra. Susmira Godoy y Dr. Julio Garmendia, por la asesoría y consejos para la realización de este proyecto.

A mis Viejos, Anita y José Emilio, por su apoyo incondicional durante toda mi vida, apoyándome en cada una de mis metas, LOS AMO.

A mi Tía Magaly, mi segunda madre quien ha estado a mi lado toda mi vida, dándome su apoyo y solidaridad.

A mis hermanos Kaká y Olhy, los hermanos son el vínculo de sangre más fuerte en la tierra.

Al amor de mi vida, Ana María, por su apoyo incondicional y consejos profesionales, besos...

Al Decanato de Investigación de la UNET por el financiamiento parcial de este proyecto bajo el código 02-005-07.

Al Ing. José Tomás Asuaje y a la Agropecuaria ASUBRI, por facilitar la realización del experimento a pastoreo en sus instalaciones.

A la Ing. Mónica Román, Dr. Colbert González y Sr. Marcos, por su apoyo incondicional en la ejecución del experimento a pastoreo.

A los Prof. Pablo Herrera, Carlos Moreno, Néstor Hernández y Domingo Molina, por su valiosa colaboración para la fistulación de las vacas.

Al Laboratorio de Nutrición del INIA: Irana Matute, Zoraida Linares, Judith Palma, Yuraima Arvelaez y Glenn Hernández.

Al Prof. Daniel Vargas, Guaro muchas gracias por el apoyo brindado.

Al personal de la Unidad Académica “La Morusca”, Ing. Luís Ramírez y Sr. Rodolfo Silva[†].

A D~os que ha estado a mi lado en el transcurso de mi vida, guiándome e iluminando tanto a mí y como a cada una de las personas que me ha ayudado en el alcance de mis objetivos.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	vi
ÍNDICE DE CUADROS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	3
2.1. Objetivo General.....	3
2.2. Objetivos Específicos.....	3
III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1. Suplementación estratégica para mejorar la reproducción.....	5
3.2. Monitoreo del estado nutricional.....	7
3.2.1. Monitoreo del estado energético.....	7
3.2.2. Monitoreo del estado proteico.....	8
3.3. Proteína alimenticia y su degradación ruminal.....	9
IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....	11
4.1. Experimento I.....	11
4.1.1. Ubicación.....	11
4.1.2. Manejo de los animales.....	12
4.1.3. Evaluación de la dieta basal.....	13
4.1.4. Variables evaluadas en los animales.....	15
4.1.4.1. Productivas.....	15
4.1.4.2. Reproductivas.....	15
4.1.4.3. Química sanguínea.....	15
4.1.5. Análisis estadístico.....	16
4.2. Experimento II.....	18
4.2.1. Ubicación.....	19

4.2.2. Manejo del experimento.....	19
4.2.3. Variables evaluadas.....	20
4.2.3.1. <i>pH</i>	20
4.2.3.2. <i>Nitrógeno amoniacal y ácidos grasos volátiles</i>	20
4.2.3.3. <i>Degradabilidad de la materia orgánica (MO) y proteína cruda cruda</i>	21
4.2.3.4. <i>Química sanguínea</i>	22
4.2.4. Análisis estadístico.....	22
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	24
5.1. Experimento I.....	24
5.1.1. Análisis químico y digestibilidad <i>in vitro</i> de las principales materias primas de los suplementos.....	24
5.1.2. Análisis químico de los suplementos experimentales.....	25
5.1.3. Precipitación.....	26
5.1.4. Características de la pastura.....	27
5.1.5. Variables productivas.....	30
5.1.6. Variables reproductivas.....	35
5.1.7. Química sanguínea.....	38
5.2. Experimento II.....	42
5.2.1. <i>pH</i> y nitrógeno amoniacal en líquido ruminal.....	42
5.2.2. Ácidos grasos volátiles en líquido ruminal.....	44
5.2.3. Degradación de MO del forraje.....	46
5.2.4. Degradación de MO de los suplementos.....	47
5.2.5. Degradación de proteína cruda de los suplementos.....	49
5.2.6. Concentración de glucosa y urea en suero sanguíneo.....	50
VI. CONCLUSIONES.....	53
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Pág.
1	Composición de los suplementos experimentales para vacas de primer parto.....	12
2	Composición química del heno de <i>Urochloa humidicola</i> (base seca)	20
3	Análisis químico y digestibilidad <i>in vitro</i> de las materias primas principales de los suplementos experimentales.....	24
4	Composición química de los suplementos (base seca).....	26
5	Precipitación (mm) mensual en el Hato La Trinidad, durante el periodo experimental.....	26
6	Biomasa presente, altura y cobertura de forraje en las diferentes épocas del experimento.....	27
7	Composición química del forraje durante el experimento (base seca)	29
8	Tiempo de suplementación promedio y efecto de los suplementos sobre los cambios de peso vivo de las vacas y peso al nacer del becerro.....	31
9	Tiempo de suplementación y efecto de la edad sobre los cambios de peso vivo de vacas de primer parto y peso al nacer del becerro.....	33
10	Efecto de los suplementos sobre la altura a la cruz y condición corporal de vacas de primer parto.....	34
11	Efecto de la edad sobre la altura a la cruz y condición corporal de vacas de primer parto.....	35
12	Efecto de los suplementos sobre el porcentaje de vacas de primer parto con presencia de estructuras ováricas y porcentaje de preñez...	36
13	Efecto de la edad sobre porcentaje de vacas de primer parto con presencia de estructuras ováricas y porcentaje de preñez.....	38
14	Efecto de los suplementos y edad sobre las concentraciones de glucosa, β -hidroxibutirato, ácidos grasos no esterificados y urea, en vacas de primer parto.....	39
15	pH y concentración de nitrógeno amoniacal (N-NH ₃) durante las primeras 12 h del consumo de los suplementos.....	43

16	Concentración de ácidos grasos volátiles en líquido ruminal, en bovinos suplementados con proteína.....	45
17	Degradación de materia orgánica como porcentaje de la materia orgánica inicial, en diferentes tiempos de incubación del heno de <i>U. humidicola</i> suministrado a los animales.....	46
18	Constantes de degradación ruminal de la materia orgánica (MO) y tiempo medio de degradación de los suplementos proteicos.....	48
29	Constantes de degradación ruminal de la proteína cruda (PC) de los suplementos proteicos.....	49
20	Degradación de proteína cruda de los suplementos, expresada como porcentaje de la proteína cruda inicial, en diferentes tiempos de incubación.....	50
21	Concentración de glucosa y urea en suero sanguíneo a través del tiempo en bovinos suplementados con proteína.....	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Pág.
1	Efecto de la interacción suplemento x tiempo sobre las concentraciones de glucosa (GLU) en suero sanguíneo durante el experimento.....	39
2	Efecto de la interacción suplemento x tiempo sobre las concentraciones de ácidos grasos no esterificados (AGNE) en suero sanguíneo durante el experimento.....	41
3	Porcentaje de desaparición de la materia orgánica (MO) de los suplementos HM, HPH y HS, expresado como porcentaje de la MO inicial.....	48

RESUMEN

Para evaluar el efecto de suplementos proteicos sobre el comportamiento productivo, reproductivo y fermentación ruminal de hembras vacunas se llevaron a cabo dos experimentos. En el primero: 117 novillas Brahman gestantes con peso vivo promedio de $393,5 \pm 3,05$ kg de 3 (n=84) y 4 (n=33) años de edad, fueron divididas en tres grupos uniformes en peso y posible fecha de parto, y fueron asignados a tres suplementos ($1 \text{ kg} \cdot \text{animal} \cdot \text{d}^{-1}$) que contenían principalmente harina de maíz (HM), harina de pluma hidrolizada (HPH) y harina de soya (HS). Los suplementos contenían 20,69; 42,75 y 42,54% de PC, y 2,84; 2,71 y 2,77 Mcal de $\text{EM} \cdot \text{kg}^{-1}$ MS, respectivamente para HM, HPH y HS. Los animales pastaron en potreros de *U. humidicola* con carga animal de $0,44 \text{ UA} \cdot \text{ha}^{-1}$. La suplementación se inició aproximadamente 45 d antes del parto y se mantuvo hasta el final de la temporada de monta (TM), la cual se llevó a cabo bajo monta natural. Se registraron los cambios de peso vivo de las vacas, altura a la cruz y su condición corporal (CC) así como el peso al nacer del becerro, y se evaluó en suero sanguíneo: glucosa, β -hidroxibutirato, ácidos grasos no esterificados y urea. La preñez se determinó por palpación transrectal a los 54 d de culminada la TM. Los datos de cambios de peso de las vacas y peso del becerro, altura a la cruz y condición corporal se analizaron por ANOVA bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2×3 desbalanceado. La preñez se analizó por regresión logística exacta. En el segundo experimento, en vacas fistuladas en el rumen, se probaron los mismos suplementos del experimento I, incluyendo un tratamiento adicional (testigo negativo), alimentado con forraje únicamente (F) y se evaluaron variables ruminales y sanguíneas. En el experimento I, el forraje tuvo $2,63 \pm 0,1$ % PC y $77,56 \pm 0,4$ % FDN. Entre el parto y el inicio de la TM, HS ganó ($\text{g} \cdot \text{d}^{-1}$) más peso (258; $P < 0,05$) que HPH (41), mientras que HM perdió peso (-56). La CC al inicio de la TM fue más elevada ($P < 0,05$) en HS ($2,75 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-1}$) respecto a HPH ($2,62 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-1}$) y HM ($2,63 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-1}$), y se mantuvo la superioridad hasta el final de la TM. No se observaron diferencias en la presencia de estructuras ováricas ni en la química sanguínea por efecto de los suplementos y edad ($P > 0,05$). La tasa de preñez ($P > 0,05$) a los 54 d de culminada la TM fue de 53,6; 63,6 y 61,2% para HM, HPH y HS, respectivamente. En el experimento II, el pH del licor ruminal a las 3 h ($P < 0,05$) y 6 h ($P < 0,09$) de consumido el suplemento fue más bajo en HPH respecto a F (6,56 vs. 7,09 y 6,48 vs. 7,06). El N-NH₃ fue mayor ($P < 0,05$) en HS, y los ácidos acético y propiónico a la 0 h fueron más elevados ($P < 0,05$) en HS (52,50 y 28,38 $\mu\text{mol} \cdot \text{mL}^{-1}$, respectivamente) y HPH (46,66 y 24,32 $\mu\text{mol} \cdot \text{mL}^{-1}$, respectivamente), y se mantuvo la superioridad hasta las 6 h. La degradación de materia orgánica (MO) del forraje (%) a las 72 h fue mayor ($P < 0,05$) en HPH (44) y HS (42). La degradación de MO de los suplementos no presentó diferencias ($P > 0,05$), con valores a las 72 h de 74,6; 81,8 y 82,9% para HPH, HM y HS, respectivamente, mientras que la degradación de PC fue más baja ($P < 0,05$) en HPH (64,18%). La glucosa en suero sanguíneo no fue afectada por los suplementos, a diferencia de la urea, donde HS presentó mayores concentraciones ($P < 0,05$) en todas las horas de muestreo. La suplementación con un kg de HS, mejoró la ganancia de peso y menor pérdida de CC de vacas de primer parto, aumentó el nitrógeno amoniacal ruminal y junto con HPH mejoraron la degradación de MO de forraje. Sin embargo, las magnitudes de los cambios no fueron suficientes para mejorar el desempeño reproductivo de las vacas de primer parto.

Palabras clave: vacas de primer parto, fuentes de proteína, tasa de preñez, fermentación ruminal.

ABSTRACT

To evaluate the effect of protein supplementation on productive and reproductive performance and rumen fermentation processing in female cattle two experiments were carried out. In the first, 117 pregnant Brahman heifers with average body weight of 393.5 ± 3.05 kg of 3 (n=84) and 4 (n=33) years old, were divided into three uniform groups by body weight and possible date of calving, and were assigned to three supplement ($1 \text{ kg} \cdot \text{animal} \cdot \text{d}^{-1}$) containing mainly corn meal (CM), hydrolyzed feather meal (HFM) and soybean meal (SBM). The supplements had 20.69, 42.75 and 42.54% CP, and 2.84, 2.71 and 2.77 Mcal of $\text{ME} \cdot \text{kg}^{-1}$ DM, respectively for CM, HFM and SBM. The animals grazed on pastures of *U. humidicola* and the stocking rate was $0.44 \text{ AU} \cdot \text{ha}^{-1}$. Supplementation started approximately 45 d before calving and was maintained up to the end of the breeding season (BS), that was under natural mating. Cows's body weight changes, wither height, body score condition (BSC) and calf birth weight were recorded, and assessment of glucose, β -hydroxybutyrate, nonesterified fatty acids and urea were made. Pregnancy was determined by transrectal palpation at 54 d once completed the BS. Data of body weight change of the cows, calf birth weight, wither height and BSC were analyzed by ANOVA under a completely randomized design with 2 x 3 unbalanced factorial arrangements. The pregnancy was analyzed by exact logistic regression. In the second experiment, in cows provided with rumen fistulae, were tested the same supplements of experiment I, including an additional treatment (negative control), fed with forage only (F) and ruminal and blood variables were also evaluated. In Experiment I, the forage had $2.63 \pm 0.1\%$ CP and $77.56 \pm 0.4\%$ NDF. From calving to beginning of BS, SBM gained ($\text{g} \cdot \text{d}^{-1}$) more weight (258, $P < 0.05$) than HFM (41), while CM lost weight (-56). The BSC at the beginning of the BS was higher ($P < 0.05$) in SBM ($2.75 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-1}$) respect to HFM ($2.62 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-1}$) and CM ($2.63 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-1}$), and superiority remained until the end of the BS. No differences were observed in the presence of ovarian structures and blood chemistry by supplements and age effects ($P > 0.05$). The conception rate ($P > 0.05$) at 54 d of completing the BS was 53.6, 63.6 and 61.2% for CM, HFM and SBM, respectively. In experiment II, the pH of rumen liquor at 3 h ($P < 0.05$) and 6 h ($P < 0.09$) after supplementation were lower in HFM respect to F (6.56 vs. 7.09 and 6.48 vs. 7.06, respectively). Ammonia nitrogen was higher ($P < 0.05$) in SBM, and acetic and propionic acids at 0 h were higher ($P < 0.05$) in SBM (52.50 and $28.38 \mu\text{mol} \cdot \text{mL}^{-1}$, respectively) and HFM (46.66 and $24.32 \mu\text{mol} \cdot \text{mL}^{-1}$, respectively) and the superiority was maintained until 6 h. Organic matter degradation of forage (%) at 72 h was higher ($P < 0.05$) in HFM (44) and SBM (42). Organic matter degradation of the supplements did not differ ($P > 0.05$), with values at 72 h of 74.6, 81.8 and 82.9 % for HFM, CM and SBM, respectively, while the CP degradation of supplements was lower ($P < 0.05$) in HFM (64.18%). Serum glucose was not affected by the supplements, unlike urea, where SBM showed higher concentrations ($P < 0.05$) at all sampling times. Supplementation with one kg of SBM, improved daily gain and showed less BSC loss in first calf heifers, increased ruminal ammonia nitrogen, and together with HFM, the organic matter degradation of forage was also improved. However, the magnitudes of the registered changes were not sufficient to improve the reproductive performance of first calf heifers.

Key words: first calf heifers, protein sources, conception rate, ruminal fermentation.

I. INTRODUCCIÓN

La industria ganadera de carne en Venezuela está basada fundamentalmente en la producción natural de las pasturas y, consecuentemente, sujeta a las variaciones estacionales en la calidad y disponibilidad de la biomasa vegetal, por lo que, los bovinos pasan por periodos de subnutrición, disminuyendo la producción y fertilidad e incrementando la mortalidad.

Adicionalmente a las condiciones propias del ambiente, los rebaños tienen grupos de animales más vulnerables, que determinan el éxito o fracaso de la producción y productividad, como son las novillas de reemplazo, las vacas de primer parto y vacas lactantes de más de dos partos (Chicco y Godoy, 2005).

Las vacas de primer parto se encuentran bajo exigencias nutricionales particulares, ya que el estrés del primer parto y el efecto combinado de crecimiento y primera lactancia imponen requerimientos nutricionales que no se cubren cuando las vacas pastan pastos de pobre calidad (Ciccioli *et al.*, 2003), destinando los nutrientes a cubrir prioritariamente sus necesidades de mantenimiento, lactación y crecimiento, limitando su desempeño reproductivo (Garmendía y Chicco, 1988) con una baja tasa de preñez (Sasser *et al.*, 1988; Short y Adams, 1988; Randel, 1990). Bajo condiciones de alimentación en pastos de pobre calidad, la disminución de peso y la baja tasa de preñez, inducen a los ganaderos a realizar inversiones tendentes a mejorar la alimentación, de tal manera que estos efectos negativos puedan ser disminuidos por medio de una suplementación estratégica (Arriaga *et al.*, 2001).

Aunado a esto, las deficiencias de nitrógeno amoniacal en el rumen, debidas a un bajo aporte de proteína en la dieta, imposibilitan una adecuada actividad microbiana, presentando una baja tasa de digestión y tránsito de la digesta con ulterior disminución del consumo (Preston y Leng, 1989; Chicco *et al.*, 1998;). La suplementación con nitrógeno (como urea o proteína preformada) cuando éste es limitante, puede aumentar el consumo de forraje (Preston y Leng, 1989; Godoy y Chicco, 1991a,b) y su digestibilidad (Godoy y Chicco, 1991a,b; Godoy *et al.*, 1993), ambos asociados con un aumento en la concentración de N-NH₃ (Shultz *et al.*, 1971; 1974a,b; Godoy y Chicco, 1991a,b; Godoy *et al.*, 1994) y ácidos grasos volátiles (Shultz *et al.*, 1971; 1974a,b; Hess *et al.*, 1994) en el rumen, y

consecuentemente puede mejorar la ganancia de peso (Shultz *et al.*, 1974a,b; Godoy y Chicco, 1991a,b; Godoy *et al.*, 1993) y la actividad reproductiva del ganado de carne (Nolan *et al.*, 1988; Vásquez y Bastidas, 2005; Bello-Faria *et al.*, 2011).

La problemática señalada conlleva a la adopción de arreglos tecnológicos para la alimentación animal, los cuales, según Chicco y Godoy (1987), incluyen principalmente: i) búsqueda de alternativas en el manejo de las pasturas tendientes a optimizar la cantidad y calidad nutritiva del forraje y ii) uso de recursos alimenticios como suplementos que potencien la eficiencia del uso de forraje o corrijan condiciones deficitarias. Ambas estrategias se consideran las más convenientes para reducir la caída de la productividad durante las épocas y etapas fisiológicas críticas de los animales.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

2.1.1. Evaluar el efecto de la suplementación proteica en vacas Brahman de primer parto sobre variables productivas, reproductivas, sanguíneas y de la función ruminal.

2.2. Objetivos específicos

2.2.1. Evaluar el efecto de los suplementos proteicos sobre los cambios de peso vivo y variables reproductivas de vacas Brahman de primer parto.

2.2.2. Evaluar el efecto de los suplementos proteicos sobre algunos indicadores sanguíneos del metabolismo proteico y energético en vacas Brahman de primer parto.

2.2.3. Evaluar el efecto de los suplementos proteicos sobre algunas variables de la fermentación y dinámica ruminal.

III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Las actividades fisiológicas asociadas a la producción (ganancia de peso) y la reproducción (manifestación de ciclos estrales, gestación avanzada, lactación y actividad hormonal) son nutricionalmente exigentes y requieren un suministro adecuado de energía (Wiltbank *et al.*, 1962; Butler, 2003; Van Kneysel *et al.*, 2005), proteína (Sasser *et al.*, 1988; Nolan *et al.*, 1988; Strauch *et al.*, 2001) y minerales (Botacio y Garmendia, 1997; Chicco y Godoy, 2005). Cuando su aporte no cubre el requerimiento, se afecta considerablemente la respuesta animal.

Los efectos nutricionales se presentan a través del concurso de muchas variables tales como la cantidad y calidad del alimento consumido, reservas nutritivas almacenadas y la competencia de nutrientes por las diferentes actividades biológicas, según un orden de prioridad para mantener, inicialmente la vida del animal y la propagación de la especie. El orden aproximado de prioridad en la exigencia de los nutrientes según Short y Adams (1988) es: 1) metabolismo basal, 2) actividad voluntaria, 3) crecimiento, 4) reservas de energía, 5) preñez, 6) lactación, 7) reservas energéticas adicionales, 8) ciclos estrales e inicio de la gestación y 9) almacenamiento del exceso de energía.

La eficiencia reproductiva de la ganadería bovina de carne es afectada por distintos factores, entre los que se encuentran los inherentes a la vaca: edad, número de parto y estado de lactancia (Warnick *et al.*, 1960; Montoni y Riggs, 1978; Montoni *et al.*, 1995;) y raza (Warnick *et al.*, 1960).

