

# SUPLEMENTACIÓN CON FUENTES DE PROTEÍNA DEGRADABLE Y NO DEGRADABLE EN EL RUMEN EN VACAS ALIMENTADAS CON *Urochloa humidicola*.

## I. CAMBIOS DE PESO VIVO, CONDICIÓN CORPORAL, PREÑEZ Y QUÍMICA SANGUÍNEA EN VACAS BRAHMAN DE PRIMER PARTO A PASTOREO

Supplementation with degradable and undegradable protein sources in rumen on cows fed *Urochloa humidicola*.

I. Body Weight Changes, Body Score Condition, Pregnancy and Blood Chemistry on Brahman First Calf Heifers on Grazing

Robert Emilio Mora-Luna<sup>1\*</sup>, Claudio Franco Chicco<sup>2</sup>, Ana María Herrera-Angulo<sup>1</sup>, Susmira Godoy<sup>3</sup> y Julio Garmendia<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Coordinación de Investigación Agropecuaria, Decanato de Investigación. Universidad Nacional Experimental del Táchira (UNET). San Cristóbal, estado Táchira. Venezuela. <sup>2</sup>Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Central de Venezuela (UCV). Maracay, estado Aragua. Venezuela. <sup>3</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA-CENIAP). Maracay, estado Aragua. Venezuela. \* robertmora78@yahoo.com

### RESUMEN

Para evaluar el efecto de la suplementación con fuentes de proteína degradable y no degradable en el rumen, sobre cambios de peso vivo (PV), condición corporal (CC), preñez y química sanguínea, 117 novillas Brahman gestantes con PV 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 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 20,7; 42,7 y 42,5% de proteína cruda, y 2,8; 2,7 y 2,8 Mcal de  $\text{EM} \cdot \text{kg}^{-1}$  MS, respectivamente para HM, HPH y HS. La suplementación se inició aproximadamente 45 días antes del parto y continuó hasta culminar la temporada de monta (TM). Se registraron los cambios de PV de las vacas, altura a la cruz, CC, preñez, así como el peso al nacer del becerro, y en suero sanguíneo de las vacas: glucosa,  $\beta$ -hidroxibutirato, ácidos grasos no esterificados y urea. Los datos fueron analizados por ANAVAR bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2x3 (dos edades, tres suplementos), y la preñez por regresión logística

exacta. Al inicio de la TM, HS promovió mayor un PV (356,4 kg;  $P < 0,05$ ) respecto a HPH (339,0 kg) y HM (340,4 kg). La CC al inicio de la TM fue mayor ( $P < 0,05$ ) en HS (2,75) respecto a HPH (2,62) y HM (2,63). No hubo efecto de los suplementos sobre la química sanguínea. La tasa de preñez ( $P > 0,05$ ) fue: 52,9; 64,7 y 62,2% para HM, HPH y HS, respectivamente. La suplementación con un kg de HS, mejoró el PV al inicio de la TM y generó menor pérdida de CC de vacas de primer parto; sin embargo, las magnitudes de estos cambios no fueron suficientes para mejorar el desempeño reproductivo.

**Palabras clave:** Suplementación, fuentes proteicas, vacas de primer parto.

### ABSTRACT

In order to evaluate the effect of supplementation with degradable and undegradable protein sources in rumen, on body weight (BW) changes, body score condition (BSC), pregnancy and blood chemistry, 117 Brahman pregnant heifers with BW of  $393.5 \pm 3.05$  kg being 3 (n=84) and 4 (n=33) years old, were divided in three uniform BW groups and assigned to three supplements ( $1 \text{ kg} \cdot \text{animal} \cdot \text{d}^{-1}$ ) containing mainly corn meal (CM), hydrolyzed feather meal (HFM) and soybean meal

(SBM). The supplements contained 20.7, 42.7 and 42.5% crude protein, and 2.8, 2.7 and 2.8 Mcal of ME·kg<sup>-1</sup> DM, for CM, HFM and SBM, respectively. Supplementation started approximately 45 days prior calving and was maintained up to the end of the breeding season (BS). Cow's BW changes, wither height, BSC, pregnancy, as well as calf birth weight were recorded, and in serum cow: glucose,  $\beta$ -hydroxy butyrate, non-esterified fatty acids and urea were measured. Data were analyzed by ANOVA in a completely randomized design with a 2x3 factorial arrangement (two ages; three supplements). Pregnancy was analyzed by exact logistic regression. At the beginning of the BS, SBM showed higher BW (356.4 kg, P<0.05) compared to HFM (339.0 kg), and CM (340.4 kg). Body score condition at the beginning of BS was higher (P<0.05) in SBM (2.75) in relation to HFM (2.62), and CM (2.63). There was not effect of supplementation on blood chemistry. Pregnancy rate (P>0.05) was: 52.9, 64.7 and 62.2% for CM, HFM and SBM, respectively. Supplementation with one kg of SBM, improved BW at the BS and generated the lower loss of BSC in first calf heifers; however, the magnitudes of these changes were not sufficient to improve reproductive performance.

**Key words:** Supplementation, protein sources, first calf heifers.

## 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 (*Bos indicus* y *B. taurus*) pasan por periodos de subnutrición que disminuyen la producción y la fertilidad, además de incrementar la mortalidad de los rebaños.

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 [12].

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 necesidades nutricionales que no se cubren cuando las vacas pastan forrajes de pobre calidad [13], destinando los nutrientes a cubrir prioritariamente sus necesidades de mantenimiento, lactación y crecimiento, limitando su desempeño reproductivo [17] con una baja tasa de preñez [49, 56]. 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 tendientes a mejorar la alimentación, de tal manera que estos efectos negativos puedan ser disminuidos por medio de una suplementación estratégica [2], con el fin de maximizar la eficiencia del uso de forraje y/o corregir aportes deficitarios de nutrientes por parte de dicho forraje,

que en condiciones tropicales son deficientes en energía [41, 47] y proteína [47].

Las necesidades proteicas de bovinos de carne expresadas en el National Research Council (NRC) [43] son expresadas como proteína metabolizable (PM), sin embargo, estas necesidades fueron calculadas en base a experimentos en los cuales el ganado fue alimentado con dietas adecuadas en calidad y cantidad, lo cual puede no ser apropiado cuando el ganado de carne consume solo forrajes y de forma limitada [54].

La PM es la proteína verdadera absorbida por el intestino, suministrada por la proteína microbiana y proteínas no degradadas en el rumen [43], y la proteína microbiana se sintetiza en el rumen a partir de los compuestos de nitrógeno proteico y no proteico que son degradables por los microorganismos ruminales [45]. Dado que el aporte de PM depende del consumo de proteína degradable en rumen (PDR) y proteína no degradable en el rumen (PNDR), es por ello que aún se aplican prácticas de suplementación que aporten estas fracciones de proteína [8, 10, 16, 29], aún cuando sus requerimientos son muy poco descritos en NRC [43], donde también se expresan necesidades proteicas en base a proteína cruda.

La suplementación con fuentes de PDR como la harina de girasol (*Helianthus annuus*) o la harina de soya (HS) (*Glycine max*) compensan la deficiencia de esta fracción de proteína en los forrajes de baja calidad, aumentando así el consumo total de materia seca (MS) [6, 10] y tasa de pasaje [31], además de incrementar la producción de nitrógeno microbiano [8]; y la suplementación con fuentes de PNDR harina de pluma hidrolizada (HPH), harina de pescado, harina de sangre además de mejorar el consumo de forraje [16], aumentan el flujo de aminoácidos esenciales al intestino delgado [55].

Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la suplementación con fuentes de proteína degradable (HS) y no degradable en el rumen (HPH) sobre los cambios de peso vivo (PV), condición corporal (CC), preñez y química sanguínea de vacas Brahman de primer parto de 3 y 4 años de edad pastando en *Urochloa humidicola*, así como evaluar la cantidad y calidad de la pastura durante el periodo experimental.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación

El ensayo se realizó en el hatillo La Trinidad ubicado a 40 km al suroeste de Santa Bárbara, municipio Ezequiel Zamora del estado Barinas, Venezuela, a una altitud de 100 m.s.n.m., en una zona de vida de bosque seco tropical, con una topografía plana, caracterizada por la presencia de bancos, bajíos y esteros [5]. El experimento se desarrolló entre septiembre del año 2007 y abril del año 2008, con una duración de 219 días (d).