El efecto negativo de la lactancia sobre la reproducción se demostró en vacas lecheras, desde Clapp (1937) cuando determinó que vacas Holstein amamantadas por sus crías tuvieron un comportamiento reproductivo inferior en comparación a las sometidas a 1, 2 ó 3 ordeños por día, ya que el estímulo del amamantamiento actúa sobre el hipotálamo disminuyendo la liberación de GnRH, lo que a su vez provoca menor secreción de LH (Zalesky *et al.*, 1990; Yavas y Walton, 2000).

La edad y el número de partos usualmente interactúan con el estado de la lactancia. El sentido y la magnitud de la interacción indican que las vacas que entran en servicio con

2 y 3 años son las más susceptibles a los efectos de la lactancia, debido no solo a los mayores requerimientos de nutrientes que demanda la función adicional de crecimiento aun activa en las vacas jóvenes, sino al amamantamiento *per se* (Montoni y Riggs, 1978).

3.1. SUPLEMENTACIÓN ESTRATÉGICA PARA MEJORAR LA REPRODUCCIÓN.

Según numerosos autores (Godoy y Chicco, 1991b; Ojeda y Escobar, 1995; Chicco y Godoy, 2005; Herrera *et al.*, 2007), la ganadería bovina tropical, se maneja bajo condiciones de pastoreo en dependencia de la disponibilidad cíclica de los nutrientes del forraje, debido a las condiciones climáticas (periodos seco y lluvioso), presentando según Preston y Leng (1989) las siguientes limitantes:

- Insuficiencia de N y S fermentables en la dieta para sostener una función ruminal eficiente.
- Baja tasa de salida de la digesta del rumen, creando distensión del órgano y limitando el consumo de alimento;
- Deficiencia general de proteínas y energía, debido al bajo consumo;
- Deficiencias minerales que afectan la eficiencia del crecimiento de los microorganismos del rumen y del propio animal.

Por lo anteriormente expuesto, entre varias alternativas, se viene empleando la suplementación estratégica, la cual es una tecnología que utiliza un componente o conjunto de componentes (energéticos, proteicos, nitrógeno no proteico, fibra de soporte y minerales) y es utilizada en los momentos en que se requiera (Herrera *et al.*, 1995) por la escasa disponibilidad cuantitativa y de la calidad de la oferta forrajera y que permite cumplir el objetivo de aportar o promover la síntesis de nutrientes requeridos diariamente por el animal (Combellas, 1993; Obispo y Chicco, 1993; Herrera *et al.*, 1995).

Parra *et al.* (1985) y Escobar (1989) indican que los objetivos de una suplementación estratégica son:

- Suplir la deficiencia de algunos nutrientes;

- Superar los efectos en la recurrencia de periodos críticos;
- Mejorar la eficiencia de utilización del forraje;
- Mejorar la capacidad de carga de las pasturas;

Chicco *et al.* (1998) y Obispo *et al.* (2001) consideran que la suplementación estratégica debe estar dirigida a resolver problemas carenciales en el rumen, por lo que, el desarrollo del sistema de producción, particularmente en pasturas de bajo valor nutritivo, debe basarse en el uso adecuado del tipo y cantidad de suplemento para corregir las deficiencias del forraje a fin de mantener y aumentar su consumo, mejorar la eficiencia de uso de los nutrientes y en último término una adecuada relación proteína/energía de los productos absorbidos por el hospedero y así y hacer más eficiente la producción animal.

Lo ideal es que el suplemento suministrado logre efectos beneficiosos cuando se incorpore a un nivel igual o menor al 20% del consumo total de materia seca del animal ya que, por encima de este valor, puede reducir el consumo de energía digestible de la dieta basal o la sustituye. Además, cantidades pequeñas de suplemento pueden ser mejores económicamente en relación a la capacidad de respuesta del animal (Preston y Leng, 1989).

Chicco *et al.* (1992), observaron durante el periodo de transición seco-lluvioso que la suplementación con un kg de harina de algodón y minerales tuvo un efecto favorable sobre los cambios de peso de novillas al compararla con las que solo recibieron minerales (326 vs. 32 g·animal⁻¹·d⁻¹). Sin embargo, ambos promedios de cambios de peso son mejores que el presentado en animales que no recibieron ningún tipo de suplementación con pérdidas de peso de 72 g·animal⁻¹·d⁻¹. La suplementación estratégica con proteína sobrepasante y minerales resultó ser efectiva, no solo en prevenir las pérdidas de peso, sino además promover una significativa ganancia, que no se puede explicar únicamente por el aporte de nutrientes de la torta de algodón, sino por un mejor balance del ecosistema ruminal con mejora de la relación proteína:energía de los productos absorbidos (Leng, 1991; Obispo y Chicco, 1993; Obispo *et al.*, 2001), que determinan un apreciable incremento en la eficiencia de utilización de los alimentos (Preston, 1986).

Según Kane *et al.* (2004), la suplementación con proteína no degradable (PND) en el rumen promueve un mejor comportamiento reproductivo en hembras bovinas de carne que consumen forraje de pobre calidad, al minimizar las pérdidas en el peso corporal postparto, acelerar la aparición de la pubertad, disminuir el anestro postparto e incrementar la tasa de preñez. Sin embargo, altos niveles de PND también ha sido asociada con problemas de fertilidad tanto en ganado de carne como de leche. El papel regulador que la suplementación con PND tiene sobre la función reproductiva en el ganado de carne es aún incierto, pero los autores sugieren que los efectos de la suplementación con PND sobre el comportamiento reproductivo están asociados con cambios en la síntesis, almacenaje y secreción de gonadotropinas de la pituitaria anterior y/o dinámica ovárico-folicular.

La suplementación con fuentes de proteína vegetal como harina de algodón ha mejorado el comportamiento reproductivo en vacas de primera lactancia, aumentando el porcentaje de preñez de 22% (antes de aplicar suplementación proteica) a 71,9% en promedio, durante 4 años de suplementación (Arriaga *et al.*, 2001). De la misma manera, la incorporación de nitrógeno no proteico (NNP) vía bloques multinutricionales, con inclusión de semilla de algodón, ha mostrado efecto sobre la preñez en los animales suplementados (48,2%) respecto al testigo (18,3%) en vacas multíparas pastando en sabanas bien drenadas (Herrera *et al.*, 1997); sin embargo, cuando Depablos *et al.* (2009) suplementaron con 700 g de suplemento con 42,5% de PC a un grupo de novillas manejadas en pasturas con un adecuado contenido de nutrientes, no se mejoró el porcentaje de preñez al compararlo con el testigo (81,8 vs. 90,9%).

3.2. MONITOREO DEL ESTADO NUTRICIONAL.

3.2.1. Monitoreo de estado energético.

Entre los metabolitos sanguíneos más usados para evaluar el estado energético de un rumiante se encuentran: la glucosa, el β -hidroxibutirato (BOHB) y los ácidos grasos no esterificados (AGNE). Los AGNE y BOHB están relacionados con la tasa de movilización lipídica en momentos de déficit energético y son los indicadores más usados para evaluar ese balance (González, 2000).

Los niveles de glucosa en sangre pueden mostrar variaciones diurnas, sin embargo, este metabolito juega un papel fundamental en el organismo animal y se relaciona con la homeostasis energética, aspecto muy discutido, debido a los múltiples factores que inciden sobre las concentraciones de glucosa sanguínea (Alvarez, 2001).

Sin embargo, Payne y Payne (1987) señalan que la glucosa es un componente importante en el perfil metabólico de ganado de carne, una vez que, en condiciones de campo, pueda encontrarse hipoglicemia cuando ocurre un balance de energía severamente negativo. Downie y Gelman (1976), estudiaron las relaciones de la glucosa sanguínea con el peso corporal y la fertilidad. Ofreciendo tres niveles de consumo energético, estos autores encontraron que cuando aumentaba la glicemia mejoraba la fertilidad y que a niveles bajos de glicemia disminuían la fertilidad.

Los niveles de BOHB tienen un valor limitado como indicador de déficit energético, ya que muestra aumentos relativamente pequeños en balance negativo moderado de energía, pero aumentan considerablemente cuando el balance negativo se torna severo (González, 2000).

Los AGNE constituyen el metabolito más significativo para estimar el estatus energético en ganado de carne, sobre cualquier circunstancia fisiológica, respondiendo rápidamente a cambios en el consumo de alimentos. Los AGNE son bastante sensibles a grados moderados de déficit energético; por lo tanto, su valor diagnóstico es limitado ante un balance energético negativo severo (González, 2000).

Los AGNE circulan en la sangre unidos a una proteína transportadora (albúmina) y reflejan tanto la tasa de liberación de ácidos grasos como el balance entre la síntesis y la hidrólisis de los triacilgliceroles en el tejido adiposo e hígado en condiciones iniciales de balance energético negativo (Whitaker y Kelly, 1994).

3.2.2. Monitoreo de estado proteico.

La cantidad de amonio ruminal que es producido y la cantidad que escapa a su conversión, refleja tanto el consumo de proteína degradable (PD) como la disponibilidad de

carbohidratos fermentables para promover el crecimiento microbiano y síntesis de proteína (Butler, 1998). El amonio que escapa de la utilización en el rumen es convertido a urea en el hígado (Tillman y Sidhu, 1969; Hof *et al.*, 1997; Bach *et al.*, 2005; Hayashi *et al.*, 2006). La concentración de nitrógeno circulante en la sangre, se mide tanto en plasma como en suero (PUN y SUN, respectivamente) y generalmente son definidos como nitrógeno ureico en sangre (BUN), el cual alcanza su pico entre 4 a 6 h después de la comida, debido a catabolismo de la PD y el metabolismo de la PND en el rumen que contribuye también al mantenimiento del nivel de nitrógeno durante todo el día (Butler, 1998). Las mediciones de BUN proporcionan un índice exitoso para estudiar la asociación entre el metabolismo de la proteína dietética y la eficiencia reproductiva. Una disminución de la tasa de concepción fue observada cuando el SUN excedió $20 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$ en el día de la inseminación, sugiriendo que la degradación excesiva de la proteína dietética en el rumen contribuye a la infertilidad (Butler *et al.*, 1996).

3.3. PROTEINA ALIMENTICIA Y SU DEGRADACIÓN RUMINAL.

Los componentes nitrogenados de los alimentos utilizados en animales se encuentran, principalmente, bajo dos formas: una como nitrógeno no proteico (NNP) y otra como proteína verdadera o preformada (Van Soest, 1982).

Las proporciones en que se encuentran el NNP y la proteína preformada, en los alimentos, varía según el origen de éstos, animal o vegetal (Maynard *et al.*, 1981), así como debido a las estructuras, estado fisiológico, manejo y procesamientos, en el caso de los vegetales (INRA, 1981).

La proteína degradable en el rumen (como % de la PC total) depende del potencial de degradación y de la tasa de pasaje (Ørskov y McDonald, 1979). La combinación del uso de la bolsa de nylon *in situ* (Ørskov *et al.*, 1980) y el uso del cromo mordante, según la técnica propuesta por Uden *et al.* (1980), permite valorar *in vivo* la degradación real de las proteínas en el rumen.

Las fuentes proteicas de origen animal utilizadas en Venezuela, han registrado tiempos medios de degradación ruminal de nitrógeno altos, siendo para la harina de

pescado 62 y 85,6 h, según Parra *et al.* (1984) y León y Chicco (1991), respectivamente, y para la harina de carne 18 y 35,3 h, respectivamente, para el mismo orden de autores. Las fuentes proteicas de origen vegetal, también han sido estudiadas, con tiempos medios de degradación ruminal de nitrógeno para las harinas de soya, ajonjolí, canavalia y algodón de 4; 7; 18 y 21 h (Parra *et al.*, 1984), respectivamente, y 8,1; 17; 8,6 y 23,1 h (León y Chicco, 1991), para el mismo orden de materias primas.

La alta tasa de degradación ruminal del nitrógeno de algunas materias primas proteicas, ha llevado a la utilización de técnicas de protección de la proteína, como el uso de formaldehído (Ferguson *et al.*, 1967) para que esta no pueda ser degradada a nivel ruminal, y que pueda ser degradada en segmentos posteriores del tracto gastrointestinal (Godoy *et al.*, 1993). Este técnica de protección ha disminuido la cantidad de nitrógeno amoniacal, nitrógeno microbiano, la fracción nitrogenada realmente degradable a nivel ruminal (Alfaro, 1986; Godoy *et al.*, 1994) y ha aumentado la retención y valor biológico del nitrógeno en raciones para bovinos en engorde (Godoy *et al.*, 1993).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

Para evaluar el efecto de la suplementación proteica con materias primas de diferentes tasas de degradación ruminal (harina de pluma hidrolizada y harina de soya) en vacas de primer parto, se llevaron a cabo dos experimentos. El primer experimento se realizó en condiciones de pastoreo con forraje de pobre calidad, y se evaluó el efecto de suplementos proteicos conteniendo principalmente harina de pluma hidrolizada y harina de soya, sobre variables productivas, reproductivas y química sanguínea de vacas de primer parto. El segundo experimento se llevó a cabo con animales en estabulación, fistulados en el rumen y alimentados con el mismo forraje del primer experimento (heno); evaluándose el efecto de los mismos suplementos proteicos, sobre la dinámica de la fermentación ruminal. La metodología de cada experimento se presenta por separado.

4.1. EXPERIMENTO I.

El experimento I se desarrolló entre septiembre del año 2007 y abril del año 2008, con una duración de 219 d, y tuvo como objetivo evaluar el efecto de suplementos proteicos, sobre los cambios de peso vivo, condición corporal, química sanguínea y algunas variables reproductivas como: presencia de cuerpo lúteo y folículos, porcentaje de preñez en vacas de primer parto, así como el efecto de los suplementos sobre el peso al nacer del becerro.

4.1.1. Ubicación.

El ensayo se realizó en el Hato La Trinidad propiedad de la Agropecuaria ASUBRI S.A., que se encuentra ubicado a 40 km al suroeste de Santa Bárbara, municipio Ezequiel Zamora del estado Barinas, a una altitud de 100 msnm, en una zona de vida de bosque seco tropical, con una topografía plana, caracterizada por la presencia de bancos, bajíos y esteros (Asuaje *et al.*, 2006).

4.1.2. Manejo de los animales.

Ciento diecisiete novillas Brahman gestantes con un peso promedio de $393,5 \pm 3,05$ kg de 3 (n= 84) y 4 (n=33) años de edad, fueron divididas en tres grupos uniformes en peso, balanceados por posible fecha de parto, y fueron asignados a tres suplementos experimentales (Cuadro 1) que contenían principalmente harina de maíz (HM, grano y mazorca molidos), harina de pluma hidrolizada (HPH) y harina de soya (HS), siendo isoenergéticos los tres suplementos, e isoproteicos solo los dos últimos. La inclusión de un grupo suplementado con HM principalmente, obedeció al hecho de realizar el experimento en una finca comercial, donde no se permitió el uso de un tratamiento sin suplementación (testigo negativo). El manejo alimenticio rutinario de las vacas de primer parto del hato consistía en 1 kg de alimento concentrado comercial de mantenimiento, más 40 g de urea, 30 g de sulfato de amonio y 50 g de premezcla mineral. Por lo cual se planteó la formulación de un suplemento testigo de aparente valor nutricional similar al tradicional de la finca, pero del cual se conociera su aporte de nutrientes, siendo éste descrito como HM, y comparar este suplemento con los dos proteicos (HPH y HS) que se deseaban estudiar.

Cuadro 1. Composición de los suplementos experimentales para vacas de primer parto.

Ingredientes	HM (%)	HPH (%)	HS (%)
Urea	2,5	2,5	2,5
Sulfato de amonio	4	4	4
Minerales ¹	5	5	5
Grasa sobrepasante Biolac [®]	8	8	8
Melaza de caña	5	5	5
Harina de maíz (grano y mazorca molidos)	75,5	45	15
Harina de pluma hidrolizada	-	30,5	-
Harina de soya	-	-	60,5
Proteína Cruda ² (%)	20,1	42,7	42,0
Energía Metabolizable estimada ² (Mcal/kg)	2,84	2,71	2,77

¹Concentración mineral (%): Ca: 21,6; P: 11,0; Mg: 2,02; Na: 2,65; Cu: 0,04; Zn: 0,17; Fe: 0,15; Mn: 0,17.

²Valores calculados en base al contenido teórico de energía metabolizable de las materias primas.

Los animales se manejaron en tres potreros bajo pastoreo continuo, donde predominaba *Urochloa humidicola*, con acceso al suplemento (1 kg·animal·d⁻¹) en comederos y agua *ad libitum* proveniente de fuentes naturales. Para evitar el efecto del

potrero sobre las variables a medir, los tres grupos de animales pastaron cada uno de los potreros por 9 d. La carga animal promedio fue de 0,44 UA/ha.

La suplementación se inició en los tres grupos de animales el 19-09-2007, aproximadamente 45 d antes de comenzar la temporada de partos. Los animales fueron ingresando a los tratamientos en la medida que tenían aproximadamente 45 d preparto, según los registros de palpación. La suplementación continuó durante toda la temporada de monta (108 d) que se inició el 08-01-2008 y culminó el 25-04-2008. Los becerros permanecieron con las vacas desde el nacimiento hasta los 8 meses de edad, por lo que las vacas estaban amamantando a los becerros durante la temporada de monta.

La temporada de servicio se llevó bajo la modalidad de monta natural en rebaños multitoro (relación vaca: toro de 20:1), y para evitar el efecto toro, los grupos de toros permanecieron fijos en cada potrero rotando las vacas entre potreros. Los toros utilizados tenían 3 años de edad y fueron evaluados por su calidad seminal, previo al inicio de la temporada de monta.

4.1.3. Evaluación de la dieta basal.

Cada 28 d (al concluir la rotación de potreros) se tomaron muestras de forrajes (n=640), considerando gradiente de pendiente y vegetación. Para ello se trazaron cinco transectas, tres con 20 puntos y dos con 10 puntos. En cada punto se lanzó un cuadro metálico de 0,375 m² que sirvió como área de cosecha (Paladines, 1992) recolectando 80 muestras equivalentes a un total de 30 m²·d⁻¹. Se midió altura del forraje dentro del área de muestreo (dos mediciones por cuadro) con una regla graduada (apreciación de 1 mm), y la cobertura aérea se expresó como el porcentaje de suelo cubierto por forraje (Toledo y Shultze-Kraft, 1982).

Para la determinación de la biomasa presente en base a materia seca (MS), se realizó el corte del material vegetal a 10 cm sobre el nivel del suelo, y las muestras fueron identificadas y deshidratadas en estufa de ventilación forzada THELCO® (Modelo 6M, USA) a 60°C hasta alcanzar peso constante. Posteriormente las muestras que coincidieron con el inicio del ensayo, inicio y final de la temporada de monta fueron molidas en un

molino Thomas Wiley® (Modelo 4, USA) con tamiz de 1 mm de diámetro, para la determinación de: ceniza por incineración y proteína cruda (PC, N x 6,25) a partir del nitrógeno obtenido por método Kjeldahl (AOAC, 1990), fibra detergente neutra (FDN) y fibra detergente ácida (FDA) por la metodología descrita por Van Soest y Wine (1967), los minerales Ca, Mg, Na, K, Zn, Cu, Fe y Mn, por espectrofotometría de absorción atómica (AOAC, 2000), P por método colorimétrico (Chen *et al.*, 1956) y S por turbidimetría (Tabatabai y Bremner, 1970). La materia orgánica (MO) del forraje se calculó como 100% menos el porcentaje de ceniza.

La precipitación fue medida diariamente con un pluviómetro durante el experimento, con el fin establecer las épocas de lluvia, sequía y sus transiciones.

En las materias primas principales de los suplementos (harina de maíz, harina de pluma hidrolizada y harina de soya) se determinó PC (N x 6,25) y ceniza según AOAC (1990), proteína soluble en KOH para la harina de soya y harina de pluma (COVENIN, 1993) y FDN según Goering y Van Soest (1970). Adicionalmente se les determinó digestibilidad *in vitro* de la MS (DIVMS) y MO (DIVMO) con la primera etapa (48 h) de la metodología descrita por Tilley y Terry (1963), digestibilidad *in vitro* de la FDN (DIVFDN) y digestibilidad verdadera *in vitro* de la MS (DVIVMS) según Goering y Van Soest (1970). Los animales donantes de fluido ruminal fueron dos vacas raza Carora fistuladas en el rumen con un peso vivo promedio de 600 kg y alimentadas en condiciones de mantenimiento. La ración recibida por estos animales estaba compuesta por 40% de alimento balanceado comercial (18% de PC y 35% de FND) y 60% de forraje constituido por *Cynodon dactylon* (forraje fresco y heno) y silaje de maíz (*Zea mays*).

En los tres suplementos experimentales se realizó análisis proximal según las metodologías descritas por AOAC (1990) para la determinación de humedad, ceniza, MS, PC (N x 6,25), grasa cruda (GC), fibra cruda (FC) y extracto libre de nitrógeno (ELN). La concentración mineral de los suplementos proteicos fue determinada por las mismas metodologías descritas para el forraje.

4.1.4. Variables evaluadas en los animales.

4.1.4.1. Productivas.

Cambio de peso vivo

Los cambios de peso vivo de las vacas fueron determinados por pesaje individual de los animales al inicio del experimento, al parto, al inicio y al final de la temporada de monta. Los pesajes se realizaron a primeras horas del día sin someter los animales a ayuno, utilizando una romana digital Tru-Test[®] (Modelo SR 2000, NZ) con apreciación de 1 kg.

Peso del becerro al nacer

Los becerros fueron pesados el día de su nacimiento, usando un peso de reloj de apreciación de 0,5 kg.

Condición corporal

La condición corporal (CC) de las vacas se calculó como la relación entre peso vivo (kg) y la altura a la cruz (AC, cm), medida está última con un bastón zoométrico como la distancia perpendicular desde el punto más elevado de la línea media de la cruz al suelo (Dubuc, 1991). Se consideró la relación peso:altura como medida objetiva de la CC, debido a su correlación en vacas de carne ($r=0,51$; $P<0,01$) con el grosor de la grasa medida por ultrasonido (Klosterman *et al.*, 1968). La CC de las vacas fue medida al inicio del ensayo, e inicio y final de la temporada de monta.

4.1.4.2. Reproductivas.

El efecto de la suplementación sobre las variables reproductivas fue medido por la presencia de estructuras ováricas (folículos mayores de 5 mm y cuerpo lúteo) determinadas por palpación transrectal al inicio de la temporada de monta. Cincuenta y cuatro días luego de culminada la temporada de monta, se diagnosticó la preñez por palpación transrectal.

4.1.4.3. Química sanguínea.

Para la medición de variables de química sanguínea, se tomaron al azar 14 animales (siete de 3 años y siete de 4 años) por cada grupo suplementado al inicio del experimento, y posteriormente los mismos animales fueron muestreados al inicio y final de temporada de monta.

Los animales fueron muestreados en horas de la mañana, por punción de la coccígea con agujas 21x1", utilizando tubos vacutainer sin anticoagulante. Luego de la coagulación espontánea a temperatura ambiente, en la misma unidad de producción se procedió a centrifugar (IEC Centrifuges[®], Modelo Clinical, USA) las muestras de sangre a 755 x g durante 15 minutos, para extraer el suero sanguíneo, el cual fue trasladado refrigerado hasta el Laboratorio de Investigación en Fisiología y Sanidad Animal (LIFSA) de la UNET para realizar las determinaciones de: glucosa (GLU) y AGNE por colorimetría, y urea y BOHB por cinética enzimática. Las concentraciones de los metabolitos fueron determinados con kits comerciales: Glicemia Enzimática (Wiener lab[®], ARG) para GLU; BUN-cinético (INVELAB[®], VE) para urea; Ranbut y NEFA (Randox[®], UK) para BOHB y AGNE, respectivamente. Las lecturas fueron tomadas en un espectrofotómetro (OMEGA IV[®], USA) de filtros con lámpara de tungsteno a una longitud de onda de 505 y 545 nm para GLU y AGNE, respectivamente, y 340 a 405 nm tanto para urea como para BOHB.

4.1.5. Análisis estadístico.

Las variables biomasa presente, altura y cobertura de forraje, por no cumplir con el supuesto de normalidad, fueron analizadas con la prueba de Kruskal-Wallis (Quinn y Keough, 2002) siguiendo un diseño completamente al azar considerando como fuente de variación la época del año (lluvia, sequía y sus transiciones).

El contenido de PC, FDN, FDA, Ca, Mg, P, Cu, Zn y Mn del forraje fue analizado por ANOVA utilizando como factor la época (inicio de ensayo, inicio y final de temporada de monta). Potasio, Na, S y Fe por no cumplir el supuesto de normalidad fueron transformados a logaritmo neperiano. En caso de diferencias se utilizó la prueba de medias de Tukey (Steel y Torrie, 1988). La MO por no cumplir con el supuesto de normalidad, fue

analizada con la prueba de Kruskal-Wallis. Las variables evaluadas en el forraje se analizaron por medio de programa Statistix 8.0 (Statistix, 2003).

Los cambios de peso vivo de las vacas, peso al nacer de los becerros, condición corporal y altura a la cruz, se analizaron bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2 x 3 (2 edades y 3 suplementos) cuyo modelo aditivo se describe a continuación según Chacín (2000):

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Y_{ijk} : observación del i -ésimo nivel de factor edad, j -ésimo nivel de factor suplemento

μ : media general.

α_i : efecto del i -ésimo nivel de factor edad ($i = 1, 2$).

β_j : efecto del j -ésimo nivel de factor suplemento ($j = 1, 2$ y 3)

$\alpha\beta_{ij}$: efecto de la interacción de primer orden del i -ésimo nivel de factor edad y el j -ésimo nivel de factor suplemento.

ϵ_{ijk} : Componente aleatorio del experimento.

En el caso de la variable peso del becerro al nacer, se consideró como covariable el tiempo de suplementación pre-parto.

La química sanguínea fue analizada bajo el mismo diseño y arreglo factorial anteriormente señalados, con medidas repetidas en el tiempo bajo el siguiente modelo aditivo según Davis (2000):

$$Y_{ijklm} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \delta_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\delta)_{ik} + (\beta\delta)_{jk} + (\alpha\beta\delta)_{ijk} + \epsilon_{ijklm}$$

Y_{ijklm} : observación del i -ésimo nivel de factor edad, j -ésimo nivel de factor suplemento.

μ : media general.

α_i : efecto del i -ésimo nivel de factor edad ($i = 1, 2$).

β_j : efecto del j -ésimo nivel de factor suplemento ($j = 1, 2$ y 3).

δ_k : Efecto del l -ésimo período ($l = 1, 2$ y 3).

$\alpha\beta_{ij}$: efecto de la interacción de primer orden del i -ésimo nivel de factor edad y el j -ésimo nivel de factor suplemento.

$\alpha\delta_{ik}$: efecto de la interacción de primer orden del i -ésimo nivel de factor edad y el l -ésimo período.

$\beta\delta_{jk}$: efecto de la interacción de primer orden del j -ésimo nivel de factor suplemento y el l -ésimo período.

$\alpha\beta\delta_{ijk}$: efecto de la interacción de segundo orden del i -ésimo nivel de factor edad, j -ésimo nivel de factor suplemento y el l -ésimo período.

$\epsilon_{1(i,j)}$ = Efecto aleatorio del m -ésimo sujeto en el i -ésimo, j -ésimo y k -ésimo nivel de los factores edad y suplemento, respectivamente.

ϵ_{ijklm} : Componente aleatorio del experimento.

Para los análisis descritos se utilizó el programa SPSS 15.0 (SPSS Inc., 2006).

En el caso de estructuras ováricas, porcentaje de preñez y pariciones, se utilizó regresión logística exacta (Mehta y Patel, 1995) por medio del programa Logxact-4 4.1 (Cytel Software Copyright, 2000).

4.2. EXPERIMENTO II.

El experimento II se llevó a cabo en el periodo agosto-septiembre del año 2010, y tuvo como objetivo evaluar en animales estabulados y fistulados en el rumen, el efecto de los suplementos del experimento I, sobre la degradación de MO del forraje y degradación de MO y PC de los suplementos, así como el efecto de los suplementos sobre pH,

concentración de nitrógeno amoniacal, ácidos grasos volátiles en líquido ruminal, y química sanguínea.

4.2.1. Ubicación.

El experimento se llevó a cabo en las instalaciones del Centro de Congelación de Semen (CECOSEM) de la Unidad Académica “La Morusca”, ubicada en La Fría, Municipio García de Hevia del estado Táchira, a una altitud de 70 m.s.n.m., con temperatura promedio de 26,8 °C y humedad relativa de 81% (Moreno *et al.*, 2006).

4.2.2. Manejo del experimento.

Se utilizaron dos hembras bovinas mestizas por tratamiento (Chicco *et al.*, 1972; Alfaro, 1986; Godoy *et al.*, 1994) con peso vivo promedio de $446,2 \pm 29,3$ kg, fistuladas en el rumen según la metodología descrita por Holmaback-Petersen *et al.* (2007) y provistas de cánulas flexibles de plastisol (Bar Diamond, Inc[®], USA). Los animales fueron pesados en una romana con apreciación de 500 g (Tebabasca[®], Modelo TBG-1500, VE) y posteriormente alojados en corrales individuales techados de 12 x 4 m, con acceso a agua *ad libitum* y alimentados con heno de *U. humidicola*.

Un tratamiento adicional fue incluido como testigo negativo (F) que consistió en alimentación con heno de *U. humidicola* y $50 \text{ g} \cdot \text{animal} \cdot \text{d}^{-1}$ de mezcla mineral comercial (similar a la del experimento I) la cual fue introducida diariamente en el rumen vía fístula. La composición química del heno (Cuadro 2) se determinó con las mismas metodologías señaladas para el análisis químico del forraje en el experimento I.

Entre las 7:00 y 9:00 h se restringió el acceso de animales al heno; tiempo en el cual se realizaba la limpieza de los corrales, posteriormente se ofrecía materia seca de heno, ofertándose el primer día el 2% de su peso vivo, mientras que los días siguientes se ofrecía un 20% adicional al consumo del día previo, y al mismo tiempo se les suministraba $1 \text{ kg} \cdot \text{animal} \cdot \text{d}^{-1}$ de los suplementos experimentales utilizados en el experimento I.

Cuadro 2. Composición química del heno de *Urochloa humidicola* (base seca).

Variable	Contenido
MS (%)	89,29
MO (%)	95,14
PC (%)	2,63
Pared celular (%)	
FDN	80,52
FDA	44,73
Macrominerales (%)	
Ca	0,10
P	0,07
Mg	0,08
Na	0,13
K	0,64
S	0,09
Microminerales (ppm)	
Cu	0
Zn	31
Fe	76
Mn	348

El periodo experimental fue de 18 d de adaptación a las dietas y 3 d para la medición de las variables.

4.2.3. Variables evaluadas:

4.2.3.1. pH.

Se tomaron muestras de contenido ruminal de diferentes partes del rumen a las 0; 3; 6; 9 y 12 h de consumido el suplemento. El material se colocó sobre tres capas de gaza quirúrgica, y fue exprimido fuertemente para extraer el líquido y se tomó una alícuota, a la cual se le midió inmediatamente el pH por medio de electrometría con un equipo Inolab[®] (Modelo pH 730).

4.2.3.2. Nitrógeno amoniacal (N-NH₃) y ácidos grasos volátiles (AGV).

Del líquido ruminal extraído (en cada tiempo de muestreo de pH) se depositaron 50 mL en frascos de plástico que contenían 1 mL de solución saturada de bicloruro de mercurio, con el fin de detener la actividad microbiana e ionizar los componentes volátiles

del líquido. Las muestras fueron almacenadas a -20°C hasta su análisis (Laboratorio de Nutrición Animal del INIA-CENIAP). Para ello se descongelaron y 10 mL del líquido se centrifugaron a $1.770 \times g$ a 4°C por 10 min en una centrífuga Hettich Zentrifugen[®] (Modelo Universal 32R, ALE). Luego 1 mL del sobrenadante fue centrifugado a $21.670 \times g$ a 4°C por 30 min, y del sobrenadante se tomaron las alícuotas para determinar N-NH_3 por el método colorimétrico de fenol-hipoclorito descrito por Chaney y Marbach (1962) siendo la absorbancia medida en un espectrofotómetro Shimadzu[®] (Modelo UV-1601, JPN) a una longitud de onda de 625 nm.

Para la determinación de AGV, a 10 mL de licor ruminal se le agregó 2 mL de ácido metafosfórico al 25%, y la mezcla fue centrifugada a $1.770 \times g$ a 4°C por 10 min. El sobrenadante fue usado para la determinación de ácido acético, propiónico y butírico por cromatografía de gases (Erwin *et al.*, 1961) en un equipo Shimadzu[®] (Modelo GC-17A, JPN) acoplado a un espectrofotómetro de masa Shimadzu[®] (Modelo GCMS-QP5000, JPN).

4.2.3.3. Degradabilidad de la materia orgánica y proteína cruda.

Se utilizó la técnica descrita por Ørskov *et al.* (1980) de suspensión *in situ* de bolsas (Ankom Technology[®], USA) para determinar la degradabilidad de la MO de forraje, MO y PC (N x 6,25) del suplemento ofrecido a los animales durante ocho tiempos de incubación: 0; 3; 6; 9; 12; 24; 48 y 72 h después del consumo de alimento. El heno fue molido en un molino Thomas Wiley[®] (Modelo 4, USA) y se utilizó un tamaño de partícula de 1 a 2 mm. En cada bolsa se introdujeron 6 g de sustrato y dos bolsas por cada tiempo de incubación, las cuales fueron atadas a 1 m de nylon. Luego de introducidas las bolsas se ofertó el suplemento. Después de la extracción de las bolsas del rumen, éstas fueron lavadas con agua, y secadas en una estufa de ventilación forzada THELCO[®] (Modelo 6M, USA) a 60°C hasta alcanzar peso constante. Se midió la desaparición (como porcentaje de la cantidad inicial) de la MO del forraje, MO y PC suplemento a las 0; 3; 6; 9; 12; 24; 48 y 72 h, usando las metodologías descritas por AOAC (1990) para la determinación de proteína cruda (N x 6,25) y ceniza.

4.2.3.4. Química sanguínea.

Se tomaron muestras de sangre de la vena yugular a las 0; 3; 6; 9 y 12 h, después del consumo de suplemento, para la determinación de glucosa y urea en suero sanguíneo. El proceso de obtención de suero y determinación de los dos metabolitos se realizó siguiendo la misma metodología descrita en el experimento I; excepto por la urea que se determinó por método colorimétrico con kit Uremia (Wiener lab[®], ARG) y su absorbancia se midió a una longitud de onda de 545 nm.

4.2.4. Análisis estadístico.

La tasa de desaparición de MO y PC de los suplementos se calculó de acuerdo a la ecuación propuesta por Ørskov *et al.* (1980): $P = a + b(1 - \exp^{-ct})$, donde **a** representa la desaparición de la MO y PC a tiempo cero; **b** la fracción potencialmente degradable y **c** la tasa fraccional de degradación. Las constantes **a**, **b** y **c**, fueron determinadas por regresión no lineal con el programa Neway Excel[®] Versión 6. Se calculó el tiempo medio ($t_{1/2}$) de la degradación de MO y PC de los suplementos por la ecuación $t_{1/2} = \ln(2)/c$ según Kempton (1980).

La degradación de la MO del forraje y PC de los suplementos, fue ajustada por regresión no lineal con el programa Neway Excel[®] Versión 6, y los porcentajes de degradación de cada tiempo fueron analizados por ANOVA, bajo un diseño completamente al azar y en caso de diferencias se usó la prueba de Tukey (Steel y Torrie, 1988).

Las variables pH, N-NH₃, ácidos: acético, propiónico y butírico (0; 3; 9 y 12 h); constantes de degradación ruminal de los suplementos, glucosa y urea en suero sanguíneo, fueron analizadas por ANOVA, bajo un diseño completamente al azar y en caso de diferencias se usó la prueba de Tukey (Steel y Torrie, 1988). La concentración de ácido butírico a las 6 h y la constante **c** en la degradación de proteína, por no cumplir el supuesto de normalidad fueron transformadas a Logaritmo Neperiano y analizadas por ANOVA bajo un diseño completamente al azar. La correlación entre la concentración de urea en suero sanguíneo y nitrógeno amoniacal en líquido ruminal, se determinó por medio de una matriz de correlación de Pearson.

El modelo matemático aditivo para las variables evaluadas en el experimento II, según Chacín (2000), es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

Y_{ij} : j -ésima observación del i -ésimo tratamiento

μ : medida general.

α_i : efecto del i -ésimo tratamiento ($i = 1, 2, 3$ y 4).

ε_{ij} : Componente aleatorio del experimento.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. EXPERIMENTO I.

5.1.1. Análisis químico y digestibilidad *in vitro* de las principales materias primas de los suplementos.

El contenido de PC de 87,72% en la harina de pluma (Cuadro 3) es similar al valor reportado por la literatura (Thomas y Beeson, 1977; Aderibigbe y Church, 1983; Fontaneli *et al.*, 2002; Vergara-López *et al.*, 2002), de igual forma el 52,19% de PC observado en la harina de soya (León y Chicco, 1991; Gonzalvo *et al.*, 2001; Fontaneli *et al.*, 2002), siendo su solubilidad en KOH (74,71%) superior a 70%, valores inferiores indican un sobreprocesamiento de esta materia prima (Araba y Dale, 1990). La solubilidad de PC en KOH de la harina de pluma fue más baja que la observada en la harina de soya (27 vs. 74,71%). La PC de la harina de maíz (grano y mazorca molidos) fue ligeramente superior al reportado NRC (2001) de 8,6%.

Cuadro 3. Análisis químico y digestibilidad *in vitro* de las materias primas principales de los suplementos experimentales.

Variable (%)	Materia prima		
	Harina de maíz	Harina de pluma hidrolizada	Harina de soya
MS	90,60	92,83	90,35
PC (N x 6,25)	10,94	87,72	52,19
Solubilidad de PC ¹	-	27,00	74,71
MO	93,69	96,73	94,30
FDN	27,86	18,78	18,45
DIVMS ²	86,37	38,67	80,77
DIVMO ³	89,08	47,48	83,16
DIVFDN ⁴	75,63	41,48	79,27
DVIVMS ⁵	93,21	89,01	96,18

¹En KOH al 0,2%. ²DIVMS: digestibilidad *in vitro* de la materia seca. ³DIVMO: digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica. ⁴DIVFDN: digestibilidad *in vitro* de la fibra detergente neutra. ⁵DVIVMS: digestibilidad verdadera *in vitro* de la materia seca.

La MS y MO fue similar entre las materias primas, mientras que la FDN fue mayor en la harina de maíz (27,86%) respecto a las otras dos materias primas, y superior a 21,5% FDN reportado por NRC (2001) para este ingrediente. Los valores de FDN son similares a

los reportados por la literatura para la harina de soya (Bochi-Brum *et al.*, 1999; NRC, 2000; Fontaneli *et al.*, 2002) y harina de pluma (MacGregor, 2000). La DIVMS, DIVMO y DIVFDN, fue más baja en la harina de pluma con valores de 38,67; 47,48 y 41,78% respectivamente, sin embargo, la DVIVMS de las tres materias primas fue similar, con valores de 93,21; 89,01 y 96,18%, para las harinas de maíz, pluma y soya, respectivamente. Valores similares de DVIVMS fueron observados en harina de soya por Bochi-Brum *et al.* (1999).

5.1.2. Análisis químico de los suplementos experimentales.

El análisis proximal de los suplementos (Cuadro 4) indica un contenido similar de MS y MO. El contenido de PC de los suplementos fue similar al estimado por cálculo. Los valores en HM de GC y ELN (10,24 y 55,48%, respectivamente) fueron superiores a los observados en HPH y HS de 6,80 y 37,86% y 6,21 y 38,64%, respectivamente. Valores diferentes se observaron respecto a FC entre los suplementos, siendo mayor en HM (3,55%), seguido por HS (2,01%) y más bajo en HPH (0,19%).

El contenido mineral de los tres suplementos, indica concentraciones similares de Ca y P para HM y HPH, con valores de 1,80 y 1,37%; y 1,30 y 0,93%, respectivamente, siendo más bajos en HS con 1,30 y 0,93%. La concentración de K fue mayor en HS (1,20%) seguido por HM (0,80%) y más bajo en HPH (0,40%), siendo el S similar entre HM y HS, y más elevado en HPH. El contenido de microminerales fue más elevado en HPH, respecto a HM y HS, siendo estos últimos muy similares entre sí.

Cuadro 4. Composición química de los suplementos (base seca).

Variable	Suplemento		
	HM	HPH	HS
Análisis proximal (%)			
Humedad	10,25	7,52	9,05
MS	89,75	92,48	90,95
MO	89,96	87,60	89,40
PC (N x 6,25)	20,69	42,75	42,54
GC	10,24	6,80	6,21
FC	3,55	0,19	2,01
ELN	55,48	37,86	38,64
Macrominerales (%)			
Ca	1,80	2,10	1,30
P	1,37	1,43	0,93
Mg	0,38	0,41	0,32
K	0,80	0,40	1,20
Na	0,20	0,41	0,21
S	0,85	1,10	0,74
Microminerales (ppm)			
Cu	48	78	50
Zn	305	464	216
Fe	590	870	530
Mn	160	250	140

5.1.3. Precipitación.

El registro de precipitación durante el experimento (Cuadro 5) permite distinguir cuatro épocas: 1) época lluviosa, en los meses de septiembre (inicio del experimento) y octubre, con precipitación de 272 y 458 mm, respectivamente, 2) transición lluvia-sequía, en noviembre (71 mm) y diciembre (55 mm), 3) sequía, durante enero (7 mm, inicio de la temporada de monta) y febrero (0 mm), y 4) transición sequía-lluvia, en los meses de marzo y abril (final de la temporada de monta) con precipitación de 50 y 80 mm, respectivamente.