## Manejo de los animales

Ciento diecisiete novillas Brahman gestantes con PV 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 isoenergéticos (TABLA I) que contenían principalmente harina de maíz *Zea mays* (HM, grano y mazorca molidos), HPH, como fuente de PNDP y HS, como fuente de PDR, siendo iso-proteicos los dos últimos. La inclusión de un grupo suplementado con HM principalmente (testigo positivo) obedeció al hecho de realizar el experimento en una finca comercial, donde no se permitió el uso de un tratamiento sin suplementación. La formulación de un suplemento testigo fue de aparente valor nutricional similar al tradicional de la finca, pero del cual se conociera el aporte de nutrientes, siendo éste descrito como HM, y comparar éste con los dos suplementos proteicos (HPH y HS).

Los animales se manejaron en tres potreros bajo pastoreo continuo, donde predominaba *Urochloa humidicola*, con acceso al suplemento ( $1 \text{ kg} \cdot \text{animal} \cdot \text{d}^{-1}$ ) 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 nueve d. La carga animal promedio fue de 0,44 unidad animal (UA)/ha.

La suplementación se inició en los tres grupos de animales el 19 de septiembre de 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 de preparto, según los registros de palpación. La suplementación continuó durante toda la temporada de monta (108 d) que se inició el 08 de enero de 2008 y culminó el 25 de abril de 2008. Los becerros permanecieron con las vacas desde el nacimiento hasta los ocho meses de edad, de tal manera 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 tres años de edad y fueron evaluados por su calidad seminal previo al inicio de la temporada de monta.

## 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 transec-

TABLA I  
COMPOSICIÓN DE LOS SUPLEMENTOS EXPERIMENTALES

Ingredientes	HM <sup>2</sup> (%)	HPH <sup>3</sup> (%)	HS <sup>4</sup> (%)
Urea	2,5	2,5	2,5
Sulfato de amonio	4	4	4
Minerales <sup>1</sup>	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
Composición nutricional (% base seca)			
MS	89,7	92,5	91,0
Ceniza	10,0	12,4	10,6
MO	90,0	87,6	89,4
PC (N x 6,25)	20,7	42,7	42,5
EE	10,2	6,80	6,21
FDN	29,4	22,1	35,4
FDA	8,55	5,77	8,82
Energía Metabolizable <sup>5</sup> (Mcal/kg MS)	2,8	2,7	2,8
Proteína degradable en rumen <sup>5</sup> (%)	14,8	21,1	31,5
Proteína no degradable en rumen <sup>5</sup> (%)	5,30	21,6	11,0

<sup>1</sup>‰: Ca: 21,6; P: 11,0; Mg: 2,02; Na: 2,65; Cu: 0,04; Zn: 0,17; Fe: 0,15; Mn: 0,17. <sup>2</sup>‰:Ca: 1,80; P: 1,37; Mg: 0,38; K: 0,80; Na: 0,20; S: 0,85; ppm: Cu: 48; Zn: 305; Fe: 590; Mn: 160. <sup>3</sup>‰: Ca: 2,10; P: 1,43; Mg: 0,41; K: 0,40; Na: 0,41; S:1,10; ppm: Cu: 78; Zn: 464; Fe: 870; Mn: 250. <sup>4</sup>‰: Ca: 1,30; P: 0,93; Mg: 0,32; K: 1,20; Na: 0,21; S: 0,74; ppm: Cu: 50; Zn: 216; Fe: 530; Mn: 140. <sup>5</sup>Valores calculados en base al contenido teórico de las materias primas según NRC [43].

tas, tres con 20 puntos y dos con 10 puntos. En cada punto se lanzó un cuadro metálico de 0,375 m<sup>2</sup> que sirvió como área de cosecha [46] recolectando 80 muestras por muestreo. 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 [63].

Para la determinación de la biomasa presente en MS, se realizó el corte del material vegetal a 10 cm sobre el nivel del suelo, y las muestras fueron deshidratadas en estufa de ventilación forzada THELCO® (Modelo 6M, EUA) 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, EUA) con tamiz de 1 mm de diámetro, y se constituyeron 24 muestras compuestas (ocho de cada muestreo) para la determinación de: ceniza por incineración, proteína cruda (PC, N x 6,25) por el método Kjeldahl [3] y fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) por la metodología descrita por Van Soest y Wine [66].

Para la determinación de los minerales Ca, Mg, Na, K, y S, las muestras (n=24) fueron digeridas con ácido nítrico, ácido perclórico y ácido clorhídrico 6N (3/2/3, vol/vol/vol) y el extracto fue analizado por espectrofotometría de absorción atómica [4], en un equipo AAnalyst 100 (Perkin Elmer, EUA), excepto el S que se determinó por turbidimetría [60]. El extracto para la determinación de los minerales P, Zn, Cu, Fe y Mn se obtuvo a partir de digestión con ácido nítrico y perclórico (2/1, vol/vol) y los microminerales fueron determinados por espectrofotometría de absorción atómica [4] en el mismo equipo descrito anteriormente, mientras que el P se analizó por método colorimétrico [11].

En los tres suplementos experimentales se realizó análisis proximal (TABLA I) según las metodologías descritas por Association of official analytical chemists (AOAC) [3] para la determinación de MS, ceniza, PC (N x 6,25) y extracto etéreo (EE). La FDN, FDA y concentración mineral de los suplementos fue determinada por las mismas metodologías descritas para el forraje (TABLA I). Los valores de energía metabolizable, PDR y PNDR de los suplementos fueron calculados según los valores reportados por NRC [43] para cada materia prima.

La precipitación fue medida diariamente con un pluviómetro (Lhaura Vet S.A®, 140 mm, Colombia) durante el experimento, con el fin establecer las épocas de lluvia, sequía y sus transiciones.

## VARIABLES EVALUADAS EN LOS ANIMALES

### Productivas

Los cambios de PV de las vacas fueron determinados por pesaje individual de los animales al inicio del experimento (41 ± 2,3 d parto) y al inicio y final de la temporada de monta (53 ± 2,7 y 161 ± 2,7 d parto, respectivamente). Los pe-

sajes se realizaron a primeras horas del día sin someter los animales a ayuno, utilizando una romana digital Tru-Test® (Modelo SR 2000, Nueva Zelanda) con precisión de 1 kg. El peso al nacer de los becerros fue determinado por el pesaje de los mismos el día de su nacimiento, usando una romana de reloj (Balven®, Clase III, Venezuela) con precisión de 0,2 kg.

La CC de las vacas se calculó como la relación entre PV (kg) y la altura a la cruz (AC, cm), medida esta última con un bastón zoométrico como la distancia perpendicular desde el punto más elevado de la línea media de la cruz al suelo. Se consideró la relación peso:altura como medida objetiva de la CC, ya que se ha considerado dicha relación un indicador del grado de acumulación de grasa en vacas de carne [26]. La CC de las vacas fue medida al inicio del ensayo, y al inicio y final de la temporada de monta.

### 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 (CL) 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.

### Química sanguínea

Para la medición de variables de química sanguínea se tomaron al azar 14 animales (siete de tres años y siete de cuatro años) por cada grupo suplementado al inicio del experimento y posteriormente, los mismos animales fueron muestreados al inicio y final de la temporada de monta. El grupo de animales al cual se le tomó la muestra de sangre registró para el momento de cada muestreo 40 ± 3,8 d parto; 57 ± 5,0 d postparto y 165 ± 5,0 d postparto para el inicio de experimento, inicio y final de la temporada de monta, respectivamente.