Cuadro 5. Precipitación (mm) mensual en el Hato La Trinidad, durante el periodo experimental.

	Año 2007				Año 2008				
	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May
Precipitación (mm)	272	458	71	55	7	0	50	80	269

5.1.4. Características de la pastura.

La biomasa presente por unidad de superficie (Cuadro 6), fue aumentando ($P < 0,01$) durante el experimento, siendo más baja en la temporada de lluvia ($4.124,9 \text{ kg MS}\cdot\text{ha}^{-1}$) y más alta en la transición sequía-lluvia ($5.907,3 \text{ kg MS}\cdot\text{ha}^{-1}$). Dicho aumento puede ser debido a que en el mes de septiembre, días antes de inicio del experimento, los potreros estaban siendo utilizados por otros lotes de animales con una carga mayor a la utilizada durante el ensayo ($0,44 \text{ UA}\cdot\text{ha}^{-1}$), y aumentó posiblemente en las épocas transición lluvia-sequía y sequía, por la baja carga animal utilizada en el experimento, ya que en la unidad de producción, se maneja una carga animal en potreros de pastos introducidos durante la época de lluvia o sequía de $0,6$ a $0,8 \text{ UA}\cdot\text{ha}^{-1}$ (Asuaje *et al.*, 2006).

Cuadro 6. Biomasa presente, altura y cobertura de forraje en las diferentes épocas del experimento.

Época	Biomasa presente		Altura (cm)	Cobertura aérea (%)
	kg MS·ha ⁻¹	kg MS·vaca·d ⁻¹		
Lluvia (Sep-Oct)	4.124,9 ^c	95,9 ^a	53,5 ^a	66,6 ^b
Transición lluvia-sequía (Nov-Dic)	5.001,1 ^b	76,8 ^b	51,5 ^a	76,5 ^a
Sequía (Ene-Feb)	5.793,6 ^{ab}	88,3 ^{ab}	44,3 ^b	73,1 ^{ab}
Transición sequía- lluvia (Mar-Abr)	5.907,3 ^a	89,5 ^{ab}	42,0 ^b	71,5 ^{ab}

^{a, b, c} Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas ($P < 0,01$).

Durante las diferentes épocas del experimento, la biomasa presente por unidad de superficie estuvo por encima de los $2.000 \text{ kg MS}\cdot\text{ha}^{-1}$, considerados como mínimos para no afectar el consumo voluntario a pastoreo (Minson, 1990). La biomasa presente por vaca·d⁻¹ (Cuadro 5) fue más alta ($P < 0,01$) en la época de lluvia debido a que en los dos primeros meses del ensayo la carga era más baja, ya que no habían ingresado todos los animales a los tratamientos. Luego de haber ingresado (según su posible fecha de parto) la totalidad de animales a suplementar en el mes de noviembre, se observó una disminución ($P < 0,01$) de la biomasa presente por vaca·d⁻¹ en la época de transición lluvia-sequía. Sin embargo, siempre

estuvo por encima de los 30 kg MS·vaca·d⁻¹ sugeridos por Lamela (1992) para manifestar el 90% del potencial productivo de los animales, y fue superior a los 55 kg MS·vaca·d⁻¹ señalados por el mismo autor, por encima de los cuales comienza a haber un balance estructural hoja-material muerto desfavorable en el estrato de 10 a 20 cm.

La altura del forraje (Cuadro 6) fue disminuyendo ($P < 0,01$) durante el experimento con valores promedios más altos en las épocas de lluvia (53,5 cm) y transición lluvia-sequía (51,5 cm) y más bajos en las épocas de sequía (44,3 cm) y transición sequía-lluvia (42,0 cm), y fue superior al rango de 30 a 40 cm sugerido por Gil y Rodríguez (1979) como adecuado. Sin embargo, ésta depende de la especie; Mora *et al.* (2010a), en los llanos occidentales de Venezuela, observaron alturas de forraje en potreros donde predominaba *U. humidicola* de 32,9 y 48,9 cm para las épocas de sequía y lluvia, respectivamente, manejando una carga animal de 0,9 UA·ha⁻¹, siendo estas alturas inferiores a las observadas en el presente experimento, posiblemente debido a la baja carga animal (0,44 UA·ha⁻¹). El porcentaje de cobertura (Cuadro 5) fue más bajo ($P < 0,01$) en la época de lluvia (66,6%) posiblemente debido la carga más elevada que se manejaba previo al inicio del experimento, y más alto en la transición lluvia-sequía (76,5%).

El porcentaje de MO del forraje (Cuadro 7) fue igual entre muestreos ($P > 0,05$; $91,05 \pm 0,63\%$). El porcentaje de PC del forraje fue disminuyendo ($P < 0,01$) a lo largo del experimento, de 3,04% (inicio de ensayo) a 2,29% (final del temporada de monta), lo que pudo haber afectado negativamente el consumo de forraje, ya que estuvo por debajo del 7% sugerido por Milford y Minson (1965). Además fue insuficiente para cubrir las necesidades proteicas (NRC, 2000) de las vacas de primer parto desde el último mes de gestación (10,2%) hasta 6 meses postparto (7,14%), periodo durante el cual se desarrolló el experimento. Respecto a los elementos estructurales de la pared celular, la FDN aumentó ($P < 0,01$) desde el inicio al final del ensayo (75,59 vs. 78,65%) y fue superior al rango de 55-60% sugerido por Van Soest (1965) para no afectar el consumo voluntario. Sin embargo es común que el contenido de FDN de las gramíneas tropicales se ubique por encima de este rango de gramíneas de clima templado. Juárez *et al.* (1999) observaron valores de FDN entre 63,5 y 74,9% en gramíneas tropicales, y Depablos *et al.* (2009) registraron valores de

77,67 y 81,30% en la transición lluvia-sequía y sequía, respectivamente, en el estado Cojedes, región centro-norte de Venezuela.

Cuadro 7. Composición química del forraje durante el experimento (base seca).

Variable	Muestreo			Necesidad ¹
	Inicio de experimento	Inicio de temporada de monta	Final de temporada de monta	
MO (%)	89,85	91,46	91,83	
PC (%)	3,04 ^a	2,57 ^{ab}	2,29 ^b	7,14 [†] -10,02 [‡]
FDN (%)	75,59 ^b	78,44 ^{ab}	78,65 ^a	
FDA (%)	44,93 ^d	48,00 ^e	48,12 ^e	
Ca (%)	0,05 ^c	0,11 ^b	0,16 ^a	0,19 [†] -0,31 [‡]
P (%)	0,16 ^a	0,16 ^a	0,11 ^b	0,14 [†] -0,22 [‡]
Mg (%)	0,09 ^b	0,13 ^{ab}	0,15 ^a	0,12-0,20
Na (%)	0,16	0,21	0,20	0,06-0,10
K (%)	0,72 ^a	0,52 ^{ab}	0,45 ^b	0,50-0,70
S (%)	0,05 ^d	0,08 ^{de}	0,10 ^e	0,08-0,15
Cu (ppm)	0,73 ^d	0,90 ^{de}	1,50 ^e	4-14
Zn (ppm)	34,0	34,1	38,6	20-40
Fe (ppm)	570,5	467,1	308,6	50-100
Mn (ppm)	187,5 ^b	379,5 ^a	376,0 ^a	20-50

^{a, b, c} Letras diferentes en la misma fila indican diferencias estadísticas (P<0,01).

^{d, e} Letras diferentes en la misma fila indican diferencias estadísticas (P<0,05).

¹NRC (2000). [‡]Requerimientos de vacas de primer parto 1 mes preparto. [†]Requerimientos de vacas de primer parto 6 meses postparto.

El contenido de FDA del forraje aumentó (P<0,05) durante el ensayo, con un valor al inicio del experimento de 44,93%, y de 48% al inicio y final de la temporada de monta. Los aumento de FDN y FDA, y disminución de PC, pueden ser debidos a una subutilización de la pastura por la baja carga animal y por el estado vegetativo de la pastura, así como por cambios en la relación hoja:tallo durante el experimento, como lo observaron Mora *et al.* (2010a).

El Na y Zn fueron adecuados a las necesidades de las vacas según NRC (2000) y no presentaron variaciones (P>0,05) durante el experimento. El Fe y Mn fueron superiores a las necesidades de las vacas, lo cual coincide con otros valores reportados en Venezuela (Chicco y Godoy, 1987; Depablos *et al.*, 2009; Mora *et al.*, 2010a,b), siendo la concentración de Mn mayor en el inicio y final de la temporada de monta (P<0,01),

respecto al inicio del ensayo. Sin embargo, las concentraciones de estos dos elementos minerales estuvieron por debajo del valor considerado tóxico (1000 ppm) según NRC (1980). Las concentraciones de K fueron adecuadas a las necesidades de las vacas durante el inicio de experimento e inicio de temporada de monta, y fueron disminuyendo durante el experimento ($P < 0,01$), siendo más bajas al final de la temporada de monta e inferiores a las necesidades de las vacas durante esa misma época.

El Mg y S fueron bajos con respecto a los requerimientos al inicio del ensayo, pero fueron aumentando ($P < 0,05$) durante el experimento cubriendo las necesidades de los animales. El Ca y Cu fueron inferiores a las necesidades de las vacas durante todo el periodo experimental. Sin embargo, los suplementos aportaron diariamente cantidades de Ca de 16,2; 19,4 y 11,8 g para HM, HPH y HS, respectivamente, pudiendo cubrir las necesidades solo entre el inicio y final de la temporada; en el caso del Cu los aportes diarios fueron 43; 72 y 45,5 mg, para HM, HPH y HS, respectivamente, lo cual pudo cubrir las necesidades mínimas de los animales. El P, al inicio del ensayo, estuvo por debajo de las necesidades de las vacas (un mes preparto) y disminuyó durante el ensayo ($P < 0,01$). Sin embargo, los suplementos HM, HPH y HS aportaron 12,3; 13,2 y 8,5 $\text{g}\cdot\text{d}^{-1}$ de P, respectivamente, niveles suficientes para los animales del experimento. El contenido de P del forraje fue mayor que el de Ca, lo cual coincide con lo observado por Mora *et al.* (2010a) en los llanos occidentales de Venezuela.

A pesar de la baja calidad del forraje, con una oferta suficientemente alta de este último, el animal puede seleccionar la materia seca con mayor concentración de nutrientes según lo observado por Hardison *et al.* (1954) y Depablos *et al.* (2009).

5.1.5. Variables productivas.

El efecto de la suplementación sobre las variables productivas y reproductivas de las vacas de primer parto no mostró interacción ($P > 0,05$) entre los factores suplemento x edad, por lo tanto se discutirán solamente los efectos principales.

Los tiempos de suplementación (Cuadro 8) pre-parto, parto-monta y total, fueron iguales ($P > 0,05$) entre los diferentes grupos experimentales, con valores promedio globales

de $41 \pm 2,25$; $53 \pm 2,7$ y $193 \pm 2,5$ d para el mismo orden de tiempos de suplementación. El peso al nacer del becerro no fue afectado ($P > 0,05$) por el tipo de suplemento que consumía la vaca, con un promedio de 31,97 kg, coincidiendo estos resultados con los observados por Wiley *et al.* (1991) en vacas primíparas Angus sometidas a dos planos nutricionales en el parto (bajo vs. mantenimiento). También coinciden con Strauch *et al.* (2001) al suplementar vacas primíparas 60 d parto con una dieta testigo (14,1% PC y 84,1% NDT) y otra con proteína no degradable (19,3% PC y 83,4% TND).

El peso de la vaca al parto (Cuadro 8), no fue afectado por el tipo de suplemento ($P > 0,05$) con promedio de $340,1 \pm 4,1$ kg. El mismo comportamiento fue observado por Strauch *et al.* (2001) al suplementar vacas primíparas 60 d parto, señalando que el forraje y los suplementos aportaban cantidades de proteína metabolizable que excedían las necesidades diarias. Similar comportamiento en el peso al parto de vacas primíparas Brahman fue observado por Soto *et al.* (2001) al suministrar un suplemento de 20% de PC, a tres grupos de animales: 1) 45 d parto y 45 d postparto; 2) 45 d parto; y 3) 45 d postparto. Se ha estimado que la vaca pierde al momento del parto 1,7 veces el peso del becerro, valor que corresponde al peso del becerro, fluidos fetales y placenta (NRC, 2000).

Cuadro 8. Tiempo de suplementación promedio y efecto de los suplementos sobre los cambios de peso vivo de las vacas y peso al nacer del becerro.

Variable	Suplementos		
	HM (n=34)	HPH (n=34)	HS (n=37)
Tiempo de suplementación parto (d)	45	45	37
Tiempo de suplementación parto-monta (d)	46	55	58
Tiempo de suplementación total (d)	191	194	193
Peso inicial de la vaca (kg)	394,9	393,2	392,5
Peso del becerro al nacer (kg)	31,58	32,27	32,06
Peso de la vaca al parto (kg)	343,7	336,6	340,0
Cambio de peso vivo de la vaca del parto a la monta ($g \cdot d^{-1}$)	-56 ^b	41 ^{ab}	258 ^a
Peso de la vaca a la monta (kg)	340,4 ^b	339,0 ^b	356,4 ^a
Cambio de peso vivo de la vaca del inicio al final de la monta ($g \cdot d^{-1}$)	-152	-100	-150
Peso de la vaca al final de la monta (kg)	324,9 ^b	326,4 ^b	337,2 ^a

^{a, b} Letras diferentes en la misma fila indican diferencias estadísticas ($P < 0,05$).

Por otra parte, entre el parto y inicio de la temporada de monta, HS ganó peso ($P < 0,05$; $258 \text{ g}\cdot\text{d}^{-1}$), mientras que HM perdió peso ($-56 \text{ g}\cdot\text{d}^{-1}$), y HPH presentó valores intermedios ($41 \text{ g}\cdot\text{d}^{-1}$). De la misma forma HS presentó mayor peso ($P < 0,05$) al inicio de la temporada de monta ($356,4 \text{ kg}$) y pesos inferiores se registraron en HM y HPH, con valores de $340,4$ y $339,0 \text{ kg}$, respectivamente. Estos resultados coinciden con los de Anderson *et al.* (2001) quienes observaron que al suplementar vacas Angus de primer parto con cantidades adecuadas de PD (usando como fuente harina de soya) se obtuvieron mayores ganancias de peso en los primeros 60 d postparto, comparado con vacas suplementadas con cantidades deficientes de PD. Este efecto fue más marcado durante los primeros 30 d del postparto. Sin embargo, Wiley *et al.* (1991) observaron que suministrando 250 g de PND las vacas de primer parto ganaron peso más rápido durante el postparto al comparar con las vacas que consumían PD. El mejor comportamiento de HS es probablemente debido a una mayor liberación de nitrógeno amoniacal en el sistema ruminal por parte de la harina de soya (Thomas y Beeson, 1977; Thomas *et al.*, 1994) lo que mejora la digestión de forrajes de pobre calidad (Godoy y Chicco, 1991a; Godoy *et al.*, 1993; Mathis *et al.*, 2000) y conlleva a un aumento del consumo de materia seca (Preston y Leng, 1989; Godoy y Chicco, 1991a, b).

Entre el inicio y final de la temporada de monta, todos los grupos perdieron peso (Cuadro 8) sin diferencias entre ellos ($P > 0,05$), posiblemente debido a la mayor disminución de la calidad del forraje, desde el punto de vista tanto de incremento de pared celular como por la disminución de PC y los suplementos no pudieron compensar las necesidades de nitrógeno. Al final de la temporada de monta, el peso vivo promedio de cada tratamiento mantuvo la misma tendencia que el peso al inicio de la temporada, con superioridad ($P < 0,05$) de HS sobre HM y HPH

El tiempo de suplementación preparto (Cuadro 9) fue mayor en las vacas de 3 años ($48 \pm 2,4 \text{ d}$) respecto a las de 4 años ($34 \pm 3,8 \text{ d}$), posiblemente debido a que estas últimas, en su temporada de monta previa quedaron preñadas en los primeros meses de servicio y por lo tanto fueron las primeras en parir. Si bien los grupos se organizaron por posible fecha de parto, diferencias de 14 d de gestación son difíciles de detectar por palpación transrectal. El tiempo de suplementación parto-monta fue más elevado en las vacas de 4 años, lo cual se

debe a que parieron al inicio de la temporada de partos. El mismo comportamiento se observó en el tiempo de suplementación total.

Cuadro 9. Tiempo de suplementación y efecto de la edad sobre los cambios de peso vivo de vacas de primer parto y peso al nacer del becerro.

Variable	Edad (años)	
	3 (n=75)	4 (n=30)
Tiempo de suplementación preparto (d)	48 ^a	34 ^b
Tiempo de suplementación parto-monta (d)	40 ^b	66 ^a
Tiempo de suplementación total (d)	184 ^b	201 ^a
Peso inicial de la vaca (kg)	376,8 ^b	410,3 ^a
Peso del becerro al nacer (kg)	30,96 ^b	32,98 ^a
Peso de la vaca al parto (kg)	328,6 ^b	351,6 ^a
Cambio de peso vivo de la vaca del parto a la monta (g·d ⁻¹)	179	-17
Peso de la vaca a la monta (kg)	337,2 ^b	351,7 ^a
Cambio de peso vivo de la vaca del inicio al final de la monta (g·d ⁻¹)	-142	-126
Peso de la vaca al final de la monta (kg)	320,9 ^b	338,1 ^a

^{a, b} Letras diferentes en la misma fila indican diferencias estadísticas (P<0,05).

El peso al inicio del ensayo fue mayor (P<0,05) en las vacas de 4 años respecto a las de 3 años (410,3±5,2 vs. 376,8±3,1kg), diferencias debidas a la edad (Bellows *et al.*, 1982), siendo también diferente (P<0,05) el peso al parto (328,6±4,9 vs. 351,6±6,8 kg) coincidiendo con Neville (1971) quien observó que las vacas Hereford de 4 años de edad tenían mayor peso al parto que las de 3 años. Las vacas de 4 años tuvieron becerros más pesados (P<0,05) que las de 3 años (32,98 vs. 30,96 kg), lo cual se debe al mayor tamaño de las primeras, coincidiendo con otros autores (Knapp *et al.*, 1940; Braude y Walker, 1949; Bellows *et al.*, 1982).

El peso de la vaca al parto y al inicio de la temporada de monta por efecto de la edad, mantuvo la misma tendencia del inicio del experimento (Cuadro 9), con mayor (P<0,05) peso de las vacas de 4 años. Entre el parto y el inicio de la monta, las vacas de 3 años aumentaron de peso (179±0,06 g·d⁻¹) mientras que las de 4 años perdieron peso (-17±0,09 g·d⁻¹), sin diferencias entre ambos por efecto de la edad (P>0,05). Durante la temporada de servicio ambos grupos perdieron peso sin diferencia entre ellos (P>0,05). Lo mismo fue observado por Bellows *et al.* (1982) señalando que el forraje disponible no

cubrió los requerimientos de las vacas lactantes. A pesar de las pérdidas de peso durante la monta, al final de esta se mantuvo la superioridad ($P < 0,05$) en peso vivo de las vacas de 4 años. Los resultados difieren de los de Neville (1971) quien observó menor ganancia de peso en el postparto de vacas de 3 años respecto a las de 4 años.

No se observaron diferencias en altura a la cruz ($P > 0,05$) entre los diferentes grupos suplementados (Cuadro 10), en los tres tiempos de evaluación: inicio de experimento e inicio y final de temporada de monta, con promedios de 127,9; 129,1 y 129,9 cm, respectivamente. La altura de los animales aumentó en forma general entre cada medición ($P < 0,05$), aun cuando hay pérdida de peso durante la temporada de monta. Esto es debido a que en animales en desarrollo, el esqueleto y músculo crecen a expensas de la grasa corporal (NRC, 2000).

Cuadro 10. Efecto de los suplementos sobre la altura a la cruz y condición corporal de vacas de primer parto.

Variable	Suplementos		
	HM (n=34)	HPH (n=34)	HS (n=37)
Altura a la cruz (cm)			
Inicio de experimento	128,0	127,9	127,8
Inicio de monta	129,0	129,1	129,0
Final de la monta	129,7	129,9	130,2
Condición corporal ($\text{kg}\cdot\text{cm}^{-1}$)			
Inicio de experimento	3,03	3,07	3,07
Inicio de monta	2,63 ^b	2,62 ^b	2,75 ^a
Final de la monta	2,50 ^b	2,52 ^b	2,59 ^a

^{a, b} Letras diferentes en la misma fila indican diferencias estadísticas ($P < 0,05$).

Por otra parte, la CC fue igual ($P > 0,05$) en los tres grupos suplementados al inicio del experimento (Cuadro 10) con promedio de $3,05 \pm 0,02 \text{ kg}\cdot\text{cm}^{-1}$, Sin embargo, disminuyó al inicio de la monta, siendo HS la que mostró mejor CC ($2,75 \text{ kg}\cdot\text{cm}^{-1}$, $P < 0,05$) mientras que los valores más bajos se presentaron en HM ($2,63 \text{ kg}\cdot\text{cm}^{-1}$) y HPH ($2,62 \text{ kg}\cdot\text{cm}^{-1}$). El mismo comportamiento se mantuvo hasta el final de la temporada de monta. Anderson *et al.* (2001) observaron que los incrementos en CC de vacas primíparas Angus, fueron mayores cuando se aportaron cantidades de PD adecuadas a los requerimientos de las

vacas. Si bien en este ensayo no hubo aumento de CC, los animales de HS (proteína teóricamente más degradable en el rumen) presentaron mejor CC respecto a HM y HPH.

Cuadro 11. Efecto de la edad sobre la altura a la cruz y condición corporal de vacas de primer parto.

Variable	Edad (años)	
	3 (n=75)	4 (n=30)
Altura a la cruz (cm)		
Inicio de experimento	127,0 ^b	128,8 ^a
Inicio de monta	128,0 ^b	130,2 ^a
Final de la monta	128,7 ^b	131,2 ^a
Condición corporal (kg·cm ⁻¹)		
Inicio de experimento	2,96 ^b	3,15 ^a
Inicio de monta	2,64	2,70
Final de la monta	2,49	2,58

^{a, b} Letras diferentes en la misma fila indican diferencias estadísticas (P<0,05).

La altura a la cruz mostró diferencias por efecto de la edad (Cuadro 11), siendo las vacas de 4 años de mayor altura (P<0,05) que las de 3 años durante los tres tiempos de medición, contrario a lo observado por Neville (1971) quien no reporta diferencia en altura a la grupa en vacas de 3 y 4 años. Por otra parte, la CC fue mayor en las vacas de 4 años respecto a las de 3 años (3,15 vs. 2,96 kg·cm⁻¹) al inicio del experimento (Cuadro 11). Sin embargo disminuyó en ambos grupos de animales al inicio de la monta (2,64 vs. 2,70 kg·cm⁻¹) y final de la misma (2,49 vs. 2,58 kg·cm⁻¹) sin diferencias entre ellos (P>0,05). Esta igualdad de CC, indica una tasa de movilización de reservas corporales más elevada en las vacas de 4 años, que iniciaron el experimento con mejor CC. La mayor movilización puede ser debido a que las vacas de carne de mayor edad producen más leche (Reynolds *et al.*, 1978), y posiblemente agotaron más reservas corporales.

5.1.6. Variables reproductivas.

El porcentaje de animales con presencia de folículos al inicio de la temporada de monta fue igual (P>0,05) entre los diferentes grupos suplementados, con valores 35,7; 19,4 y 20,6% para HM, HPH y HS, respectivamente (Cuadro 12). El mismo comportamiento se observó en relación al porcentaje de animales con presencia de cuerpo lúteo al inicio de la

temporada de monta con valores de 42,9; 54,8 y 58,8%, para el mismo orden de tratamientos. Los resultados coinciden con Ruas *et al.* (2000) quienes suplementando con 1 y 2 kg de un alimento concentrado de 40,8 % de PC (60% harina de soya y 40% harina de algodón) no observaron diferencias en el porcentaje de vacas con ovarios funcionales con valores de 70,59; 70,59 y 76,47% para el grupo no suplementado, suplementado con 1 kg y 2 kg, respectivamente.

Cuadro 12. Efecto de los suplementos sobre el porcentaje de vacas de primer parto con presencia de estructuras ováricas y porcentaje de preñez.

Variable	Suplementos		
	HM (n=34)	HPH (n=34)	HS (n=37)
Animales con folículos (>5 mm) al inicio de la monta (%)	35,7	19,4	20,6
Animales con cuerpo lúteo al inicio de la monta (%)	42,9	54,8	58,8
Preñez (%)	53,6	63,6	61,2

Si bien Lucy *et al.* (1992) señalaron que en vacas de primer parto se puede presentar anestro debido a un balance energético negativo prolongado, que puede extender la primera ovulación hasta el día 200 postparto, en el presente ensayo, más de la mitad de los animales presentaban cuerpo lúteo al inicio de la temporada de monta, a pesar de que las vacas en HM perdieron peso antes del inicio de la temporada de monta y HPH y HS ganaron peso, siendo este último grupo el de mejor CC.

Short *et al.* (1990) mencionan que el efecto de la nutrición sobre la reproducción postparto, depende de si hay diferencias nutricionales antes del parto (estimadas como CC al parto) o después del parto, siendo la primera más importante que la segunda de ellas. En este experimento, con CC al inicio del ensayo similar entre tratamientos y un peso al parto con el mismo comportamiento, posiblemente explique la igualdad entre tratamientos en cuanto a estado reproductivo, al inicio de la temporada de monta.

El porcentaje de preñez no fue afectado por los suplementos ($P>0,05$) con valores de 53,6; 63,6 y 61,2% para HM, HPH y HS, respectivamente (Cuadro 12). Sin embargo, HPH y HS son superiores al histórico de preñez del Hato La Trinidad, en el cual se realizó

la experimentación, para los años 2004, 2005 y 2006, con porcentajes de 45; 53 y 30, respectivamente, para vacas de primer parto.

En otros experimentos, la suplementación con PD o PND no ha mostrado efecto sobre el porcentaje de preñez en vacas de carne de primer parto, como lo registraron Wiley *et al.* (1991) al suplementar con harina de soya y harina de sangre (78,6 vs. 81,6%, respectivamente) y Rusche *et al.* (1993) al usar las mismas materias primas (56 vs 80%, respectivamente); así como Alderton *et al.* (2000) al suplementar con harina de soya y harina de soya+harina de sangre (75 vs. 91,6%, respectivamente).

Triplett *et al.* (1995) aportando niveles bajo, medio y alto de PND no observaron mejora en el porcentaje de preñez general en vacas Brahmam, sin embargo, mejoró en porcentaje de preñez al primer servicio con los niveles medio y alto de PND. Ruas *et al.* (2000) suplementando con 1 y 2 kg de un suplemento de 40,8 % de PC no observaron diferencias en preñez con valores de 52,94; 64,70 y 70,59% para el grupo no suplementado, suplementado con 1 kg y 2 kg, respectivamente.

Randel (1990) menciona que la deficiencia de energía en el postparto previo a la nueva monta puede disminuir la tasa de preñez, siendo de 50 a 76% en vacas con bajo consumo de energía, y de 87 a 95% cuando el consumo de energía fue adecuado. Por otra parte, según el mismo autor, un consumo inadecuado de proteína en el pre y postparto puede resultar en una tasa de preñez de 32% comparado con 74% cuando el consumo de proteína es alto. En el presente ensayo, todos los tratamientos mostraron una pérdida de peso en la temporada de monta, sugiriendo un posible déficit de energía y/o proteína, a pesar del elevado contenido de proteína de los suplementos HPH (42,75%) y HS (42,54%) comparado con HM (20,69%), no fue suficiente para mejorar la tasa de preñez con respecto a HM, lo cual permite inferir que el aporte de energía en la dieta total, pudiera haber limitado la respuesta animal desde el punto de vista reproductivo (Wiltbank *et al.*, 1962; Butler, 2003; Van Knegsel *et al.*, 2005), además del efecto negativo que pudo ejercer sobre la reproducción el amamantado del becerro durante la temporada de monta (Laster *et al.*, 1973).

La edad (3 y 4 años) no mostró efecto ($P>0,05$) sobre el porcentaje de animales con presencia de folículos (24,2 vs. 26,0%) y cuerpo lúteo (50 vs. 59,3%) al inicio de la temporada de monta (Cuadro 13). El mismo comportamiento se mostró para el porcentaje de preñez (52,9 vs. 71,4%). La similitud en el comportamiento reproductivo en los animales por efecto de la edad, es contrario a lo señalado por Short *et al.* (1990) al indicar el menor potencial reproductivo en vacas más jóvenes. El menor número de animales de 4 años respecto a los de 3 años pudo ser limitante para detectar diferencias en el porcentaje de preñez en este experimento.

Cuadro 13.- Efecto de la edad sobre porcentaje de vacas de primer parto con presencia de estructuras ováricas y porcentaje de preñez.

Variable	Edad (años)	
	3 (n=75)	4 (n=30)
Animales con folículos (>5 mm) al inicio de la monta (%)	24,2	26,0
Animales con cuerpo lúteo al inicio de la monta (%)	50,0	59,3
Preñez (%)	52,9	71,4

5.1.7. Química sanguínea.

Las concentraciones de GLU en suero sanguíneo (Cuadro 14) no fueron afectadas por los factores suplemento ni edad con promedio general de $63,5 \pm 2,0 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$. Los resultados coinciden con otros autores (Palmquist *et al.*, 1993; Thomas *et al.*, 1994; López *et al.*, 1999; Ruas *et al.*, 2000; Razz y Clavero, 2004; Van Kneysel *et al.*, 2007) quienes no observaron diferencias en las concentraciones de GLU por efecto de la dieta utilizada. Sin embargo, la concentraciones disminuyeron gradualmente durante el experimento ($P<0,01$), con valores de 71,9; 60,4 y 58,1 $\text{mg}\cdot\text{dL}^{-1}$, para el inicio de experimento, inicio de la monta y final de esta misma, respectivamente, siendo estas dos últimos iguales entre sí e inferiores a los valores de inicio de experimento.

Cuadro 14. Efecto de los suplementos y edad sobre las concentraciones de glucosa, β -hidroxibutirato, ácidos grasos no esterificados y urea, en vacas de primer parto.

Factor	Metabolito ¹			
	GLU (mg·dL ⁻¹)	BOHB (mmol·L ⁻¹)	AGNE (mmol·L ⁻¹)	Urea (mg·dL ⁻¹)
Suplemento				
HM	63,5	0,38	0,95	28,6
HPH	62,8	0,38	1,01	30,3
HS	64,1	0,42	0,84	30,5
Edad				
3 años	64,2	0,36	0,92	30,3
4 años	62,8	0,42	0,96	29,3

¹GLU: Glucosa. BOHB: β -hidroxibutirato. AGNE: Ácidos grasos no esterificados.

Hubo interacción entre los factores suplemento x tiempo ($P < 0,01$; Figura 1) con mayor disminución de GLU en HS al inicio de la temporada de monta ($53,7 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$), pero mayor concentración al final de la misma ($65,5 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$). Las concentraciones promedio de GLU se ubicaron dentro del rango de referencia $45 - 73,9 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$ (Wittwer, 2000b).

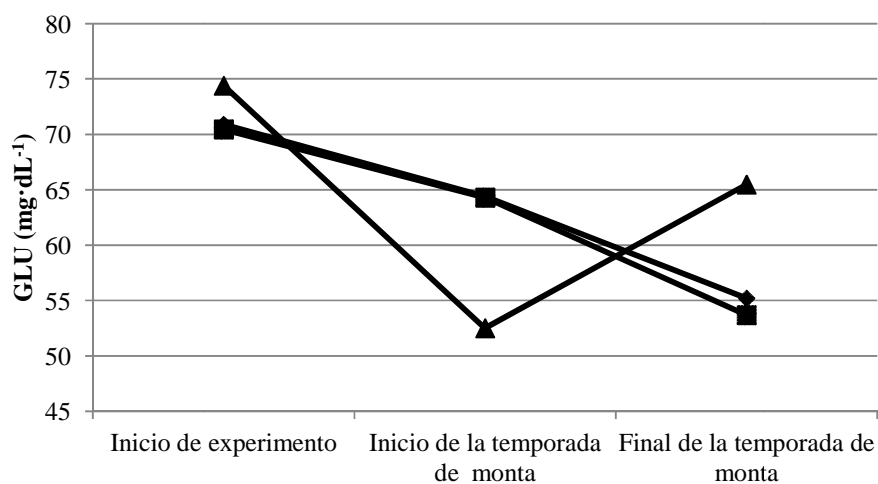


Figura 1. Efecto de la interacción suplemento x tiempo sobre las concentraciones de glucosa (GLU) en suero sanguíneo durante el experimento (◆ = HM; ■ = HPH; ▲ = HS).

Las concentraciones de BOHB (Cuadro 14) no fueron afectadas los efectos principales suplemento o edad ($P > 0,05$), con promedio general de $0,39 \pm 0,02 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$. En todos los tiempos de evaluación, las concentraciones promedio de BOHB fueron inferiores

al límite máximo aceptable de $1 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ (Bouda *et al.*, 2000) en vacas lactantes. Concentraciones elevadas indican un aumento de la tasa de movilización de reservas corporales. Sin embargo, BOHB es un metabolito que presenta aumentos en sus concentraciones, relativamente pequeños ante un balance energético negativo moderado (González, 2000).

Las concentraciones de AGNE no fueron afectadas por los factores suplemento ni edad ($P>0,05$, Cuadro 14), con promedio general de $0,94 \pm 0,04 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$, sin embargo hubo efecto del factor tiempo, con una elevación gradual ($P<0,05$) de las concentraciones de AGNE durante el experimento con valores más bajos al inicio del mismo de $0,81 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$; intermedias al inicio de la monta ($0,91 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$) y más elevadas al final de la monta ($1,09 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$), lo cual coincide con la pérdida de peso en todos los grupos al final de experimento, ya que las concentraciones de AGNE se correlacionan con el balance energético negativo en rumiantes (Erfle *et al.*, 1974; Lucy *et al.*, 1991)

Adicionalmente, hubo interacción suplemento x tiempo ($P<0,05$; Figura 2) con valores más bajos de AGNE en HM ($0,70 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$) al inicio del experimento, respecto a HPH ($0,85 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$) y HS ($0,88 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$). Al inicio de la temporada de monta los valores de AGNE de HM y HPH aumentaron sus concentraciones con valores de $0,89$ y $0,96 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$, respectivamente, mientras las de HS permanecieron similares a las del inicio de experimento ($0,89 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$). Al final de la temporada de monta, HM y HPH continuaron su aumento en la concentraciones de AGNE ($1,27$ y $1,23 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$, respectivamente) mientras que los de HS tendieron a disminuir ($0,76 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$).

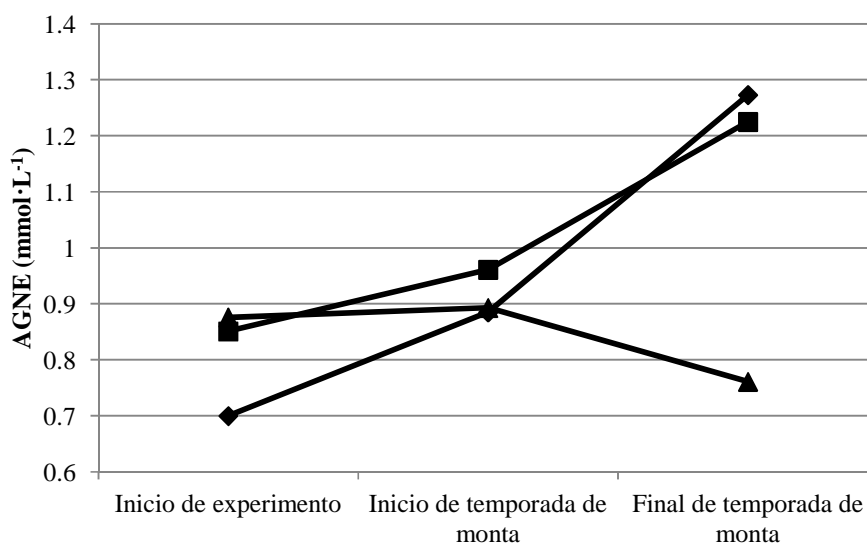


Figura 2. Efecto de la interacción suplemento x tiempo sobre las concentraciones de ácidos grasos no esterificados (AGNE) en suero sanguíneo durante el experimento (◆ = HM; ■ = HPH; ▲ = HS).

Las concentraciones promedio de AGNE en todos los tratamientos fueron superiores a $0,7 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$, valor considerado crítico en vacas lactantes (Bouda *et al.*, 2000), lo que sugiere que existió una movilización de reservas lipídicas debido a un déficit energético (Blauwiel y Kincaid, 1986; Richards *et al.*, 1989; Lucy *et al.*, 1991). Depablos *et al.* (2009) observaron en novillas Brahman de primer servicio, concentraciones de AGNE superiores al valor crítico aun cuando los animales estaban ganando peso, mientras que en vacas Brahman de 6 años de edad, Villa *et al.* (2011) observaron concentraciones de AGNE un mes preparto de $0,9 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$, señalando que las vacas movilizaban reservas corporales antes del parto, y desde el parto hasta 8 semanas después, el peso de las vacas disminuyó (488 vs 483 kg) y a pesar de la pérdida de peso, la concentración de AGNE se mantuvo en $0,9 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$.

Las concentraciones de urea no fueron afectadas por los factores suplemento ni edad ($P > 0,05$, Cuadro 14), con promedio general de $29,81 \pm 0,61 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$; y aumentaron en el tiempo ($P < 0,01$) con concentraciones más bajas al inicio de experimento $17,9 \text{ (mg}\cdot\text{dL}^{-1})$ y más elevadas al inicio y final de la temporada de monta ($35,7$ y $35,8 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$,

respectivamente). Los resultados de investigaciones sobre niveles de urea en sangre y proteína (degradable o no degradable) del suplemento son variables. Se ha observado mayor concentración de urea en vacas suplementadas con PND comparado con las que consumían PD (Wiley *et al.*, 1991); igualdad de valores de urea entre el grupo testigo y el suplementado con PND (Strauch *et al.*, 2001; Bello-Faria *et al.*, 2011) y diferencias entre testigo y suplementado con proteína (Depablos *et al.* 2009), mientras que Alfaro (1986) y Thomas *et al.* (1994) no observaron diferencias al suplementar con PDR y PND.

Los valores promedio de urea en suero sanguíneo estuvieron dentro del valor referencial (15-42 mg·dL⁻¹; Wittwer, 2000b). Butler *et al.* (1996) observaron en vacas lecheras una disminución 18 puntos porcentuales en la tasa de preñez cuando la concentración de urea en plasma era mayor de 40,66 mg·dL⁻¹. Al inicio del experimento, ningún animal mostró concentraciones de urea por encima del valor antes mencionado. Sin embargo, al inicio de la temporada de monta, 14,28% de los animales muestreados (2/14) en HM, 21,42% (3/14) en HPH y 28,57% (4/14) en HS, presentaron concentraciones de urea por encima de 40,66 mg·dL⁻¹ mientras que al final de la monta, los valores fueron de 7,14% (1/14) en HM, 0% (0/14) en HPH y 50% (7/14) en HS, por lo cual la preñez en un número importante de vacas en HS pudo ser afectada negativamente.

5.2. EXPERIMENTO II.

5.2.1. pH y nitrógeno amoniacal en líquido ruminal.

El pH ruminal de los cuatro tratamientos (Cuadro 15) se mantuvo en un rango de 6,48 a 7,09; cercano al límite superior considerado como normal (5,5 a 7; NRC, 1985), lo cual puede ser debido al consumo de heno como dieta basal durante el experimento, ya que alimentos con poco contenido de humedad aumentan el pH ruminal, debido a la mayor secreción de saliva (Barnett y Reid, 1961).

El pH de líquido ruminal no presentó diferencias entre tratamientos ($P > 0,05$) a las 0 h (antes del consumo de suplemento) con un promedio general de $6,99 \pm 0,04$, y posteriormente disminuyó observándose diferencias las 3 h ($P < 0,05$) y 6 h ($P < 0,09$) después del consumo del suplemento, con pH más bajo para HPH, con valores de 6,56 y 6,48; respectivamente, mientras que F mostró los más altos valores para esas mismas horas,

con valores de 7,09 y 7,06; respetivamente. Los valores de pH a las 3 y 6 h en los animales suplementados fueron superiores a 6,0; valor por debajo del cual hay una disminución de las bacterias celulolíticas, disminuyendo la digestión de la fibra (Hoover, 1986). La disminución de pH entre las 3 y 6 h en los animales suplementados es debido a la cantidad de carbohidratos fermentables de los suplementos (Barnett y Reid, 1961; Palmquist *et al.*, 1993). A las 9 y 12 h posteriores a consumo del suplemento el pH aumentó en los animales suplementados, sin observarse diferencias entre tratamientos ($P > 0,05$) con promedios generales de $6,87 \pm 0,08$ y $6,87 \pm 0,07$, respectivamente.

Cuadro 15. pH y concentración de nitrógeno amoniacal (N-NH₃) durante las primeras 12 h del consumo de los suplementos.