Los animales fueron muestreados al momento del pesaje por punción de la vena coccígea con agujas 21G x 1" (BD Vacutainer®, EUA), utilizando tubos Vacuum Diagnostics® (6 mL, China) sin anticoagulante. En la misma unidad de producción se procedió a centrifugar (IEC Centrifuges®, Modelo Clinical, EUA) 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 Universidad Nacional Experimental del Táchira (UNET) para realizar las determinaciones de: glucosa (GLU) y ácidos grasos no esterificados (AGNE) por colorimetría, y urea y β-hidroxibutirato (BHB) por cinética enzimática. Las concentraciones de los metabolitos fueron determinadas con kits comerciales: Glicemia Enzimática (Wiener lab®, Argentina) para GLU; BUN-cinético (INVELAB®, Venezuela) para urea; Ranbut y NEFA (Randox®, Reino Unido) para BHB y AGNE, respectivamente. Las lecturas fueron tomadas en un espectrofotómetro (OMEGA IV®, EUA) de filtros con lámpara de tungsteno a una longitud de onda de 505 y



545 nm para GLU y AGNE, respectivamente, y en el rango de 340 a 405 nm, tanto para urea como para BHB.

### Análisis estadístico

Las variables biomasa presente, altura y cobertura de forraje, así como la materia orgánica (MO) del forraje, por no cumplir con el supuesto de normalidad, fueron analizadas con la prueba de Kruskal-Wallis [48] 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 ANAVAR [39] 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 estadísticamente significativas se utilizó la prueba de medias de Tukey [58].

Los cambios de PV de las vacas, peso al nacer de los becerros, CC y AC, se analizaron bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2 x 3 (dos edades y tres suplementos). 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 [14]. En el caso de estructuras ováricas y porcentaje de preñez se utilizó regresión logística exacta [36].

Se descartaron 12 vacas durante el experimento, siendo la cantidad por cada grupo suplementado de 5; 5 y 3 para HM, HPH y HS, respectivamente, mientras que por grupo de edad la cantidad de animales descartados fueron nueve y tres, para vacas de tres y cuatro años respectivamente. Los motivos de descarte fueron: muerte de la vaca al parto, muerte del becerro o rechazo del becerro al nacer por parte de la vaca.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Precipitación

El registro de precipitación durante el experimento permitió 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, inicio de la temporada de monta (7 mm) 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, y mayo con precipitación de 269 mm.

### Características de la pastura

La biomasa presente por unidad de superficie (TABLA II), fue aumentando ( $P < 0,01$ ) durante el experimento, siendo más baja en la temporada de lluvia ( $4.1245 \text{ kg MS} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) y más alta en la transición sequía-lluvia ( $5.907 \text{ kg MS} \cdot \text{ha}^{-1}$ ). 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 por la baja carga animal utilizada en el experimento en las épocas transición lluvia-sequía y sequía, 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  $0,8 \text{ UA} \cdot \text{ha}^{-1}$  [5].

Durante las diferentes épocas del experimento, la biomasa presente por unidad de superficie estuvo por encima de los  $2.000 \text{ kg MS} \cdot \text{ha}^{-1}$ , considerado como el valor mínimo para no afectar el consumo voluntario a pastoreo [38]. La biomasa presente expresada en  $\text{kg MS} \cdot \text{vaca}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$  (TABLA II) 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 la totalidad de animales a suplementar (según su posible fecha de parto) en el mes de noviembre, se observó una disminución ( $P < 0,01$ ) de la biomasa presente por  $\text{vaca} \cdot \text{d}^{-1}$  en la época de transición lluvia-sequía. Sin embargo, siempre estuvo por encima de los  $30 \text{ kg MS} \cdot \text{vaca} \cdot \text{d}^{-1}$  sugeridos por Lamela [27] para manifestar el 90% del potencial productivo de los animales, y fue superior a los  $55 \text{ kg MS} \cdot \text{vaca}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$  que el mismo autor señala como indicador desfavorable del balance estructural hoja-material muerto.

TABLA II

### BIOMASA PRESENTE, ALTURA Y COBERTURA DE FORRAJE EN LAS DIFERENTES ÉPOCAS DEL EXPERIMENTO

Época	Biomasa presente		Altura (cm)	Cobertura aérea (%)
	$\text{kg MS} \cdot \text{ha}^{-1}$	$\text{kg MS} \cdot \text{vaca} \cdot \text{d}^{-1}$		
Lluvia (Sep-Oct)	4.125 <sup>c</sup>	95,9 <sup>a</sup>	53,5 <sup>a</sup>	66,6 <sup>b</sup>
Transición LL-SQ (Nov-Dic)	5.001 <sup>b</sup>	76,8 <sup>b</sup>	51,5 <sup>a</sup>	76,5 <sup>a</sup>
Sequía (Ene-Feb)	5.794 <sup>ab</sup>	88,3 <sup>ab</sup>	44,3 <sup>b</sup>	73,1 <sup>ab</sup>
Transición SQ-LL (Mar-Abr)	5.907 <sup>a</sup>	89,5 <sup>ab</sup>	42,0 <sup>b</sup>	71,5 <sup>ab</sup>
EE	80,8	1,64	0,52	0,74

<sup>a, b, c</sup> Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas ( $P < 0,01$ ). LL: Lluvia. SQ: sequía. EE: error estándar de la media.

La altura del forraje (TABLA II) fue disminuyendo ( $P<0,01$ ) durante el experimento con valores promedios más altos en las épocas de lluvia (53,5 cm) y transición lluvia-seca (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 [18] como adecuado. El porcentaje de cobertura (TABLA II) fue más bajo ( $P<0,01$ ) en la época de lluvia (66,6%) posiblemente debido a la carga más elevada que se manejaba previo al inicio del experimento, y más alto en la transición lluvia-seca (76,5%).

El porcentaje de PC (TABLA III) 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), y como lo sugiere el estudio de Juárez-Lagunes y col. [23], a menor contenido de PC menor es la solubilidad y degradabilidad ruminal de la PC en los pastos tropicales. El contenido de PC del forraje pudo haber afectado negativamente el consumo del mismo, ya que durante toda la fase experimental estuvo por debajo del 7% sugerido por Milford y Minson [37], y además fue insuficiente para cubrir las necesidades proteicas de las vacas de primer parto [43] desde el último mes de gestación (10,0%) hasta seis 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 hasta el final del ensayo (75,6 vs. 78,7%) y fue superior al rango de 55 a 60% sugerido por Van Soest [65] 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-Lagunes y col. [23] observaron valores de FDN entre 63,5 y 74,9% en gramíneas tropicales. El contenido de FDA del forraje aumentó ( $P<0,05$ ) durante el ensayo, con un valor al inicio del experimento de 44,9 y de 48% al inicio y final de la temporada de monta.

Cuando los rumiantes consumen forrajes con elevado contenido de pared celular, como los observados en este experimento, son incapaces de ingerir suficiente cantidad del forraje para cubrir sus necesidades energéticas por un efecto de llenado del tracto gastrointestinal [24], adicionalmente en la medida que aumenta la cantidad de pared celular, se incrementa exponencialmente la cantidad de lignina, lo que disminuye la digestibilidad del forraje [25].

Los aumentos 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 y col. [40].

La mayoría de los minerales determinados en el forraje presentaron variaciones durante las diferentes épocas de muestreo. Durante todo el experimento, Na y Zn fueron adecuados a las necesidades de las vacas según NRC [43], pero el K solo lo fue al final del experimento. El Fe y Mn fueron superiores a las necesidades de las vacas, lo cual coincide con otros valores reportados en Venezuela [15, 40] y estuvieron por debajo del valor considerado tóxico (1000 ppm) según NRC [42].