Variable	Tratamientos			
	F	HM	HPH	HS
pH				
0h	7,08	7,05	6,99	6,85
3h	7,09 ^c	6,98 ^{cd}	6,56 ^e	6,72 ^{de}
6h	7,06 ^f	6,88 ^{fg}	6,48 ^g	6,65 ^{fg}
9h	7,09	6,82	6,74	6,83
12h	6,97	6,73	6,88	6,89
N-NH ₃ (mg·L ⁻¹)				
0h	20,10 ^b	34,70 ^b	38,70 ^{ab}	85,19 ^a
3h	22,83 ^e	190,34 ^d	190,52 ^d	239,38 ^c
6h	13,68 ^d	106,36 ^{cd}	92,44 ^{cd}	144,16 ^c
9h	11,67 ^g	33,04 ^{fg}	60,70 ^{fg}	83,77 ^f
12h	16,96	32,11	42,99	64,18

^{a, b} Letras diferentes en la misma fila indican diferencias ($P < 0,01$).

^{c, d, e} Letras diferentes en la misma fila indican diferencias ($P < 0,05$).

^{f, g} Letras diferentes en la misma fila indican diferencias ($P < 0,09$).

Las concentraciones de N-NH₃ antes del consumo de suplemento (0 h) fueron mayores ($P < 0,01$) para HS (85,19 mg·L⁻¹), intermedias para HPH (38,7 mg·L⁻¹) y más bajas para HM (34,7 mg·L⁻¹) y F (20,1 mg·L⁻¹). La superioridad de HS puede ser debida al mayor reciclaje de urea, proveniente de la desaminación de los aminoácidos absorbidos (Preston y Leng, 1989). Por otra parte a las 3 h de consumido el suplemento, la mayor ($P < 0,05$) concentración de N-NH₃ se observó en HS con valores de 239,38 mg·L⁻¹, seguida por HPH y HM con concentraciones de 190,52 y 190,34 mg·L⁻¹, respectivamente, y más bajas para F (22,83 mg·L⁻¹). Si bien la superioridad en los valores de N-NH₃ a las 3 h de HS puede ser

debido a la mayor degradación ruminal del N de la harina de soya (Parra *et al.*, 1984; León y Chicco, 1991), también pueden ser la resultante de los valores aditivos de las concentraciones pre y post-suministro del suplemento, como lo señalan Godoy *et al.* (1994).

Los valores más altos de N-NH₃ se mantienen a las 6 h (P<0,05) y 9h (P<0,09) posteriores al consumo del suplemento, para HS sobre HPH y HM, mostrando los valores más bajos para F. Sin embargo a las 12 h todos los tratamientos mostraron similar comportamiento (P>0,05). Las concentraciones de N-NH₃ en los animales suplementados, durante las 12 h de evaluación (Cuadro 16) nunca fueron inferiores al rango de 20-50 mg·L⁻¹ sugeridos por Satter y Slyter (1974) como mínimos para un adecuado crecimiento bacteriano en el rumen. Sin embargo las concentraciones de N-NH₃ de F fueron inferiores al valor crítico, pudiendo haber limitación en el crecimiento de la masa bacteriana del rumen. Por otra parte, luego de 3 h de suministrado el suplemento, HS presentó concentraciones de por encima de 235 mg N-NH₃·L⁻¹, punto en el cual la degradación de materia orgánica de la dieta puede ser máxima (Mehrez *et al.*, 1977).

Los resultados coinciden con Thomas *et al.* (1994), quienes observaron mayor concentración de N-NH₃ en ovinos cuando usaron un suplemento con 76,4% de harina de soya, al compararlo con tres suplementos donde sustituían 33; 66 y 100% la harina de soya por harina de pluma, señalando que la baja concentración de N-NH₃ en los suplementos donde se sustituía la soya, se debía a la baja degradación ruminal de la PC de la harina de pluma. Thomas y Beeson (1977) también observaron mayor concentración de N-NH₃ en animales que consumían un suplemento que contenía harina de soya, respecto a los que consumían el suplemento que contenía harina de pluma. Las diferencias las observaron a la 1; 2 y 4 h posteriores al consumo de suplemento, siendo similares las concentraciones a las 6 h post-consumo.

5.2.2. Ácidos grasos volátiles en líquido ruminal (AGV).

Las concentraciones de ácido acético y propiónico (Cuadro 16) antes del consumo del suplemento fueron más elevadas (P<0,05) en HS (52,50 y 28,38 μmol·mL⁻¹, respectivamente) y HPH (46,66 y 24,32 μmol·mL⁻¹, respectivamente), y más bajas para F y

HM. En los animales suplementados, de forma general se observa un aumento de las concentraciones ácido acético y propiónico a las 3 h post-consumo, con valores superiores de ácido acético en HPH y HS, mientras que de ácido propiónico solo en HPH. A las 6 h post consumo se mantuvo la misma tendencia de superioridad de HS y HPH ($P < 0,05$), respecto al ácido acético, y superioridad de HS en las concentraciones de ácido propiónico ($P < 0,08$). Sin embargo, a las 9 y 12 h no se observaron diferencias entre tratamientos ($P > 0,05$).

Cuadro 16. Concentración de ácidos grasos volátiles en líquido ruminal, en bovinos suplementados con proteína.

Variable	Tratamientos			
	F	HM	HPH	HS
Ácido Acético ($\mu\text{mol}\cdot\text{mL}^{-1}$)				
0h	28,75 ^b	28,83 ^b	46,66 ^a	52,50 ^a
3h	26,25 ^b	41,04 ^{ab}	53,75 ^a	54,17 ^a
6h	33,75 ^{ab}	38,75 ^b	52,09 ^a	52,08 ^a
9h	43,75	46,25	43,33	55,00
12h	47,50	53,33	45,84	55,84
Ácido propiónico ($\mu\text{mol}\cdot\text{mL}^{-1}$)				
0h	14,19 ^b	11,49 ^b	24,32 ^a	28,38 ^a
3h	12,84 ^b	22,80 ^{ab}	24,15 ^a	17,90 ^{ab}
6h	21,28 ^{cd}	16,05 ^d	26,01 ^{cd}	27,37 ^c
9h	20,27	23,65	27,37	22,98
12h	19,59	25,00	26,02	20,61
Ácido butírico ($\mu\text{mol}\cdot\text{mL}^{-1}$)				
0h	16,77	9,66	17,04	11,93
3h	13,06	17,33	18,33	15,48
6h	18,18	16,57	15,32	14,16
9h	19,86	16,77	23,16	15,91
12h	22,73	17,62	18,19	17,90

^{a, b} Letras diferentes en la misma fila indican diferencias ($P < 0,05$).

^{c, d} Letras diferentes en la misma fila indican diferencias ($P < 0,08$).

Las concentraciones de ácido butírico (Cuadro 16) no fueron afectadas por los suplementos en ninguno de los tiempos de evaluación con promedio de $14,87 \pm 2,22$; $16,05 \pm 1,57$; $16,44 \pm 1,53$; $18,93 \pm 1,40$ y $19,10 \pm 2,46 \mu\text{mol}\cdot\text{mL}^{-1}$, respectivamente, para las 0; 3; 6; 9 y 12 h de consumido el suplemento.

Daugherty y Church (1982), observaron que la producción promedio de AGV totales en 8 h de evaluación, era similar entre los animales suplementados con harina de soya, al compararlo con los animales que consumían harina de pluma+urea, señalando que cuando se adiciona urea a un suplemento que contiene harina de pluma, se estimula la actividad microbiana del rumen a un nivel similar al que produce una fuente proteica de alta calidad como la harina de soya.

5.2.3. Degradación de MO del forraje.

La degradación de la MO del forraje (Cuadro 17) mostró diferencias entre tratamientos ($P<0,05$) a partir de las 3 h de incubación, con mayor porcentaje de degradación para HS y HPH sobre HM y F hasta las 72 h, lo cual indica que la suplementación proteica con un kg de suplemento de 42% de PC (HS y HPH) pudo mejorar la degradabilidad del forraje de pobre calidad, no así con la suplementación con 20,69% de PC (HM) la cual tuvo un comportamiento igual al tratamiento no suplementado (F). Al respecto Preston y Leng (1989) señalan que la suplementación con nitrógeno, cuando este es limitante, puede mejorar la degradabilidad del forraje y aumentar el consumo del mismo, por una mejora en el ambiente ruminal. En el presente experimento, si bien la concentración de $N-NH_3$ entre HM y HPH fue similar, la mayor cantidad de ácido acético y propiónico se presentó en HPH y HS.

Cuadro 17. Degradación de materia orgánica como porcentaje de la materia orgánica inicial, en diferentes tiempos de incubación del heno de *U. humidicola* suministrado a los animales.

Tratamiento	Tiempo (h)							
	0	3	6	9	12	24	48	72
F (%)	4,68	7,53 ^b	10,16 ^b	12,62 ^b	14,90 ^b	22,62 ^b	33,01 ^b	39,24 ^b
HM (%)	3,90	6,94 ^b	9,76 ^b	12,39 ^b	14,83 ^b	22,97 ^b	33,61 ^b	39,63 ^b
HPH (%)	5,23	9,36 ^a	12,58 ^a	15,57 ^a	18,32 ^a	27,37 ^a	38,75 ^a	44,77 ^a
HS (%)	5,87	9,10 ^a	12,61 ^a	15,78 ^a	18,64 ^a	27,59 ^a	37,55 ^a	42,00 ^a

^{a, b} Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas ($P<0,05$).

Los resultados coinciden con los de Godoy y Chicco (1991b) quienes reportan mayor degradación de MO de forraje de pobre calidad (2,67% PC y 77,23% FDN) a las 72

h de incubación, cuando se suplementa con 2 kg de un concentrado de 33,9% de PC, constituido principalmente por urea y harina de algodón.

La similitud en el porcentaje de degradación de MO del forraje en HPH y HS, coinciden con los datos de Thomas *et al.* (1994) quienes no observaron diferencias en la degradación ruminal de la FDN de la paja de cebada, cuando suplementaron ovinos con harina de soya y sustitución de esta por harina de pluma, señalando que la igualdad en degradación de FDN se debía a un aporte suficiente de N-NH₃ por parte de los suplementos para una adecuada digestión microbiana de la FDN. Sin embargo, en el presente experimento, las concentraciones de N-NH₃ en HS fueron más elevadas que las de HPH y HM, siendo estas últimas similares entre sí, mientras que la degradación de MO del forraje fue mayor en HS y HPH. Al respecto, Daugherty y Church (1982) observaron que cuando se adiciona urea a un suplemento que contiene harina de pluma, permite una actividad microbiana en el rumen comparable a la producida por la harina de soya, mejorando la digestión de la materia seca, siendo esta, la posible explicación a la similar degradación de MO del forraje en HS y HPH, en el presente experimento, ya que HPH contiene 2,5% de urea. Adicionalmente, Ammerman *et al.* (1972) no observaron mejora en la digestibilidad de la MO de ovinos suplementados con harina de soya, cuando a esta se le adicionó urea o biuret.

5.2.4. Degradación de MO de los suplementos.

La solubilidad de la MO de los suplementos a tiempo cero mostró diferencias ($P=0,05$) siendo mayor para HS y más bajo para HPH (Cuadro 18). Sin embargo la fracción potencialmente degradable (b), degradabilidad potencial (P), la tasa fraccional de degradación (c) y tiempo medio ($t_{1/2}$) no mostraron diferencias entre tratamientos ($P>0,05$). La fracción b y c de HPH, se esperaba fuese inferior ya que Vergara-López *et al.* (2002) estimaron para la harina de pluma una degradabilidad de MO a las 72 h y tasa fraccional de degradación de 31,53% y $0,012 \cdot h^{-1}$, respectivamente.

Cuadro 18. Constantes de degradación ruminal de la materia orgánica (MO) y tiempo medio de degradación de los suplementos proteicos.

Componente	Constante	Suplemento		
		HM	HPH	HS
MO del suplemento	a (%)	26,90 ^{ab}	22,14 ^b	29,29 ^a
	b (%)	55,08	52,80	57,04
	c (h ⁻¹)	0,113	0,080	0,095
	P (%)	81,90	74,93	86,33
	t _{1/2} (h)	7,02	9,07	13,04

a: Materia orgánica desaparecida a tiempo cero. Fracción soluble. b: Fracción insoluble pero potencialmente degradable. c: tasa fraccional de degradación. P: degradabilidad potencial (a+b). t_{1/2}: tiempo medio
^{a, b} Letras diferentes en la misma fila indican diferencias estadísticas (P=0,05).

La degradación de MO de los suplementos, expresada como porcentaje de la MO inicial (Figura 3), no presentó diferencias entre tratamientos (P>0,05) desde las 3 hasta las 72 h, con valores a las 72 h de 74,6; 81,8 y 82,9% para HPH, HM y HS, respectivamente.

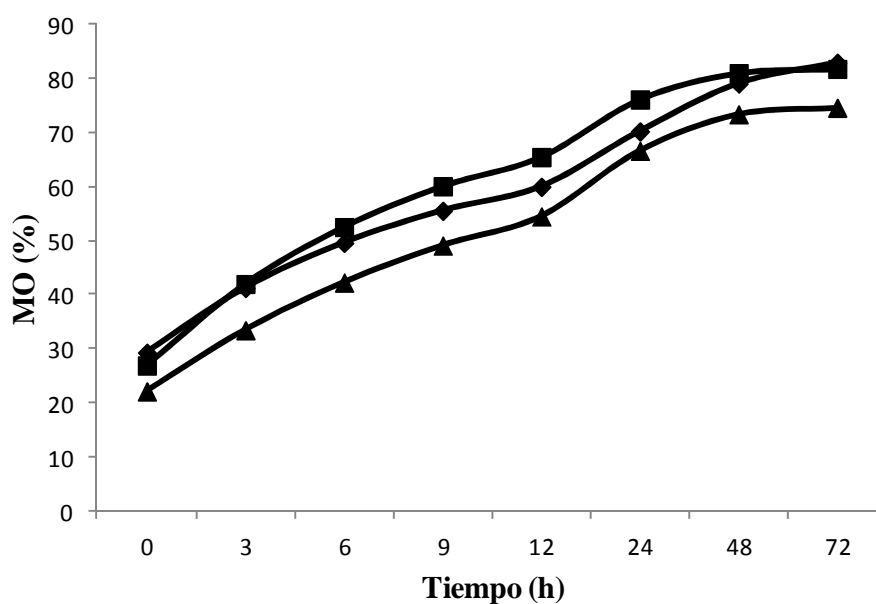


Figura 3. Porcentaje de desaparición de la materia orgánica (MO) de los suplementos HM (■) HPH (▲) y HS (◆), expresado como porcentaje de la MO inicial.

5.2.5. Degradación de proteína cruda de los suplementos.

Las constantes de degradación ruminal de la PC mostraron variaciones entre los suplementos (Cuadro 19). La PC soluble a tiempo cero (a), fue mayor ($P < 0,05$) en HM respecto a HPH y HS, con un valores de 60,07; 37,48 y 40,85%, mientras que la fracción insoluble pero potencialmente degradable (b) fue mayor ($P < 0,05$) en HS (46,94%), respecto a HPH (27,11%) y HM (27,03%). La degradabilidad potencial (P) fue mayor ($P < 0,05$) para HM y HS, y más baja para HPH.

La tasa fraccional (c) y el tiempo medio de degradación de la PC no presentaron diferencias entre tratamientos ($P > 0,05$). Tal vez el uso de dos animales por tratamiento sea un factor que limita la detección de diferencias, ante la variación en la velocidad de degradación que presenta cada animal, independientemente del tratamiento.

Cuadro 19. Constantes de degradación ruminal de la proteína cruda (PC) de los suplementos proteicos.

Componente	Constante	Suplemento		
		HM	HPH	HS
PC del suplemento	a (%)	60,07 ^a	37,48 ^b	40,85 ^b
	b (%)	27,03 ^b	27,11 ^b	46,94 ^a
	c (h ⁻¹)	0,2 12	0,058	0,062
	P (%)	87,11 ^a	64,59 ^b	87,59 ^a
	t _{1/2} (h)	4,29	11,99	13,95

a: Proteína cruda desaparecida a tiempo cero. Fracción soluble. b: Fracción insoluble pero potencialmente degradable. c: tasa fraccional de degradación. P: degradabilidad potencial (a+b). t_{1/2}: tiempo medio.

^{a, b} Letras diferentes en la misma fila indican diferencias estadísticas ($P < 0,05$).

La degradación de la PC de los suplementos en los diferentes tiempos de incubación (Cuadro 20), mostró diferencias entre tratamientos ($P < 0,05$), siendo mayor HM a las 0 y 3 h, respecto a HPH y HS. A las 6; 9 y 12 h, HS mostró valores intermedios entre HM y HPH, mientras que a las 24 h todos los tratamientos fueron diferentes entre sí, con superioridad de HM, seguido por HS y más bajo HPH. A las 48 y 72 h, HM y HS presentaron un porcentaje de degradación de PC similar, y fueron superiores a HPH. Waltz *et al.* (1989) también observaron mayor degradación ruminal de PC en el suplemento que contenía harina de soya, respecto al que tenía harina de pluma.

Cuadro 20. Degradación de proteína cruda de los suplementos proteicos, expresada como porcentaje de la proteína cruda inicial, en diferentes tiempos de incubación.

Tratamiento	Tiempo (h)							
	0	3	6	9	12	24	48	72
HM (%)	60,07 ^a	73,76 ^a	78,87 ^a	81,40 ^a	82,97 ^a	85,85 ^a	86,99 ^a	87,09 ^a
HPH (%)	37,48 ^b	41,84 ^b	45,50 ^b	48,57 ^b	51,14 ^b	57,91 ^c	62,94 ^b	64,18 ^b
HS (%)	40,85 ^b	49,09 ^b	55,30 ^{ab}	60,01 ^{ab}	63,75 ^{ab}	72,75 ^b	80,07 ^a	83,82 ^a

^{a, b, c} Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas (P<0,05).

Si bien, HM a las 3 h degradó 73,76% de la proteína del suplemento (15,26% de PC del 20,69% de PC que contenía inicialmente el suplemento), HPH degradó similarmente 17,88% de PC pero de un 42,75% de PC inicial, lo cual explica su similitud en las concentraciones de N-NH₃ a las 3 h. La mayor degradación de PC en HM las primeras 3 h puede ser debido a la rápida hidrólisis en el rumen de la urea (Chalupa, 1968; Shultz *et al.*, 1974a,b; Shultz *et al.*, 1978) contenida en el suplemento (2,5%) y la degradación ruminal del sulfato de amonio (aunque más lenta respecto a la urea, Shultz *et al.*, 1978) contenido en el suplemento (4%) ya que ambos representan 12,43% de PC de 20,69% que contenía el suplemento. Por otra parte, HS degradó a las 3 h, 20,88% de PC de un 42,54% de PC inicial, siendo similar a HPH, lo cual confirma la hipótesis sobre las mayores concentraciones de N-NH₃ en HS a las 3 h, siendo producto de los valores aditivos de las mayores concentraciones de N-NH₃ pre-suministro de suplemento (por reciclaje de urea) con las del post-consumo, como lo señalan Godoy *et al.* (1994), ya que a las 0 y 3 h se degradó aproximadamente la misma cantidad de proteína en HPH y HS.

5.2.6. Concentración de glucosa y urea en suero sanguíneo.

La concentración de glucosa en suero sanguíneo (Cuadro 21) no fue afectada por el tipo de suplemento (P>0,05) con un promedio de 46,06 ± 1,70 mg·dL⁻¹. Los resultados coinciden con los observados en el experimento I. Sin embargo, un 48% de las muestras se ubican por debajo del rango de referencia de 45-73,9 mg·dL⁻¹ (Wittwer, 2000b), indicando un estado hipoglicémico en algunos animales. Las concentraciones variaron durante las 12 h de muestreo, alcanzando un pico a las 6 h, sin embargo, disminuyen a las 9 h, para volver a aumentar a las 12 h a concentraciones superiores a las observadas a las 6 h. Al respecto

Álvarez (2001) señala que la glicemia no está sometida a un fuerte control homeostático y experimenta variaciones diurnas.

Cuadro 21. Concentración de glucosa y urea en suero sanguíneo a través del tiempo en bovinos suplementados con proteína.

Variable	Tratamientos			
	F	HM	HPH	HS
Glucosa (mg·dL ⁻¹)				
0h	28,57	36,20	40,73	36,56
3h	34,15	42,85	45,73	42,63
6h	42,60	47,60	58,70	54,95
9h	38,00	45,75	53,78	43,08
12h	55,83	54,88	58,35	61,00
Urea (mg·dL ⁻¹)				
0h	6,30 ^b	7,00 ^b	14,09 ^{ab}	21,03 ^a
3h	8,70 ^c	12,70 ^{bc}	22,53 ^{ab}	29,80 ^a
6h	12,10 ^b	13,80 ^b	26,33 ^{ab}	31,93 ^a
9h	13,80 ^e	14,35 ^e	26,95 ^{de}	32,83 ^d
12h	15,63 ^b	11,65 ^b	26,73 ^{ab}	31,30 ^a

^{a, b, c} Letras diferentes en la misma fila indican diferencias (P<0,05).

^{d, e} Letras diferentes en la misma fila indican diferencias (P<0,01).