TABLA III  
COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL FORRAJE DURANTE EL EXPERIMENTO (BASE SECA)

Variable	Muestreo			EE	Necesidad <sup>1</sup>
	Inicio de experimento (Lluvia)	Inicio de TM (Sequía)	Final TM (Transición sequía-lluvia)		
Ceniza (%)	10,1	8,50	8,20	0,67	
MO (%)	89,9	91,5	91,8	0,67	
PC (%)	3,04 <sup>a</sup>	2,57 <sup>ab</sup>	2,29 <sup>b</sup>	0,09	7,14 <sup>†</sup> -10,0 <sup>‡</sup>
FDN (%)	75,6 <sup>b</sup>	78,4 <sup>ab</sup>	78,7 <sup>a</sup>	0,37	
FDA (%)	44,9 <sup>d</sup>	48,0 <sup>e</sup>	48,1 <sup>e</sup>	0,42	
Ca (%)	0,05 <sup>c</sup>	0,11 <sup>b</sup>	0,16 <sup>a</sup>	0,01	0,19 <sup>†</sup> -0,31 <sup>‡</sup>
P (%)	0,16 <sup>a</sup>	0,16 <sup>a</sup>	0,11 <sup>b</sup>	0,01	0,14 <sup>†</sup> -0,22 <sup>‡</sup>
Mg (%)	0,09 <sup>b</sup>	0,13 <sup>ab</sup>	0,15 <sup>a</sup>	0,01	0,12-0,20
Na (%)	0,16	0,21	0,20	-	0,06-0,10
K (%)	0,72 <sup>a</sup>	0,52 <sup>ab</sup>	0,45 <sup>b</sup>	-	0,50-0,70
S (%)	0,05 <sup>d</sup>	0,08 <sup>de</sup>	0,10 <sup>e</sup>	-	0,08-0,15
Cu (ppm)	1,50 <sup>e</sup>	0,90 <sup>de</sup>	0,73 <sup>d</sup>	0,11	4-14
Zn (ppm)	34,0	34,1	38,6	1,42	20-40
Fe (ppm)	571	467	309	-	50-100
Mn (ppm)	188 <sup>b</sup>	379 <sup>a</sup>	376 <sup>a</sup>	15,8	20-50

a, b, c Letras diferentes en la misma fila indican diferencias estadísticas ( $P<0,01$ ).<sup>d, e</sup> Letras diferentes en la misma fila indican diferencias estadísticas ( $P<0,05$ ). <sup>1</sup>NRC [43]. <sup>‡</sup>Requerimientos de vacas de primer parto 1 mes preparto. <sup>†</sup>Requerimientos de vacas de primer parto 6 meses postparto. TM: temporada de monta.

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, P 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 entre el inicio y final de la temporada; en el caso del Cu los aportes diarios fueron 43; 72 y 45,5 mg, respectivamente, y los aporte de P fueron de 12,3; 13,2 y 8,5  $g \cdot d^{-1}$ , para el mismo orden de suplementos, lo cual pudo cubrir las necesidades mínimas de los animales.

### 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.

El peso al nacer del becerro (TABLA IV) no fue afectado ( $P > 0,05$ ) por el tipo de suplemento que consumía la vaca, con un promedio de  $31,97 \pm 0,43$  kg, coincidiendo estos resultados con los observados por Wiley y col. [70] en vacas Angus primíparas sometidas a dos planos nutricionales en el parto (bajo vs. mantenimiento). También coinciden con Strauch y col. [59] 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% NDT).

Por otra parte, HS presentó mayor peso ( $P < 0,05$ ) al inicio de la temporada de monta y pesos inferiores se registraron en HM y HPH. La disminución de peso se debe a la pérdida de peso al parto, la cual se ha estimado que es 1,7 veces el peso del becerro al nacer, valor que corresponde al peso del becerro, fluidos fetales y placenta [43]. Con igualdad de peso al inicio de experimento y peso del becerro al nacer similar entre tratamientos, se puede inferir que HS mostró un mejor comportamiento en cuanto a cambios de PV en las vacas. Estos resultados coinciden con los de Anderson y col. [1], quienes observaron que al suplementar vacas Angus de primer parto con cantidades adecuadas de proteína degradable en rumen (PDR), usando como fuente HS, se obtuvieron mayores ganancias de peso en los primeros 60 d postparto, comparado con vacas suplementadas con cantidades deficientes de PDR, y este efecto fue más marcado durante los primeros 30 d del postparto. El mejor comportamiento de HS es probablemente debido a una mayor liberación de nitrógeno amoniacal en el sistema ruminal por parte de la HS [61, 62] lo que mejora la digestión de forrajes de pobre calidad [19, 20] y conlleva a un aumento del consumo de MS [10, 19, 47].

Entre el inicio y final de la temporada de monta, todos los grupos perdieron peso (TABLA IV) sin diferencias ( $P > 0,05$ ) entre ellos ( $-132 \pm 21$   $g \cdot d^{-1}$ ), debido a la lactación y, además, posiblemente debido a la mayor disminución de la calidad del forraje, por el incremento de pared celular como por la disminución de PC, ya los suplementos no pudieron compensar las necesidades de nitrógeno. Al final de la tempo-

TABLA IV

### TIEMPO DE SUPLEMENTACIÓN PROMEDIO Y EFECTO DE LOS SUPLEMENTOS Y EDAD SOBRE LOS CAMBIOS DE PESO VIVO, ALTURA Y CONDICIÓN CORPORAL DE VACAS BRAHMAN DE PRIMER PARTO Y PESO AL NACER DEL BECERRO

Variable	Suplementos			Edad (años)		EE
	HM (n=34)	HPH (n=34)	HS (n=37)	3 (n=75)	4 (n=30)	
Suplementación parto (d)	45	41	37	48 <sup>a</sup>	34 <sup>b</sup>	2,25
Suplementación parto-monta (d)	46	55	58	40 <sup>b</sup>	66 <sup>a</sup>	2,72
Tiempo de suplementación total (d)	191	194	193	184 <sup>b</sup>	201 <sup>a</sup>	2,50
Peso inicial de la vaca (kg)	394,9	393,2	392,5	376,8 <sup>b</sup>	410,3 <sup>a</sup>	3,05
Peso del becerro al nacer (kg)	31,6	32,3	32,1	30,9 <sup>b</sup>	32,9 <sup>a</sup>	0,43
Peso de la vaca a la monta (kg)	340 <sup>b</sup>	339 <sup>b</sup>	356 <sup>a</sup>	337 <sup>b</sup>	352 <sup>a</sup>	3,95
Cambio de peso vivo de la vaca del inicio al final de la monta ( $g \cdot d^{-1}$ )	-152	-100	-150	-142	-126	21,0
Altura a la cruz (cm)						
Inicio de experimento	128,0	127,9	127,8	127,0 <sup>b</sup>	128,8 <sup>a</sup>	0,39
Inicio de monta	129,0	129,1	129,0	128,0 <sup>b</sup>	130,2 <sup>a</sup>	0,38
Final de la monta	129,7	129,9	130,2	128,7 <sup>b</sup>	131,2 <sup>a</sup>	0,39
Condición corporal						
Inicio de experimento	3,03	3,07	3,07	2,96 <sup>b</sup>	3,15 <sup>a</sup>	0,02
Inicio de monta	2,63 <sup>b</sup>	2,62 <sup>b</sup>	2,75 <sup>a</sup>	2,64	2,70	0,03
Final de la monta	2,50 <sup>b</sup>	2,52 <sup>b</sup>	2,59 <sup>a</sup>	2,50	2,58	0,03

<sup>a, b</sup> Letras diferentes en la misma fila dentro de cada factor indican diferencias estadísticas ( $P < 0,05$ ). EE: error estándar de la media.

rada de monta, el PV 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 (TABLA IV) fue mayor en las vacas de tres años respecto a las de cuatro años, 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 cuatro años, lo cual se debe a que parieron al inicio de la temporada de partos. El peso al inicio del ensayo fue mayor ( $P < 0,05$ ) en las vacas de cuatro años respecto a las de tres años ( $410,3 \pm 5,2$  vs.  $376,8 \pm 3,1$  kg), diferencias debidas a la edad [7]. Las vacas de cuatro años tuvieron becerros más pesados ( $P < 0,05$ ) que las de tres años ( $32,9$  vs.  $30,9$  kg), lo cual se debe al mayor tamaño de las primeras.

El peso de la vaca al inicio de la temporada de monta por efecto de la edad, mantuvo la misma tendencia del inicio del experimento (TABLA IV), con mayor ( $P < 0,05$ ) peso de las vacas de cuatro años. Durante la temporada de servicio, ambos grupos perdieron peso sin diferencia ( $P > 0,05$ ) entre ellos. Lo mismo fue observado por Bellows y col. [7] 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 ésta se mantuvo la superioridad ( $P < 0,05$ ) en PV de las vacas de cuatro años. Los resultados difieren de Neville [44], quien observó menor ganancia de peso en el postparto de vacas de tres años respecto a las de cuatro años.

No se observaron diferencias estadísticamente significativas en AC ( $P > 0,05$ ) entre los diferentes grupos suplementados (TABLA IV), 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 hubo 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 [43].

Por otra parte, la CC fue igual ( $P > 0,05$ ) en los tres grupos suplementados al inicio del experimento (TABLA IV) con promedio de  $3,05 \pm 0,02$ . Sin embargo, disminuyó al inicio de la monta, siendo HS la que mostró mejor CC ( $P < 0,05$ ) mientras que los valores más bajos se presentaron en HM y HPH. El mismo comportamiento se mantuvo hasta el final de la temporada de monta. Anderson y col. [1] observaron que los incrementos en CC de vacas Angus primíparas, fueron mayores cuando se aportaron cantidades de PDR adecuadas a los requerimientos de las vacas. Si bien en este ensayo no hubo aumento de CC, los animales de HS presentaron mejor CC respecto a HM y HPH.

La AC mostró diferencias estadísticamente significativas por efecto de la edad (TABLA IV), siendo las vacas de cuatro años de mayor altura ( $P < 0,05$ ) que las de tres años durante los tres tiempos de medición, contrario a lo observado por Neville [44], quien no reporta diferencia en altura a la grupa en vacas de tres y cuatro años. Por otra parte, la CC fue mayor en las vacas de cuatro años respecto a las de tres años ( $3,15$  vs.  $2,96$ ) al inicio del experimento (TABLA IV). Sin embargo disminuyó en ambos grupos de animales al inicio de la monta ( $2,64$  vs.  $2,70$ ) y final de la misma ( $2,50$  vs.  $2,58$ ) 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 cuatro 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 [50], y posiblemente agotaron más reservas corporales.

### Variables reproductivas

El porcentaje de animales con presencia de foliculos al inicio de la temporada de monta fue igual ( $P > 0,05$ ) entre los diferentes grupos suplementados, con valores 35,3; 20,5 y 21,6% para HM, HPH y HS, respectivamente. El mismo comportamiento se observó en relación al porcentaje de animales con presencia de CL al inicio de la temporada de monta con valores de 41,1; 55,8 y 59,5%, para el mismo orden de tratamientos. Los resultados coinciden con los Ruas y col. [51], quienes suplementando con 1 y 2 kg de un alimento concentrado de 40,8% de PC (60% HS 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; estos porcentajes no coinciden con los del presente estudio.

Si bien Lucy y col. [33] señalaron que en vacas de primer parto se pueden presentar anestros debido a un balance energético negativo prolongado, que puede extender la primera ovulación hasta el d 200 postparto, en el presente ensayo más de la mitad de los animales presentaban CL al inicio de la temporada de monta ( $53 \pm 2,7$  d postparto).

Short y col. [57] 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, posiblemente explique la igualdad en cuanto a presencia de estructuras ováricas al inicio de la temporada de monta entre los diferentes grupos suplementados.

El porcentaje de preñez no fue afectado por los suplementos ( $P > 0,05$ ) con valores de 52,9; 64,7 y 62,2% para HM, HPH y HS, respectivamente. Sin embargo, HPH y HS son superiores al histórico de preñez del ható 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 PDR o PNDR no ha mostrado efecto sobre el porcentaje de preñez en vacas de carne de primer parto, como lo registraron Wiley y col. [70] al suplementar con HS y harina de sangre (78,6 vs. 81,6%, respectivamente) y Rusche y col. [52] al usar las mismas materias primas (56 vs 80%, respectivamente). Ruas y col. [51] 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, y suplementado con 1 kg y 2 kg, respectivamente. Por otra parte Vásquez y Bastidas [67] no observaron efecto sobre el porcentaje de preñez al suplementar vacas Brahman de primer parto con 40 y 60% de PNDR, con valores de 56 y 50%, respectivamente.

Randel [49] menciona que la deficiencia de energía en el postparto, previo a la nueva monta puede afectar 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%), ello 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 [9]. Por otro lado, hay que considerar el efecto negativo que pudo ejercer sobre la reproducción el amamantado del becerro durante la temporada de monta [28].

La edad (3 y 4 años) no mostró efecto ( $P > 0,05$ ) sobre el porcentaje de animales con presencia de folículos (24,0 vs. 26,6%) y CL (50,6 vs. 60,0%) al inicio de la temporada de monta. El mismo comportamiento se mostró para el porcentaje de preñez (53,3 vs. 70%). La similitud en el comportamiento reproductivo en los animales por efecto de la edad, es contrario a lo señalado por Short y col. [57] al indicar el menor potencial reproductivo en vacas más jóvenes. El menor número de animales de cuatro años respecto a los de tres años pudo ser limitante para detectar diferencias estadísticamente significativas en el porcentaje de preñez en este experimento.

### Química sanguínea

Las concentraciones de GLU en suero sanguíneo (TABLA V) no fueron afectadas por los factores suplemento ( $P = 0,87$ ) y edad ( $P = 0,65$ ), ni por su interacción ( $P = 0,21$ ) con promedio general de  $63,5 \pm 2,01 \text{ mg} \cdot \text{dL}^{-1}$ . Los resultados coinciden con los de otros autores [51, 64] quienes no observaron diferencias en las concentraciones de GLU por efecto de la dieta utilizada. Sin embargo, las concentraciones disminuyeron durante el experimento ( $P < 0,01$ ), con valores de  $71,9 \pm 3,2$ ;  $60,4 \pm 2,5$  y  $58,1 \pm 2,4 \text{ mg} \cdot \text{dL}^{-1}$ , para el inicio de experimento ( $40 \pm 3,8 \text{ d}$  preparto), inicio de la monta ( $57 \pm 5,0 \text{ d}$  postparto)

y final de esta misma ( $165 \pm 5,0 \text{ d}$  postparto), respectivamente, siendo estas dos últimas iguales entre sí e inferiores a los valores de inicio de experimento.

La disminución en los valores de GLU entre el pre y postparto puede ser debido a que, este metabolito aumenta durante las últimas semanas de gestación y cae abruptamente en el postparto, estos cambios reflejan la elevada demanda de GLU por la glándula mamaria para mantener la producción de leche [22], ya que la GLU es el principal precursor para la síntesis de lactosa por la glándula mamaria [30].

Entre el inicio y final de la monta, no se presentaron diferencias estadísticamente significativas en las concentraciones de GLU, lo cual es contrario a lo reportado por Vizcarra y col. [69] quienes observaron concentraciones de GLU más bajas en vacas de carne al d 57 postparto, respecto a vacas con lactancia más avanzada. Según NRC [43] el pico de producción de leche en vacas de carne ocurre aproximadamente a los 60 d postparto, fase en la cual se puede observar la menor concentración de GLU en suero sanguíneo, ya que ésta es removida de la sangre por la glándula mamaria para sintetizar lactosa. Posiblemente, las vacas mantuvieron las mismas concentraciones de GLU al final de la monta ya que aún amamantaban a los becerros para esa época, y dada la pérdida de peso que experimentaban, la GLU circulante posiblemente se destinaba para mantener la producción de leche.

Las concentraciones de GLU fueron superiores al valor mínimo crítico considerado por González [21] de  $40 \text{ mg} \cdot \text{dL}^{-1}$ , para ganado de carne, y fueron mayores a las observadas por Villa y col. [68] en vacas Brahman sin suplementar, quienes además no observaron variaciones en la GLU pre y postparto con valores de 51 y  $49 \text{ mg} \cdot \text{dL}^{-1}$ , respectivamente. Varios autores señalan que la GLU no es un indicador confiable del balance energético en rumiantes [21, 68], debido a su insensibilidad a los cambios en la dieta o su sensibilidad al estrés [21]; sin embargo, la asociación entre la baja concentración de GLU con la infertilidad está muy bien documentada [34, 35, 53].

Las concentraciones de BHB (TABLA V) no fueron influenciadas por los efectos principales, suplemento ( $P = 0,45$ ) o edad ( $P = 0,07$ ) ni por su interacción ( $P = 0,26$ ), 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 BHB fueron inferiores al límite máximo aceptable en ganado de carne ( $0,96 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ ) según González [21]. Concentraciones elevadas indican un aumento de la tasa de movilización de reservas corporales. Sin embargo, BHB es un metabolito que presenta aumentos en sus concentraciones relativamente pequeños cuando hay un balance energético negativo moderado; sin embargo, aumentan considerablemente cuando el balance energético es severo [21].