La concentración de urea en suero sanguíneo (Cuadro 21) durante las 12 h de evaluación fue afectada (P<0,05) por los tratamientos, con valores más elevados para HS, intermedios para HPH y más bajos para HM y F. Luego de 3 h de suministrado el suplemento, la urea aumentó en todos los tratamientos, incluso en F, el cual, si bien no era suplementado, luego del muestreo de las 0 h, se le suministraba el heno, lo cual explica como dicho aumento puede ser debido a este consumo. Rodríguez *et al.* (1997b) observaron valores más elevados de urea 2 h después del consumo al compararlos con los valores obtenidos 2 h antes del consumo, mientras que Palmquist *et al.* (1993) observaron aumentos en concentraciones de urea sanguínea 3 h luego del consumo de alimento. El pico de urea en suero sanguíneo en los animales suplementados ocurrió a las 9 h; 6 h más tarde que el pico de N-NH₃ en líquido ruminal, lo cual coincide con Lewis (1957) quien observó que la urea en sangre sigue los aumentos y disminuciones del N-NH₃ con un periodo de latencia de 4 a 6 h.

Tanto HS como HPH presentaron valores de urea dentro del rango considerado normal ($15-42 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$; Wittwer, 2000b), no así F y HM lo que indica un aporte deficitario de proteína en la dieta (Wittwer, 2000a).

La mayor concentración de urea en HS puede ser debido a la mayor absorción de N-NH_3 ruminal (Rodríguez *et al.*, 1997a; Hess *et al.*, 1998), lo cual indica que la cantidad de N-NH_3 disponible en rumen no es utilizado totalmente por la masa microbiana, y parte de la fracción absorbida es convertida en urea en el hígado (Tillman y Sidhu, 1969; Hof *et al.*, 1997; Bach *et al.*, 2005; Hayashi *et al.*, 2006), lo que lleva a aumentar el gasto energético del animal al tener que convertir este nitrógeno en urea (Oldham, 1984). Los resultados coinciden con Thomas y Beeson (1977) quienes observaron mayor concentración de urea en plasma en animales suplementados con harina de soya, respecto a los suplementados con harina de pluma, a las 2; 4 y 6 h post-consumo. Anderson *et al.* (2001) observaron niveles de urea mayores en vacas que consumían PD respecto a las que no recibían la suplementación.

Los resultados de las concentraciones de urea del experimento II no coinciden con los observados en el experimento I, posiblemente debido a diferencias en las condiciones en que se desarrollan (pastoreo vs. estabulación). Como se observó en el experimento I, los valores iniciales de urea de las vacas (sin recibir ningún suplemento) en promedio fue de $17,9 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$, valor intermedio entre HS y HPH a la 0 h, en el experimento II. Factores como la condición fisiológica de los animales (lactantes vs. no lactantes), número de partos (prímiparas vs. multíparas) y la mayor facilidad de selección de dieta en condiciones de pastoreo, pudieron ser el motivo de la no coincidencia en las concentraciones de urea entre los experimentos.

La concentración de urea en suero se correlacionó con el nitrógeno amoniacal del líquido ruminal ($r= 0,46$; $P<0,005$). Estos resultados son inferiores al coeficiente de correlación significativo reportado por la literatura mundial de 0,84 a 0,97 (Ogundola, 1984) y 0,93 (Alfaro, 1986). Esta inferioridad puede ser debido a que la concentración de urea en suero es afectada también por el nivel de energía de la dieta (Haaland *et al.*, 1977).

VI. CONCLUSIONES

La suplementación con un kg de concentrado de 42% de PC, conformado principalmente por harina de soya, mejoró la ganancia de peso y promovió menor pérdida de CC de vacas de primera lactancia desde el parto al inicio de la temporada de monta, cuando pastaban forraje de pobre calidad; sin embargo, cuando el forraje disminuyó aun más de calidad, esta cantidad de proteína fue insuficiente para cubrir las necesidades de las vacas de primer parto.

El comportamiento reproductivo de vacas de primer parto pastando forraje de mala calidad no fue mejorado significativamente con la suplementación proteica cuando se utilizó un kg de los diferentes concentrados.

Las concentraciones de glucosa, β -hidroxibutirato, ácidos grasos no esterificados y urea no fueron influenciadas por la suplementación proteica ni por la edad de los animales.

La suplementación con harina de soya, produjo los niveles de nitrógeno amoniacal más altos en el líquido ruminal, indujo a una mayor producción de urea en suero sanguíneo, y conjuntamente con la harina de pluma hidrolizada también aumentó la producción de ácido acético y propiónico, y la degradación ruminal de la materia orgánica del forraje. La materia orgánica de los suplementos estudiados se degradó de igual forma en el rumen, mientras que la menor degradación de proteína cruda se presentó en el suplemento que contenía principalmente harina de pluma.

Finalmente, se concluye que la suplementación utilizada en este estudio mejoró algunas variables metabólicas a nivel ruminal y tisular, pero no fue suficiente en calidad y/o más en cantidad para mejorar significativamente la variable más importante, como es el desempeño de vacas de primer parto, particularmente en mejorar la tasa de preñez.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aderibigbe, A.O.; D.C. Church. 1983. Feather and hair meals for ruminants. I. Effect of degree of processing on utilization of feather meal. *J. Anim. Sci.* 56: 1198-1207.
- Alfaro, M.A. 1986. Utilización del nitrógeno no proteico y proteína protegida en la alimentación de vacas lecheras. Tesis de Maestría. Postgrado en Producción Animal. Facultades de Agronomía y Ciencias Veterinarias. Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela. 78p.
- Alderton, B.W.; D.L Hixon; B.W. Hess; L.F. Woodard; D.M. Hallford; G.E. Moss. 2000. Effects of supplemental protein type on productivity of primiparous beef cows. *J. Anim. Sci.* 78: 3027-3035.
- Alvarez, J.L. 2001. Bioquímica Nutricional y Metabólica del Bovino en el Trópico. Editorial Universidad de Antioquia. Medellín. Colombia. 201p.
- Ammerman, C.B.; G.J. Verde; J.E. Moore; W.C. Burns; C.F. Chicco. 1972. Biuret, urea and natural proteins as nitrogen supplements for low quality roughage for sheep. *J. Anim. Sci.* 35: 121-127.
- Anderson, L.P.; J.A. Paterson; R.P Ansotegui; M. Cecava; W. Schmutz. 2001. The effects of degradable and undegradable intake protein on the performance of lactating first-calf heifers. *J. Anim. Sci.* 79: 2224-2232.
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th Ed. Association of Official Agricultural Chemists. Arlington, VA. EUA.
- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis. 17th Ed. Association of Official Agricultural Chemists. Washington, DC. EUA.
- Araba, M.; N.M. Dale. 1990. Evaluation of protein solubility as an indicator of overprocessing soybean meal. *Poult. Sci.* 69: 76-83.

- Arriaga, L.; C. Chicco; G. Arriaga. 2001. Comportamiento productivo de vacas Brahman de primer servicio y primera lactancia con suplementación estratégica. *In*: R. Romero; J. Arango; J. Salomón (Eds.). XVII Cursillo sobre Bovinos de Carne. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ciencias Veterinarias. Maracay. Venezuela. pp. 35-61.
- Asuaje, J.; M. Román; L. Ruíz. 2006. Mejora genética y ambiental de un hato en los llanos occidentales de Venezuela. *In*: J. Parra; D. Montoni; I. Cárdenas (Eds.). XVI Jornadas Técnicas de la Ganadería en el estado Táchira. Universidad Nacional Experimental del Táchira. Venezuela. pp. 137-159.
- Bach, A.; S. Calsamiglia; M.D. Stern. 2005. Nitrogen metabolism in the rumen. *J. Dairy Sci.* 88 (E. Suppl.): E9-E21.
- Barnett, A.J.G; R.L. Reid. 1961. *Reactions in the Rumen*. Edward Arnold Publisher. London. England. 252p.
- Bello-Faria, J.L.; R.E. Mora; A.M. Herrera; B. Acosta; C.F. Chicco. 2011. Protein and energy supplementation of Brahman heifers in the western plains of Venezuela. *Proc. West. Sect. Amer. Soc. Anim. Sci.* Miles City, Montana. EUA. 62: 401-404.
- Bellows, R.A.; R.E. Short; G.V. Richardson. 1982. Effects of sire, age of dam and gestation feed level on dystocia and postpartum reproduction. *J. Anim. Sci.* 55: 18-27.
- Blauwiekel, R.; R.L. Kincaid. 1986. Effect of crude protein and solubility on performance and blood constituents of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 69: 2091-2098
- Bochi-Brum, O.; M.D. Carro; C. Valdés; J.S. González; S. López. 1999. Digestibilidad *in vitro* de forrajes y concentrados: Efecto de la ración de los animales donantes de líquido ruminal. *Arch. Zootec.* 48: 51-61.
- Botacio R.; J. Garmendia. 1997. Efecto de la suplementación mineral sobre el status mineral, parámetros productivos y reproductivos en bovinos a pastoreo. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 5 (Supl. 1): 245-247.

- Bouda, J.; L. Núñez; G. Quiroz-Rocha. 2000. Interpretación dos perfis de laboratório em bovinos. *In*: F.H.D. González; J.B. Borges; M. Cecim (Eds.). Uso de provas de campo e de laboratório clínico em doenças metabólicas e ruminais. Gráfica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Brasil. pp. 19-22.
- Braude, R.; R.M. Walker. 1949. Mortality, weight and body measurements at birth of dairy Shorthorn calves. *J. Agr. Sci.* 39: 156-163.
- Butler, W.R. 1998. Review: Effect of protein nutrition on ovarian and uterine physiology in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 81: 2533-2539.
- Butler, W.R. 2003. Energy balance relationships with follicular development, ovulation and fertility in postpartum dairy cows. *Livest. Prod. Sci.* 83: 211-218.
- Butler, W.R.; J.J. Calaman; S.W. Beam. 1996. Plasma and milk urea nitrogen in relation to pregnancy rate in lactating dairy cattle *J. Anim. Sci.* 74: 858-865.
- Chacín, F.B. 2000. Diseño y Análisis de Experimentos. Ediciones del Vicerrectorado Académico. Universidad Central de Venezuela. Caracas. Venezuela. 387p.
- Chaney, A.L.; E.P. Marbach. 1962. Modified reagents for determination of urea and ammonia. *Clin. Chem.* 8: 130-132.
- Chalupa, W. 1968. Problems in feeding urea to ruminants. *J. Anim. Sci.* 27: 207-219.
- Chen, P.S.; T.Y. Toribara; H. Warner. 1956. Microdetermination of phosphorus. *Anal. Chem.* 28: 1756-1758.
- Chicco, C.F.; D. Acevedo; N. Obispo; S. Godoy. 1992. Suplementación mineral de bovinos a pastoreo. *In*: Programa SPB:MIG y Convenio MAC/PDVSA (Eds.). Memoria de la VII Reunión de la Comisión Central de Evaluación y Seguimiento. pp. 220.
- Chicco, C.F.; S. Godoy. 1987. Suplementación mineral de bovinos de carne a pastoreo. *In*: N. Peña de Borsotti; D. Plasse (Eds.). III Cursillo sobre Bovinos de Carne. Facultad

- de Ciencias Veterinarias. Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela. pp. 47-103.
- Chicco, C.F.; S. Godoy. 2005. Restricciones y alternativas para la nutrición de bovinos en el trópico. *In*: R. Romero; J. Salomón; J. De Venanzi. (Eds.). XX Cursillo sobre Bovinos de Carne. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ciencias Veterinarias. Maracay. Venezuela. pp.157-190.
- Chicco, C.F.; S. Godoy; N. Obispo. 1998. Corrección de los factores nutricionales que limitan la producción de bovinos a pastoreo. *In*: D. Plasse; N. Peña de Borsotti; R. Romero (Eds.). XIV Cursillo sobre Bovinos de Carne. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ciencias Veterinarias. Maracay. Venezuela. pp. 89-116.
- Chicco, C.F.; T.A. Shultz; E. Shultz; A.A. Carnevali; C.B. Ammerman. 1972. Molasses-urea for restricted forage fed steers in the tropics. *J. Anim. Sci.* 35: 859-864.
- Ciccioli, N.; R.P. Wetteman, L.J. Spicer; C.A. Lents; F.J. White; D.H. Keisler. 2003. Influence of body condition at calving and postpartum nutrition on endocrine function and reproductive performance of primiparous beef cows. *J. Anim. Sci.* 81: 3107-3120.
- Clapp, H. 1937. A factor in breeding efficiency of dairy cattle. *Proc. Amer. Soc. Anim. Prod.* 37: 259-265.
- Combellas, J. 1993. Suplementación con bloques multinutricionales en bovinos de carne. *In*: D. Plasse; N. Peña de Borsotti y J. Arango (Eds.). IX Cursillo sobre Bovinos de Carne. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ciencias Veterinarias. Maracay. Venezuela. pp. 97-111.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN). 1993. Alimentos para animales. Determinación de solubilidad de la proteína en hidróxido de potasio. 3034-93. Fondorama. Caracas, Venezuela. 2p.
- Cytel Software Copyright, 2000. LogXact-4 for Windows. Ver. 4.1.

- Davis, C.S. 2002. *Statistical Methods for the Analysis of Repeated Measurements*. Springer-Verlag New York Inc. New York, EUA. 415 p.
- Depablos, L.; J. Ordóñez; S. Godoy; C.F. Chicco. 2009. Suplementación mineral proteica de novillas a pastoreo en los llanos centrales de Venezuela. *Zootecnia Trop.* 27: 249-262.
- Downie, J.G.; A.L. Gelman. 1976. The relation between changes in body weight, plasma glucose and fertility in beef cows. *Vet. Rec.* 99: 210-212.
- Dubuc, W. 1991. *Zootecnia General. Volumen I. Tercera Edición*. Ediciones DUMAR. Caracas. Venezuela. 336p.
- Daugherty, D.A.; D.C. Church. 1982. *In vivo* and *in vitro* evaluation of feather and hair meals in combination with urea for ruminants. *J. Anim. Sci.* 54: 345-352.
- Erfle, J.D.; L.J. Fisher; F.D. Sauer. 1974. Interrelationships between blood metabolites and an evaluation of their use as criteria of energy status of cows in early lactation. *Can. J. Anim. Sci.* 54: 293-303.
- Erwin, E.S.; G.J. Marco; E.M. Emery. 1961. Volatile fatty acid analyses of blood and rumen fluid by gas chromatography. *J. Dairy Sci.* 44: 1768-1771.
- Escobar, A. 1989. Principios y estrategias para la suplementación alimentaria de los rumiantes. Seminario. Postgrado en Producción Animal. Facultades de Agronomía y Ciencias Veterinarias. Universidad Central de Venezuela. Maracay. Mimeo 65p
- Ferguson, K.A.; J.A. Hemsley; P.J. Reis. 1967. The effect of protecting dietary protein from microbial degradation in the rumen. *Aust. J. Sci.* 30: 215-223.
- Fontaneli, R.S.; Ê. R. Prates; P. Ramos; J.O. Barcellos. 2002. Suplementação da silagem de sorgo com diferentes fontes de proteína para bovinos de corte. *Rev. Bras. Zootec.* 31: 183-191.

- Garmendia, J.; C.F. Chicco. 1988. Manejo alimenticio para mejorar la eficiencia reproductiva de bovinos de carne en pastoreo. *In*: D. Plasse; N. Peña de Borsotti (Eds.). IV Cursillo sobre Bovinos de Carne. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ciencias Veterinarias. Maracay. Venezuela. pp.175-213.
- Gil, R.A.; S. Rodríguez. 1979. Forrajes y su manejo. *In*: D. Plasse; R. Salom (Eds.). Ganadería de Carne en Venezuela. 2^{da} Ed. Caracas. Venezuela. pp. 29-60.
- Godoy, S.; C.F. Chicco. 1991a. Suplementación de bovinos alimentados con forraje de pobre calidad con fuentes de proteínas de diferentes tasas de degradación ruminal *Zootecnia Trop.* 9: 131-144.
- Godoy, S.; C.F. Chicco. 1991b. Suplementación con urea y niveles crecientes de harina de algodón en bovinos alimentados con forraje de pobre calidad. *Zootecnia Trop.* 9: 105-129.
- Godoy, S.; C.F. Chicco; N.E. Obispo. 1993. Suplementación de bovinos en crecimiento y engorde con concentrados nitrogenados con y sin tratamiento con formaldehído. I. Ganancia de peso y digestibilidad. *Zootecnia Trop.* 11: 211-240.
- Godoy, S.; C.F. Chicco; N.E. Obispo. 1994. Suplementación de bovinos en crecimiento y engorde con concentrados nitrogenados con y sin tratamiento con formaldehído. II. Dinámica y fermentación ruminal. *Zootecnia Trop.* 12: 55-75.
- Goering, H.K; P.J. Van Soest. 1970. Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures and some applications). *Agricultural Handbook. Number 379.* Washington, D.C. Agricultural Research Service, USDA. pp.1-20
- González, F. 2000. Uso de perfil metabólico para determinar status nutricional em gado de corte. *In*: F.H.D. González; J.O. Barcellos; H. Ospina; L.A.O. Ribeiro. (Eds.). Perfil metabólico em ruminantes: seu uso em nutrição e doenças nutricionais. Gráfica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Brasil. pp. 63-74.

- Gonzalvo, S.; D. Nieves; J. Ly; M. Macías; M. Carón; V. Martínez. 2001. Algunos aspectos del valor nutritivo de alimentos venezolanos destinados a animales monogástricos. *Livestock Research for Rural Development* (13):2. Disponible en: <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd13/2/gonz132.htm>.
- Haaland, G.L.; J.K. Matsushima; C.F. Nockels; D.E. Johnson. 1977. Bovine hair as an indicator of calorie-protein status. *J. Anim. Sci.* 45: 826-831.
- Hardison, W.A.; J.T. Reid; C.M. Martin; P.G. Woolfolk. 1954. Degree of herbage selection by grazing cattle. *J. Anim. Sci.* 37: 89-102.
- Hayashi, H.; M. Kawai; I. Nonaka; F. Terada; K. Katoh; Y. Obara. 2006. Developmental changes in the kinetics of glucose and urea in Holstein calves. *J. Dairy Sci.* 89: 1654-1661.
- Herrera, P.; B. Birbe; N. Martínez. 1995. Suplementación estratégica con bloques multinutricionales. *In: D. Plasse; N. Peña de Borsotti; J. Arango (Eds.). XI Cursillo sobre Bovinos de Carne. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ciencias Veterinarias. Maracay, Venezuela. pp. 129-159.*
- Herrera, P.; B. Birbe; N. Martínez. 1997. Bloques multinutricionales como estrategia alimenticia para hembras bovinas en crecimiento mantenidas en sabanas bien drenadas. *In: D. Plasse; N. Peña de Borssotti; R. Romero (Eds.). XIII Cursillo sobre Bovinos de Carne. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias Veterinarias. Maracay, Venezuela. pp. 77-107.*
- Herrera, P.; B. Birbe; C. Dominguez; N. Martínez. 2007. Experiences with multinutrient blocks in the Venezuelan tropics. *In: H. Makkar; M. Sánchez; A. Speedy (Eds.) Paper 164. Feed Supplementation Blocks - urea - molasses Multinutrient Blocks: simple an affective feed supplement technology for ruminant agriculture. FAO Animal Production and Health. Roma, Italia. pp. 149-159.*

- Hess, B.W.; E.J. Scholljegerdes; S.A. Coleman; J.E. Williams. 1998. Supplemental protein plus ruminally protected methionine and lysine for primiparous beef cattle consuming annual rye hay. *J. Anim. Sci.* 76: 1767-1777.
- Hess, B.W.; K.K. Parks; L.J. Krys; M.B. Judkin; B.A. McCracken; D.R. Hanks. 1994. Supplemental protein for beef cattle grazing dormant intermediate wheatgrass pasture: Effects on nutrient quality, forage intake, digesta kinetics, grazing behavior, ruminal fermentation, and digestion. *J. Anim. Sci.* 72: 2113-2123.
- Hof, G.; M.D. Vervoorn; P.J. Lenaers; S. Tamminga. 1997. Milk urea nitrogen as a tool to monitor the protein nutrition of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 80: 3333-3340
- Holmaback-Petersen, R.; C. Tobia; O. Rosendo; M. Diaz; C. Saldivia; A. Chacón; J. Velásquez. 2007. Experiencia con cánulas ruminales de plastisol para bovinos. *Gaceta de Ciencias Veterinarias.* 12: 67-71.
- Hoover, W.H. 1986. Chemical factors involved in ruminal fiber digestion. *J. Dairy Sci.* 69: 2755-2766.
- Institute National de la Reserche Agronomiqué (INRA). 1981. Alimentación de los Rumiantes. Editorial Mundi Prensa. Madrid, España. 697p.
- Juárez, F.I.; D.G. Fox; R.W. Blake; A.N. Pell. 1999. Evaluation of tropical grasses for milk production by dual-purpose cows in tropical México. *J. Dairy Sci.* 82: 2136-2145.
- Kane, K.K.; D.E. Hawkins; G.D. Pulsipher; D.J. Denniston; C.R. Krehbiel; M.G. Thomas; M.K. Petersen; D.M. Hallford; M.D. Remmenga; A.J. Roberts; D.H. Keisler. 2004. Effect of increasing levels of undegradable intake protein on metabolic and endocrine factors in estrous cycling beef heifers. *J. Anim. Sci.* 82: 283-291.
- Kempton, T.J. 1980. The use of nylon bags to characterise the potential degradability of feeds for ruminants. *Trop. Anim. Prod.* 5: 107-116.