Las concentraciones de AGNE no fueron afectadas por los suplementos ( $P = 0,16$ ; TABLA V), edad ( $P = 0,47$ ) o su interacción ( $P = 0,89$ ), 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 ( $P=0,02$ ) de las concentraciones de AGNE durante el experimento con valores más bajos al inicio del mismo de  $0,81 \pm 0,06 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$  y más elevadas al final de la monta ( $1,09 \pm 0,07 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ ), lo cual coincide con la pérdida de peso en todos los grupos al final del experimento, ya que las concentraciones de AGNE se correlacionan con el balance energético negativo en rumiantes [32].

Adicionalmente, hubo interacción suplemento x tiempo ( $P=0,04$ ; TABLA V) 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 las concentraciones de AGNE en HM y HPH se incrementaron, 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 ( $0,89 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ ), y que coincide con la menor CC de HM y HPH al inicio de la monta, lo que indica una mayor movilización de reservas corporales respecto a HS. 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 las de HS fueron más bajas ( $0,76 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ ) siendo el grupo que mostró mayor CC al final de la temporada de monta. Estos resultados muestran la relación entre las elevadas concentraciones de AGNE y disminución de la CC. Las concentraciones promedio de AGNE en todos los tratamientos fueron superiores a  $0,8 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ , valor considerado crítico en ganado de carne [21], lo

que sugiere que existió una movilización de reservas lipídicas debido a un déficit energético [21, 32].

Depablos y col. [15] 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 seis años de edad no suplementadas, Villa y col. [68] estudiaron las concentraciones de AGNE un mes preparto ( $0,9 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ ) y durante ocho semanas postparto ( $0,9 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ ) señalando que, las vacas movilizaban reservas corporales antes del parto, y a pesar de que el peso de las vacas disminuyó ligeramente entre el parto y las ocho semanas postparto ( $488$  vs  $483 \text{ kg}$ ), no hubo cambios en la concentración de AGNE. González [21] señala que los AGNE son más sensibles para diagnosticar déficit energético moderado en rumiantes.

Las concentraciones de urea no fueron afectadas por los factores suplemento ( $P=0,11$ ; TABLA V), edad ( $P=0,32$ ) o su interacción ( $P=0,56$ ), con promedio general de  $29,81 \pm 0,61 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$ ; y se incrementaron en el tiempo ( $P<0,01$ ) con concentraciones más bajas al inicio de experimento de  $17,9 \pm 0,47 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$  y más elevadas al inicio y final de la temporada de monta ( $35,7 \pm 1,07$  y  $35,8 \pm 1,39 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$ , respectivamente). La diferencia en la urea sanguínea entre el inicio de experimento y el postparto puede ser debido principalmente a que al inicio del experimento los animales fueron muestreados

TABLA V

**EFFECTO DE LOS SUPLEMENTOS Y EDAD SOBRE LA QUÍMICA SANGUÍNEA DE VACAS BRAHMAN DE PRIMER PARTO**

Metabolito	Suplementos			Edad (años)		EE
	HM	HPH	HS	3	4	
<i>GLU (mg·dL<sup>-1</sup>)</i>						
Inicio de E <sup>1</sup>	71,0	70,5	74,4	72,8	71,1	3,16
Inicio de TM <sup>2</sup>	64,4	64,3	52,5	61,5	59,2	2,54
Final de TM <sup>3</sup>	55,2	53,7	65,5	58,3	57,9	2,43
Promedio	63,5	62,8	64,1	64,2	62,8	2,01
<i>BHB (mmol·L<sup>-1</sup>)</i>						
Inicio de E <sup>1</sup>	0,31	0,41	0,39	0,32	0,42	0,03
Inicio de TM <sup>2</sup>	0,47	0,36	0,44	0,41	0,43	0,03
Final de TM <sup>3</sup>	0,36	0,36	0,44	0,36	0,42	0,03
Promedio	0,38	0,38	0,42	0,36	0,42	0,02
<i>AGNE (mmol·L<sup>-1</sup>)</i>						
Inicio de E <sup>1</sup>	0,70	0,85	0,88	0,76	0,86	0,06
Inicio de TM <sup>2</sup>	0,89	0,96	0,89	0,90	0,93	0,06
Final de TM <sup>3</sup>	1,27	1,22	0,76	1,08	1,10	0,07
Promedio	0,95	1,01	0,84	0,92	0,96	0,04
<i>Urea (mg·dL<sup>-1</sup>)</i>						
Inicio de E <sup>1</sup>	18,0	18,6	17,1	18,1	17,7	0,47
Inicio de TM <sup>2</sup>	35,4	36,6	35,5	36,6	34,8	1,07
Final de TM <sup>3</sup>	32,3	36,0	39,1	36,1	35,4	1,39
Promedio	28,6	30,3	30,5	30,3	29,3	0,61

E: experimento. TM: Temporada de monta. GLU: glucosa. BHB:  $\beta$ -hidroxibutirato. AGNE: ácidos grasos no esterificados. <sup>1</sup> $40 \pm 3,8$  d preparto. <sup>2</sup> $57 \pm 5,0$  d postparto. <sup>3</sup> $165 \pm 5,0$  d postparto.

previo a iniciar la suplementación y solo consumían forraje, y al suministrar los suplementos proteicos, los valores promedio de urea aumentaron. Los resultados de investigaciones sobre niveles de urea en sangre y PDR o PNDR del suplemento son variables. Se ha observado mayor concentración de urea en vacas suplementadas con PNDR comparado con las que consumían PDR [70]; mientras que Thomas y col. [62] no observaron diferencias al suplementar con PDR y PNDR, y diferencias entre testigo negativo y suplementado con proteína [15].

Los valores promedio de urea en suero fueron superiores dentro del valor referencial de 15 mg·dL<sup>-1</sup> [21] para ganado de carne.

## CONCLUSIONES

La pastura durante el periodo experimental fue suficiente en cantidad para los animales en estudio; sin embargo el valor nutricional fue muy bajo, por ser muy deficiente en PC, Ca y Cu, además de presentar elevada concentración de pared celular.

La suplementación con un kg de concentrado de 42% de PC, conformado principalmente por HS, mejoró el PV y promovió menor pérdida de CC de vacas de primera lactancia al inicio de la temporada de monta, cuando pastaban forraje de pobre calidad; sin embargo, cuando el forraje disminuyó aún más de calidad, esta cantidad de proteína en el suplemento 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, y tampoco se afectó la química sanguínea.

La suplementación utilizada en este estudio 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.

## AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen al Decanato de Investigación de la UNET por el financiamiento parcial de este proyecto (código: 02-005-07), así como a la Agropecuaria ASUBRI S.A. por permitir la realización de este experimento en sus instalaciones y financiar el costo de la suplementación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] ANDERSON, L.P.; PATERSON, J.A.; ANSOTEGUI, R.P.; CECAVA, M.; SCHMUTZ, W. The effects of degradable and undegradable intake protein on the performance of lactating first-calf heifers. *J. Anim. Sci.* 79: 2224-2232. 2001.