- Klosterman, E.W.; L.G. Stanford; C.F. Parker. 1968. Effect of cow size and condition and ration protein content upon maintenance requirements of mature beef cows. *J. Anim. Sci.* 27: 242-246.
- Knapp, B. Jr.; W.V. Lambert; W.H. Black. 1940. Factors influencing length of gestation and birth weight in cattle. *J. Agr. Res.* 61: 277-285.
- Lamela, L. 1992. Sistemas de producción de leche. *In*: T. Clavero (Ed.). Producción e Investigación en Pastos Tropicales. Facultad de Agronomía. La Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela. pp. 151-160.
- Leng, R.A. 1991. Further observation on the efficiency of feed utilization for growth in ruminants fed forage based diets. *In*: D.J. Farrel (Ed.). Recent Advances in Animal Nutrition in Australia. The University of New England. pp. 28-47.
- Laster, D.B.; H.A. Glimp; K.E. Gregory. 1973. Effects of early weaning on postpartum reproduction of cows. *J. Anim. Sci.* 36: 734-740.
- León, S. de; C.F. Chicco. 1991. Degradación ruminal *in situ* de diferentes fuentes de proteína. *Zootecnia Trop.* 9: 3-24.
- Lewis, D. 1957. Blood-urea concentration in relation to protein utilization in the ruminant. *J. Agric. Sci.* 48: 438-446.
- López, M.E.; J. Garmendia; N. Obispo. 1999. Efecto de la proteína sobrepasante de la harina de pescado sobre metabolitos sanguíneos de novillas Holstein. *Zootecnia Trop.* 17: 19-32.
- Lucy, M.C.; C.R. Staples; F.M. Michel; W.W. Thatcher. 1991. Energy balance and size and number of ovarian follicles detected by ultrasonography in early postpartum dairy cows. *J. Dairy Sci.* 74: 473-482.
- Lucy, M.C.; C.R. Staples; W.W. Thatcher; P.S. Erickson; R.M. Cleale; J.L. Firkins; J.H. Clark; M.R. Murphy; B.O. Brodie. 1992. Influence of diet composition, dry-matter

- intake, milk production and energy balance on time of post-partum ovulation and fertility in dairy cows. *Anim. Prod.* 54: 323-331.
- MacGregor, C. 2000. *Directory of Feeds and Feed Ingredients*. Tercera Edición. W.D. Hoard & Sons Company. Wisconsin, EUA. 91p.
- Mathis, C.P.; R.C. Cochran; J.S. Heldt; B.C. Woods; I.E. Abdelgadir; K.C. Olson; E.C. Titgemeyer; E.S. Vanzant. 2000. Effects of supplemental degradable intake protein on utilization of medium- to low-quality forage. *J. Anim. Sci.* 78: 224-232.
- Maynard, L.A.; J.K. Loosli; H. Hintz; R.G. Warner. 1981. *Nutrición Animal*. 4^{ta} Ed. Hispana. McGraw-Hill. México. 640p.
- Mehrez; A.Z.; E.R. Ørskov; I. McDonald. 1975. Rates of rumen fermentation in relation to ammonia concentration. *Br. J. Nutr.* 38: 443-447
- Mehta, C.R.; N.R. Patel. 1995. Exact logistic regression: theory and examples. *Statist. Med.* 14: 2143-2160.
- Milford, R.; D.J. Minson. 1965. Intake of tropical pasture species. *Proc. IX International Grassland Congress*. Sao Paulo, Brasil. pp. 815-822.
- Minson, D.J. 1990. Intake of grazed forage. *In*: T. Cunha (Ed). *Forage in Ruminant Nutrition*. Academy Press. San Diego, EUA. pp. 60-84.
- Montoni, D.; J.K. Riggs. 1978. Efecto del amamantamiento limitado sobre el comportamiento productivo y reproductivo de un rebaño Brahman. *Agronomía Trop.* 28: 551-571.
- Montoni, D.; J.R. Vitto; G. Rojas. 1995. Estrategia para el manejo de la vaca de primer parto en bovinos de carne. *In*: D. Plasse; N. Peña de Borsotti; J. Arango (Eds.) *XI Cursillo sobre Bovinos de Carne*. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ciencias Veterinarias. Maracay. Venezuela. pp. 161-180.

- Mora, R.; A. Herrera; D. Sánchez; C. Chicco; S. Godoy; L. Depablos. 2010a. Suplementación parenteral con cobre y zinc en vacunos machos mestizos Brahman en los Llanos Occidentales de Venezuela. *Rev. Fac. Agr.(UCV)*. 36: 83-94.
- Mora, R.E.; A.M. Herrera; M.J. García; C.F. Chicco; R.J. Pérez. 2010b. Suplementación parenteral con cobre y zinc en bovinos Brahman en crecimiento en la región sur Occidental de Venezuela. *Rev. Científ. FCV-LUZ*. 20: 519-528.
- Moreno, C.; R. Mora; F. Amaya; R. Olivares. 2006. Concentración de nitrógeno ureico en leche (NUL) bovina durante la lactancia en una finca al norte del estado Táchira, Venezuela. *Rev. Científ. UNET*. 18: 1-7.
- National Research Council (NRC). 1980. Mineral Tolerance of Domestic Animals. National Academy of Sciences. Washington, D.C. EUA. 577p.
- National Research Council (NRC). 2000. Nutrient Requirements of Domestic Animals. Nutrient Requirements of Beef Cattle 7^{ma} ed. National Research Council. National Academy Press. Washington, EUA. 447 p.
- National Research Council (NRC). 2001. Nutrient Requirements of Domestic Animals. Nutrient Requirements of Dairy Cattle 7^{ma} ed. National Research Council. National Academy Press. Washington, EUA. 381 p.
- National Research Council (NRC). 1985. Ruminant Nitrogen Usage. National Academy Press. Washington, EUA. pp. 28-36
- Neville, W.E. Jr. 1971. Effect of age on the energy requirements of lactating Hereford cows. *J. Anim. Sci.* 33: 855-860.
- Nolan, C.J.; R.C. Bull; R.G. Sasser; C.A. Ruder; P.M. Panlasigui; H.M. Schoeneman; J.J. Reeves. 1988. Postpartum reproduction in protein restricted beef cows: Effect on the hypothalamic- pituitary-ovarian axis. *J. Anim. Sci.* 66: 3208-3217.

- Obispo, N.E.; C.F. Chicco. 1993. Evaluación de la densidad de oferta de bloques multinutricionales en bovinos. *Zootecnia Trop.* 11: 193-210.
- Obispo, N.E.; P. Pares; C. Hidalgo; J. Palma; S. Godoy. 2001. Consumo de forraje y ganancia diaria de peso en bovinos de carne en crecimiento suplementados con fuentes proteicas. *Zootecnia Trop.* 19: 423-442.
- Ogundola, F.I. 1984. Ruminal ammonia and plasma urea relationship in young growing calves. *E. Afr. Agr. For. J.* 46: 23-26.
- Ojeda, A.; A. Escobar. 1995. Suplementación con aceite crudo de palma africana de bovinos para ceba en pastoreo. *Livestock Research for Rural Development.* 7(1). Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd7/1/9.htm>
- Oldham, J.D. 1984. Protein-Energy interrelationships in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 67: 1090-1114.
- Ørskov, E.; F.D. Howell; F. Mould. 1980. The use of the nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs. *Trop. Anim. Prod.* 5: 195-213.
- Ørskov, E.R.; I. McDonald. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agri. Sci. Camb.* 92:499-503.
- Paladines, O. 1992. Metodologías de Pastizales. Proyecto de Fomento Ganadero PROFOGAN. Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). Deutsche Gessellschaft für technische Zusammenarbeit (GTZ) Serie Metodología Manual. N° 1: Pastos y forrajes. Convenio Ecuatoriano-Alemán. Quito. Ecuador. 219p.
- Palmquist, D.L.; M.R. Weisbjerg; T. Hvelplund. 1993. Ruminal, intestinal, and total digestibilities of nutrients in cows fed diets high in fat and undegradable protein. *J. Dairy Sci.* 76: 1353-1364.

- Parra, A.; J. Combellas; R. Dixon. 1984. Rumen degradability of some tropical stuffs. *Trop. Anim. Prod.* 9: 196-199.
- Parra, R.; A. Escobar; G. Giori. 1985. Recursos alimenticios no tradicionales para la ceba de bovinos. *In: D. Plasse; N. Peña de Borsotti (Eds.). I Cursillo sobre Bovinos de Carne.* Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ciencias Veterinarias. Maracay. Venezuela. pp. 1-46.
- Payne, J.; S. Payne. 1987. *The metabolic profile test.* Oxford, Oxford University Press. 179p.
- Preston, T.R. 1986. Better utilization of crop residues and by-products in animal feeding: Research Guidelines. 2. A Practical Manual for Research Workers. FAO Animal Production and Health Paper 50/2.
- Preston, T.R.; R.A. Leng. 1989. Adecuando los Sistemas de Producción Pecuaria a los Recursos Disponibles: Aspectos Básicos y Aplicados del Nuevo Enfoque Sobre la Nutrición de Rumiantes en el Trópico. Consultorías para el Desarrollo Rural Integrado en el Trópico (CONDRIT) Ltda. Cali. Colombia. 312p.
- Quinn, G.P.; M.J. Keough. 2002. *Experimental Design and Data Analysis for Biologists.* Cambridge University Press, Inglaterra. 207p.
- Randel, R.D. 1990. Nutrition and postpartum rebreeding in cattle. *J. Anim. Sci.* 68: 853-862.
- Razz, R.; T. Clavero. 2004. Niveles de urea, fósforo, glucosa e insulina de vacas en ordeño suplementadas con concentrado en un sistema de *Panicum maximum* y *Leucaena leucocephala*. *Rev. Científ. FCV-LUZ.* 14: 365-369.
- Richards, M.W.; R.P. Wettemann; H.M. Schoenemann. 1989. Nutritional anestrus in beef cows: Concentrations of glucose and nonesterified fatty acids in plasma and insulin in serum. *J. Anim Sci.* 67: 2354-2362.

- Reynolds, W.L.; T.M. DeRouen; R.A. Bellows. 1978. Relationships of the milk yield of the dam to early growth rate of straightbred and crossbred calves. *J. Anim. Sci.* 47: 584-594.
- Rodriguez, L.A.; C.C. Stallings; J.H. Herbein; M.L. McGilliard. 1997a. Diurnal variation in milk and plasma urea nitrogen in Holstein and Jersey cows in response to degradable dietary protein and added fat. *J. Dairy. Sci.* 80: 3368-3376
- Rodriguez, L.A.; C.C. Stallings; J.H. Herbein; M.L. McGilliard. 1997b. Effect of degradability of dietary protein and fat on ruminal, blood, and milk components of Jersey and Holstein cows. *J. Dairy. Sci.* 80: 353-363.
- Ruas, J.R.; C.A. Torres; L. Borges; A. Neto; G. Machado; A.M. Borges. 2000. Efeito da suplementação protéica a pasto sobre eficiência reprodutiva e concentrações sanguíneas de colesterol, glicose e uréia, em vacas Nelore. *Rev. Bras. Zootec.* 29: 2043-2050 (Suplemento 1).
- Rusche, W.C.; R.C. Cochran; L.R. Corah; J.S. Stevenson; D.L. Harmon; R.T. Brandt, Jr; J.E. Minton. 1993. Influence of source and amount of dietary protein on performance, blood metabolites, and reproductive function of primiparous beef cows. *J. Anim. Sci.* 71: 557-563.
- Sasser, R.G.; R.J. Williams; R.C. Bull; C.A. Ruder; D.G. Falk. 1988. Postpartum reproductive performance in crude protein-restricted beef cows: Return to estrus and conception. *J. Anim. Sci.* 66:3033-3039.
- Satter, L.D.; L.L. Slyter. 1974. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production *in vitro*. *Br. J. Nutr.* 32: 199-208.
- Short, R.E; D.C. Adams. 1988. Nutritional and hormonal interrelationships in beef cattle reproduction. *Can. J. Anim. Sci.* 68:29-39.

- Short, R.E.; R.A. Bellows; R.B. Staigmiller; J.G. Berardinelli; E.E. Custer. 1990. Physiological mechanisms controlling anestrus and infertility in postpartum beef cattle. *J. Anim. Sci.* 68: 799-816.
- Shultz, E.; C.F. Chicco; L.E. Cañas; T.A. Shultz. 1974a. Urea, biuret y su combinación como suplementos de nitrógeno para ovinos. *Agronomía Trop.* 24: 493-504.
- Shultz, E.; C.F. Chicco; T.A. Shultz; S.T. Garbati. 1974b. Urea, biuret y su combinación como suplementos de nitrógeno para bovinos. *Agronomía Trop.* 24: 149-158.
- Shultz, E.; C.F. Chicco; T.A. Shultz; A. Moya; J. Garmendia. 1978. Combinaciones de urea y sulfato de amonio en suplementos para bovinos alimentados con heno de baja calidad. *Agronomía Trop.* 28: 643-654.
- Shultz, E.; T.A. Shultz; A.A. Carnevali; C.F. Chicco. 1971. Suplementación con urea-melaza y pulitura de arroz en bovinos alimentados con pastos de pobre calidad. *Agronomía Trop.* 21: 195-204.
- Soto, R.; I. Rubio; C.S. Galina; E. Castillo; S. Rojas. 2001. Effect of pre- and post- partum feed supplementation on the productive and reproductive performance of grazing primiparous Brahman cows. *Trop. Anim. Health Prod.* 33: 253-264.
- SPSS Inc. 2006. IBM Company Headquarters. Ver. 15.0. Illinois, EUA.
- Statistix. 2003. Analytical Software. Ver. 8.0. Florida. EUA.
- Steel, R.G.D.; J.H. Torrie. 1988. *Bioestadística: Principios y Procedimientos*. McGraw-Hill. 2^{da} Ed. Ciudad de México, México. pp. 166-187.
- Strauch, T.A.; E.J. Scholljegerdes; D.J. Patterson; M.F. Smith; M.C. Lucy; W.R. Lamberson; J.E. Williams. 2001. Influence of undegraded intake protein on reproductive performance of primiparous beef heifers maintained on stockpiled fescue pasture. *J. Anim. Sci.* 79: 574-581.

- Tabatabai, M.A.; J.M. Bremner. 1970. A simple turbidimetric method of determining total sulfur in plant materials. *Agron. J.* 62: 805-806.
- Thomas, V.M.; W.M. Beeson. 1977. Feather meal and hair meal as protein sources for steer calves. *J. Anim. Sci.* 45: 819-825.
- Thomas, V.M.; C.K. Clark; C.M. Schuldt. 1994. Effects of substituting feather meal for soybean meal on ruminal fiber fermentation and lamb and wool growth. *J. Anim. Sci.* 72: 509-514.
- Tilley, J.M.A.; R.A. Terry. 1963. A two stage technique for *in vitro* digestion of forage crops. *J. Br. Grassl. Soc.* 18: 104-111.
- Tillman, A.D.; K.S. Sidhu. 1969. Nitrogen metabolism in ruminants: Rate of ruminal ammonia production and nitrogen utilization by ruminants. A review. *J. Anim. Sci.* 28: 689-697.
- Toledo, J.M.; R. Shultze-Kraft. 1982. Metodología para la evaluación agronómica de pastos y forrajes. *In: J.M. Toledo (Ed.). Manual para la Evaluación Agronómica. Red Internacional de Evaluación de Pastos y Forrajes, CIAT. Cali, Colombia. pp. 91-110.*
- Triplett, B.L.; D.A. Neuendorff; R.D. Randel. 1995. Influence of undegraded intake protein supplementation on milk production, weight gain, and reproductive performance in postpartum Brahman cows. *J. Anim. Sci.* 73: 3223-3229.
- Uden, P.; P.E. Colucci; P.J. Van Soest. 1980. Investigation of chromium, cerium and cobalt as markers in digesta rate of passage studies. *J. Sci. Food Agric.* 31: 625-632.
- Van Kneusel, A.T.M.; H. Van den Brand; E.A.M. Graat; J. Dijkstra; R. Jorritsma; E. Decuypere; S. Tamminga; B. Kemp. 2007. Dietary energy source in dairy cows in early lactation: metabolites and metabolic hormones. *J. Dairy. Sci.* 90: 1477-1485.

- Van Knegsel, A.T.M.; H. Van den Brand; J. Dijkstra; R. Jorritsma; E. Decuyper; S. Tamminga; B. Kemp. 2005. Effect of dietary energy source on energy balance, production, metabolic disorders and reproduction in lactating dairy cattle. *Reprod. Nutr. Dev.* 45: 665-688.
- Van Soest, P.J. 1965. Voluntary intake in relation to chemical composition and digestibility. Symposium on Factors Influencing the Voluntary Intake of Herbage by ruminants. *J. Anim. Sci.* 24: 834-843.
- Van Soest, P.J. 1982. *Nutritional Ecology of the Ruminant*. O&B. Inc. Corvallis, Oregon. EUA. 374p.
- Van Soest, P.J.; R.H. Wine. 1967. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell-wall constituents. *J. Assn. Offic. Anal. Chem.* 50: 50-55.
- Vásquez, B.J.; P. Bastidas. 2005. Comportamiento reproductivo de vacas Brahman de primera lactancia suplementadas con proteína no degradable. *Zootecnia Trop.* 23: 411-427.
- Vergara-López, J.; O. Araujo-Febres; M. Lachman; Y. Troconis. 2002. Degradabilidad ruminal de la harina de plumas en novillos mestizos tropicales. *Rev. Cien. FCV LUZ.* 12: 505-507. (Suplemento 2).
- Villa, N.A.; J.M. Osorio; D. Escobar; A. Ceballos. 2011. Indicadores bioquímicos del balance energético en el periparto de vacas Brahman en pastoreo en el trópico Colombiano. *Rev. Científ. FCV-LUZ.* 21: 353-359.
- Waltz, D.M.; M.D. Stern; D.J. Illg. 1989. Effect of ruminal protein degradation of blood meal and feather meal on the intestinal amino acid supply to lactating cows. *J. Dairy Sci.* 72: 1509-1518.
- Warnick, A.C.; J.H. Meade Jr.; M. Koger. 1960. Factors influencing pregnancy rate in Florida Beef Cattle. *Fla. Agr. Exp. Sta. Bull.* 623. 11p.

- Wiley, J.S.; M.K. Petersen; R.P. Ansotegui; R.A. Bellows. 1991. Production from first-calf beef heifers fed a maintenance or low level prepartum nutrition and ruminally undegradable or degradable protein postpartum. *J. Anim. Sci.* 69: 4279-4293.
- Wiltbank, J.N.; W.W. Rowden; J.E. Ingalls; K.E. Gegeoey; R.M. Koch. 1962. Effect of energy level on the reproductive phenomena of mature Hereford cows. *J. Anim. Sci.* 21: 219-225.
- Wittwer, F. 2000a. Diagnostico dos desequilibrios metabólicos de energía en rebanhos bovinos. *In: F.H.D. González; J.O. Barcellos; H. Ospina; L.A.O. Ribeiro. (Eds.). Perfil metabólico em ruminantes: seu uso em nutrição e doenças nutricionais. Gráfica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Brasil. pp. 9-22.*
- Wittwer, F. 2000b. Marcadores bioquímicos no controle de problemas metabólicos nutricionais em gado de leite. *In: F.H.D. González; J.O. Barcellos; H. Ospina; L.A.O. Ribeiro. (Eds.). Perfil metabólico em ruminantes: seu uso em nutrição e doenças nutricionais. Gráfica da Universidade Federal do Rio Grande do sul. Porto alegre, Brasil. pp. 53-62.*
- Whitaker, D; J. Kelly. 1994. Use and interpretation of metabolic profiles in dairy cows. *In: T. Pérez; N. Martínez (Eds.). I Curso Nacional de Divulgación en Técnicas de RIA y Evaluación de Metabolitos Sanguíneos y Cinéticas Digestivas Relacionadas en la Nutrición y Reproducción en Bovinos. Maracay, Venezuela.*
- Yavas, Y.; J.S. Walton. 2000. Postpartum acyclity in suckled beef cows: a review. *Theriogenology.* 54: 25-55.
- Zalesky, D.D.; D.W. Forrest; N.H. McArthur; J.M. Wilson; D.L. Morris; P.G. Harms. 1990. Suckling inhibits release of luteinizing hormone releasing hormone from the bovine median eminence following ovariectomy. *J. Anim. Sci.* 68: 444-448.