- [2] ARRIAGA, L.; CHICCO, C.; ARRIAGA, G. Comportamiento productivo de vacas Brahman de primer servicio y primera lactancia con suplementación estratégica. **XVII Cursillo sobre Bovinos de Carne**. Romero, R.; Arango, J.; Salomón, J. (Eds.). Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Central de Venezuela. Maracay. 10/18-19. Venezuela. Pp 35-61. 2001.
- [3] ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). Official Methods of Analysis. 15<sup>th</sup> Ed. Arlington, VA. EUA. 1018 pp. 1990.
- [4] ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). Official Methods of Analysis. 17<sup>th</sup> Ed. Washington, DC. EUA. 380 pp. 2000.
- [5] ASUAJE, J.; ROMÁN, M.; RUIZ, L. Mejora genética y ambiental de un hato en los llanos occidentales de Venezuela. **XVI Jornadas Técnicas de la Ganadería en el estado Táchira**. Parra, J.; Montoni, D.; Cárdenas, I. (Eds.). Universidad Nacional Experimental del Táchira. San Cristóbal. 11/06-07. Venezuela. Pp 137-159. 2006.
- [6] BAUMANN, T.A.; LARDY, G.P.; CATON, J.S.; ANDERSON, V.L. Effect of energy source and ruminally degradable protein addition on performance of lactating beef cows and digestion characteristics of steers. *J. Anim. Sci.* 82: 2667-2678. 2004.
- [7] BELLOWS, R.A.; SHORT, R.E.; RICHARSON, G.V. Effects of sire, age of dam and gestation feed level on dystocia and postpartum reproduction. *J. Anim. Sci.* 55: 18-27. 1982.
- [8] BROOKS, M.A.; HARVEY, R.M.; JOHNSON, N.F.; KERLEY, M.S. Rumen degradable protein supply affects microbial efficiency in continuous culture and growth in steers. *J. Anim. Sci.* 82:2667-2678. 2012.
- [9] BUTLER, W.R. Energy balance relationships with follicular development, ovulation and fertility in postpartum dairy cows. *Livest. Prod. Sci.* 83: 211-218. 2003.
- [10] CAPPELLOZZA, B.I.; COOKE, R.F.; GUARNIERI-FILHO, T.A.; BOHNERT, D.W. Supplementation based on protein or energy ingredients to beef cattle consuming low-quality cool-season forages: I. Forage disappearance parameters in rumen-fistulated steers and physiological responses in pregnant heifers. *J. Anim. Sci.* 92: 2716-2724. 2014.
- [11] CHEN, P.S.; TORIBARA, T.Y.; WARNER, H. Microdetermination of phosphorus. *Anal. Chem.* 28: 1756-1758. 1956.
- [12] CHICCO, C.F.; GODOY, S. Restricciones y alternativas para la nutrición de bovinos en el trópico. **XX Cursillo sobre Bovinos de Carne**. Romero, R.; Salomón, J.; De Venanzi, J. (Eds.). Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Central de Venezuela. Maracay. 10/20-21. Venezuela. Pp 157-190. 2005.

- [13] CICCIOLO, N.; WETTEMAN, R.P.; SPICER, L.J.; LENTS, C.A.; WHITE, F.J.; KEISLER, D.H. 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. 2003.
- [14] DAVIS, C. Normal-Theory Methods: Repeated Measures ANOVA. In: **Statistical Methods for the Analysis of Repeated Measurements**. Springer-Verlag New York Inc. New York. USA. Pp 103-123. 2002.
- [15] DEPABLOS, L.; ORDÓÑEZ, J.; GODOY, S.; CHICCO, C.F. Suplementación mineral proteica de novillas a pastoreo en los llanos centrales de Venezuela. **Zoot. Trop.** 27: 249-262. 2009.
- [16] ENCINIAS, A.M.; LARDY, G.P.; LEUPP, J.L.; ENCINIAS, H.B.; REYNOLDS, L.P.; CATON, J.S. Efficacy of using a combination of rendered protein products as an undegradable intake protein supplement for lactating, winter-calving, beef cows fed bromegrass hay. **J. Anim. Sci.** 83: 187-195. 2005.
- [17] GARMENDIA, J.; CHICCO, C.F. Manejo alimenticio para mejorar la eficiencia reproductiva de bovinos de carne en pastoreo. **IV Cursillo sobre Bovinos de Carne**. Plasse D.; Peña de Borsotti, N. (Eds.). Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Central de Venezuela. Maracay.10/20-21. Venezuela. Pp 175-213. 1988.
- [18] GIL, R.A.; RODRÍGUEZ, S. Forrajes y su manejo. En: **Ganadería de Carne en Venezuela**. Plasse D.; Salom, R. (Eds). 2<sup>da</sup> Ed. Caracas. Venezuela. Pp 29-60. 1979.
- [19] GODOY, S.; CHICCO, C.F. Suplementación de bovinos alimentados con forraje de pobre calidad con fuentes de proteínas de diferentes tasas de degradación ruminal. **Zoot. Trop.** 9: 131-144. 1991.
- [20] GODOY, S.; CHICCO, C.F.; OBISPO, N.E. Suplementación de bovinos en crecimiento y engorde con concentrados nitrogenados con y sin tratamiento con formaldehído. I. Ganancia de peso y digestibilidad. **Zoot. Trop.** 11: 211-240. 1993.
- [21] GONZÁLEZ, F. Uso de perfil metabólico para determinar status nutricional em gado de corte. En: **Perfil metabólico em ruminantes: seu uso em nutrição e doenças nutricionais**. González, F.H.D.; Barcellos, J.O.; Ospina, H.; Ribeiro, L.A.O. (Eds.). Gráfica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Brasil. Pp 63-74. 2000.
- [22] INGVAERTSEN, K.L.; ANDERSEN, J.B. Integration of metabolism and intake regulation: A review focusing on periparturient animal. **J. Dairy Sci.** 83: 1573-1597. 2000.
- [23] JUÁREZ-LAGUNES, F.I.; FOX, D.G.; BLAKE, R.W.; PELL, A.N. Evaluation of tropical grasses for milk production by dual-purpose cows in tropical México. **J. Dairy Sci.** 82: 2136-2145. 1999.
- [24] JUNG, H.G.; ALLEN, M.S. Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. **J. Anim. Sci.** 73: 2774-2790. 1995.
- [25] JUNG, H.G.; VOGEL, K.P. Influence of lignin on digestibility of forage cell wall material. **J. Anim. Sci.** 62: 1703-1712. 1986.
- [26] KRESS, D.D.; HAUSER, E.R.; CHAPMAN, A.B. Efficiency of production and cow size in beef cattle. **J. Anim. Sci.** 29: 373-383. 1969.
- [27] LAMELA, L. Sistemas de producción de leche. En: **Producción e Investigación en Pastos Tropicales**. Clavero, T. (Ed.). Facultad de Agronomía. Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela. Pp 151-160. 1992.
- [28] LASTER, D.B.; GLIMP, H.A.; GREGORY, K.E. Effects of early weaning on postpartum reproduction of cows. **J. Anim. Sci.** 36: 734-740. 1973.
- [29] LEGLEITER, L.R.; MUELLER, A.M.; KERLEY, M.S. Level of supplemental protein does not influence the ruminally undegradable protein value. **J. Anim. Sci.** 83: 863-870. 2005.
- [30] LINZELL, J.L.; PEAKER, M. Mechanism of milk secretion. **Physiol. Rev.** 51: 564-597. 1971.
- [31] LÓPEZ, A.; ARROQUY, J.I.; JUÁREZ SEQUEIRA, A.V.; GARCÍA, M.; NAZARENO, M.; CORIA, H.; DISTEL, R. A. Effect of protein supplementation on tropical grass hay utilization by beef steers drinking saline water drinking saline water. **J. Anim. Sci.** 92: 2152-2160. 2014.
- [32] LUCY, M.C.; STAPLES, C.R.; MICHEL, F.M.; THATCHER, W.W. Energy balance and size and number of ovarian follicles detected by ultrasonography in early postpartum dairy cows. **J. Dairy Sci.** 74: 473-482. 1991.
- [33] LUCY, M.C.; STAPLES, C.R.; THATCHER, W.W.; ERICKSON, P.S.; CLEALE, R.M.; FIRKINS, J.L.; CLARK, J.H.; MURPHY, M.R.; BRODIE, B.O. 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. 1992.
- [34] MCCLURE, T.J.; NANCARROW, C.D.; RADFORD, H.M. The effect of 2-deoxy-D-glucose on ovarian function of cattle. **Aust. J. Biol. Sci.** 31: 183-186. 1978.
- [35] MCCLURE, T.J.; PAYNE, J.M. Observations on the first service non-return rates of some hypoglycaemic, concentrate-fed dairy herd. **Aust. Vet. J.** 54: 7-9. 1978.
- [36] MEHTA, C.R.; PATEL, N.R. Exact logistic regression: theory and examples. **Statist. Med.** 14: 2143-2160. 1995.
- [37] MILFORD, R.; MINSON, D.J. Intake of tropical pasture species. **Proc. of the IX International Grassland Congress**. Sao Paulo. 01/07-20. Brasil. Pp 815-822. 1965.



- [38] MINSON, D.J. Forage mass. In: **Forage in Ruminant Nutrition**. Cunha, T. (Ed.). Academy Press. San Diego, EUA. Pp 67-89. 1990.
- [39] MONTGOMERY, D.C. Experiments with a single factor: The analysis of variance. In: **Design and Analysis of Experiments**. John Wiley & Sons, INC. New Yor, EUA. Pp 60-125. 2001.
- [40] MORA, R.; HERRERA, A.; SÁNCHEZ, D.; CHICCO, C.; GODOY, S.; DEPABLOS, L. Suplementación parenteral con cobre y zinc en vacunos machos mestizos Brahman en los Llanos Occidentales de Venezuela. **Rev. Fac. Agr. (UCV)**. 36: 83-94. 2010.
- [41] MOSS, R.J. Rearing heifers in the subtropics and tropics nutrient requirements and supplementation. **Trop. Grasslands**. 27: 238-249. 1993.
- [42] NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). Maximun tolerable levels. **Mineral tolerance of domestic animals**. National Academy of Sciences. Washington, D.C. EUA. Pp 3-7. 1980.
- [43] NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). Protein, Reproduction, Minerals and Appendix tables, Nutrient requirements of domestic animals. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7<sup>ma</sup> Ed. National Research Council. National Academy Press. Washington, EUA. Pp 16-21; 40-53; 54-74; 191-218. 2000.
- [44] NEVILLE, W.E. Jr. Effect of age on the energy requirements of lactating Hereford cows. **J. Anim. Sci.** 33: 855-860. 1971.
- [45] ØRSKOV, O.R. Dynamics of nitrogen in the rumen. In: **Protein Nutrition in Ruminants**. Academy Press Inc (London) Ltd. Londres, Inglaterra. Pp 40- 84. 1982.
- [46] PALADINES, O. Medida de la producción primaria de los potreros bajo condiciones de pastoreo. En: **Metodologías de Pastizales**. Proyecto de Fomento Ganadero PROFOGAN. Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). Deutsche Gessellschaft für technische Zusammenarbeit (GTZ) Serie Metodología Manual. Nº 1: Pastos y forrajes. Convenio Ecuatoriano-Alemán. Quito. Ecuador. Pp 71-81. 1992.
- [47] PRESTON, T.R.; LENG, R.A. 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. 312 pp. 1989.
- [48] QUINN, G.P.; KEOUGH, M.J. Rank-based ("non-parametric") tests. In: **Experimental Design and Data Analysis for Biologists**. Cambridge University Press. United Kingdom. Pp 195-196. 2002.
- [49] RANDEL, R.D. Nutrition and postpartum rebreeding in cattle. **J. Anim. Sci.** 68: 853-862. 1990.
- [50] REYNOLDS, W.L.; DEROUEN, T.M.; BELLOWES, R.A. Relationships of the milk yield of the dam to early growth rate of straightbred and crossbred calves. **J. Anim. Sci.** 47: 584-594. 1978.
- [51] RUAS, J.R.; TORRES, C.A.; BORGES, L.; NETO, A.; MACHADO, G.; BORGES, A.M. Efeito da suplementação protéica a pasto sobre eficiência reprodutiva e concentrações sanguíneas de colesterol, glicose e uréia, em vacas Nelore. **Rev. Bras. Zoot.** 29 (Suplemento 1): 2043-2050. 2000.
- [52] RUSCHE, W.C.; COCHRAN, R.C.; CORAH, L.R.; STEVENSON, J.S.; HARMON, D.L.; BRANDT JR, R.T.; MINTON, J.E. 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. 1993.
- [53] SCHILLO, K.K. Effects of dietary energy on control of luteinizing hormone secretion in cattle and sheep. **J. Anim. Sci.** 70:1271-1282. 1992.
- [54] SCHOLLJEGERDES, E.J.; LUDDEN; P.A.; HESS, B.W. Site and extent of digestion and amino acid flow to the small intestine in beef cattle consuming limited amounts of forage. **J. Anim. Sci.** 82: 1146-1156. 2004.
- [55] SCHOLLJEGERDES, E.J.; WESTON, T.R.; LUDDEN, P.A.; HESS, B.W. Supplementing a ruminally undegradable protein supplement to maintain essential amino acid supply to the small intestine when forage intake is restricted in beef cattle. **J. Anim. Sci.** 83: 2151-2161. 2005.
- [56] SHORT, R.E.; ADAMS, D.C. Nutritional and hormonal interrelationships in beef cattle reproduction. **Can. J. Anim. Sci.** 68: 29-39. 1988.
- [57] SHORT, R.E.; BELLOWES, R.A.; STAIGMILLER, R.B.; BERARDINELLI, J.G.; CUSTER, E.E. Physiological mechanisms controlling anestrus and infertility in postpartum beef cattle. **J. Anim. Sci.** 68: 799-816. 1990.
- [58] STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. Comparaciones múltiples. En: **Bioestadística: Principios y Procedimientos**. 2<sup>da</sup> Ed. McGraw-Hill. México. Pp 166-187. 1988.
- [59] STRAUCH, T.A.; SCHOLLJEGERDES, E.J.; PATTERSON, D.J.; SMITH, M.F.; LUCY, M.C.; LAMBERSON, W.R.; WILLIAMS, J.E. Influence of undegraded intake protein on reproductive performance of primiparous beef heifers maintained on stockpiled fescue pasture. **J. Anim. Sci.** 79: 574-581. 2001.
- [60] TABATABAI, M.A.; BREMNER, J.M. A simple turbidimetric method of determining total sulfur in plant materials. **Agron. J.** 62: 805-806. 1970.

- [61] THOMAS, V.M.; BEESON, W.M. Feather meal and hair meal as protein sources for steer calves. **J. Anim. Sci.** 45: 819-825. 1977.
- [62] THOMAS, V.M.; CLARK, C.K.; SCHULDT, C.M. Effects of substituting feather meal for soybean meal on ruminal fiber fermentation and lamb and wool growth. **J. Anim. Sci.** 72: 509-514. 1994.
- [63] TOLEDO, J.M.; SHULTZE-KRAFT, R. Metodología para la evaluación agronómica de pastos y forrajes. En: **Manual para la Evaluación Agronómica**. Toledo J.M. (Ed.). Red Internacional de Evaluación de Pastos y Forrajes, CIAT. Cali, Colombia. Pp 91-110. 1982.
- [64] VAN KNEGSEL, A.T.M.; VAN DEN BRAND, H.; GRAAT, E.A.M.; DIJKSTRA, J.; JORRITSMA, R.; DECUYPERE, E.; TAMMINGA, S.; KEMP, B. Dietary energy source in dairy cows in early lactation: metabolites and metabolic hormones. **J. Dairy. Sci.** 90: 1477-1485. 2007.
- [65] VAN SOEST, P.J. 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. 1965.
- [66] VAN SOEST, P.J.; WINE, R.H. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell-wall constituents. **J. Assn. Offic. Anal. Chem.** 50: 50-55. 1967.
- [67] VÁSQUEZ, B.J.; BASTIDAS, P. Comportamiento reproductivo de vacas Brahman de primera lactancia suplementadas con proteína no degradable. **Zoot. Trop.** 23: 411-427. 2005.
- [68] VILLA, N.A.; OSORIO, J.M.; ESCOBAR, D.; CEBALLOS, A. Indicadores bioquímicos del balance energético en el parto de vacas Brahman en pastoreo en el trópico Colombiano. **Rev. Cientif. FCV-LUZ.** XXI(4): 353-359. 2011.
- [69] VIZCARRA, J.A.; WETTEMANN, R.P.; SPITZER, J.C.; MORRISON, D.G. Body condition at parturition and postpartum weight gain influence luteal activity and concentrations of glucose, insulin, and nonesterified fatty acids in plasma of primiparous beef cows. **J. Anim. Sci.** 76:927-936. 1998.
- [70] WILEY, J.S.; PETERSEN, M.K.; ANSOTEGUI, R.P.; BELLOWS, R.A. 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. 1991.