



**ESTIMACIÓN DEL CONSUMO DE PASTO ESTRELLA (*Cynodon plectostachyus* K. Schum.) POR VACAS LECHERAS EN PASTOREO MEDIANTE LAS TÉCNICAS DE N-ALCANOS, DIFERENCIA EN MASA FORRAJERA Y COMPORTAMIENTO AL PASTOREO**

**[DRY MATTER INTAKE ESTIMATION OF STAR GRASS (*Cynodon plectostachyus* K. Schum.) BY GRAZING DAIRY COWS THROUGH OF N-ALKANES, FORAGE CUTTING AND GRAZING BEHAVIOUR]**

**I. Estrada-López<sup>1</sup>, F. Avilés-Nova<sup>3</sup>, J.G. Estrada-Flores<sup>2</sup>, P.E. Pedraza-Beltrán<sup>1</sup>, G. Yong-Angel<sup>1</sup> and O.A. Castelán-Ortega<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup> *Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México. Instituto Literario No. 100, Colonia Centro CP. 50500. Toluca, Estado de México Email: oaco2002@yahoo.com.mx*

<sup>2</sup> *Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales de la Universidad Autónoma del Estado de México*

<sup>3</sup> *Centro Universitario Temascaltepec de la Universidad Autónoma del Estado de México.*

*\*Corresponding author:*

## RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue comparar tres técnicas para estimar el consumo de materia seca (CMS) de pasto estrella por vacas lecheras en pastoreo: n-alcanos, diferencia en masa forrajera y comportamiento al pastoreo. Para ello, se realizaron dos experimentos con un diseño experimental de cuadrado latino 4 x 4. En ambos experimentos se proporcionó 6 kg de un concentrado constituido de 81 % de maíz molido, 10 % de canola, 7 % de melaza y 2 % de urea más 0, 600, 900 y 1200 g de pulpa de café para cada tratamiento, respectivamente. En el experimento uno no existieron diferencias en el CMS de pasto estrella ( $P>0.05$ ) entre n-alcanos y diferencia en masa forrajera con 2.9 y 3.3 kg de materia seca (MS) vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>. En el segundo experimento no existieron diferencias ( $P>0.05$ ) entre n-alcanos y comportamiento al pastoreo en la estimación del CMS del pasto estrella con 6.7 y 6.3 kg de MS vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>. Los n-alcanos y diferencia en masa forrajera se relacionaron bien en el primer experimento ( $r^2=0.80$ ) y en el segundo experimento, los n-alcanos y comportamiento al pastoreo presentaron una relación baja con un  $r^2$  de 0.42. Se concluyó que la técnica de n-alcanos, fue la más precisa para conocer el consumo de pasto estrella, de vacas en pastoreo, y que las técnicas de comportamiento al pastoreo y por diferencia en masa forrajera resultaron menos precisas. La adición de pulpa de café entre 15 y 20% no afectó el consumo de pasto estrella en vacas lecheras, por lo que el empleo de este subproducto es

recomendable para reducir los costos de alimentación del ganado lechero.

**Palabras clave:** vacas lecheras; pasto estrella; consumo de forraje; n-alcanos; diferencia de masa forrajera; comportamiento al pastoreo.

## SUMMARY

The objective of the present study was to compare three techniques, n-alkanes, herbage cutting and grazing behavior, to estimate dry matter intake (DMI) by cows grazing on swards of Star grass. Two experiments with a 4 x 4 Latin square design were used. In both experiments cows were supplemented with 6 kg of a concentrate composed of 81% ground maize, 10% canola cake, 7% molasses and 2% urea, in addition four levels of coffee pulp were feed to the experimental cows 0, 600, 900 and 1200 g cow day<sup>-1</sup> as treatments 1, 2, 3 and 4 respectively. In experiment 1 no significant differences ( $P>0.05$ ) were observed in grass DMI between the n-alkanes, 2.9 kg DM cow<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>, and the herbage cutting technique, 3.3 kg DM cow<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>. For the second experiment no significant differences ( $P>0.05$ ) were observed between the n-alkanes, 6.7 kg DM cow<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>, and the grazing behavior technique, 6.3 kg DM cow<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>. A significant relationship ( $r^2=0.80$ ,  $P<0.05$ ) was observed between the n-alkanes and the herbage cutting techniques for experiment 1. On the contrary, a small relationship ( $r^2=0.42$ ,  $P<0.05$ ) was observed between the n-alkanes and the grazing behavior

techniques. It is concluded that the n-alkanes technique was the most precise to estimate DMI for cows grazing Star grass prairies, the grazing behavior and herbage cutting techniques were less precise than the n-alkanes technique. The inclusion of coffee pulp at levels of 15% and 20% do not affect DMI of dairy

## INTRODUCCIÓN

La estimación del consumo de forraje es fundamental en el manejo de los sistemas de producción en pastoreo (Griffiths *et al.* 2003; Glindemann *et al.* 2009), porque establece la disponibilidad de nutrientes para la producción animal (NRC 2001), ya que el forraje es la principal fuente de nutrientes en estos sistemas (Oliveira *et al.* 2007). El consumo de forrajes, en conjunto con la calidad nutricional de la dieta total, son las principales variables que afectan la producción de ganado lechero (Benvenuti *et al.* 2008). La importancia relativa de estas variables depende de la estructura de la pradera, la especie forrajera, el estado fisiológico del animal y la descripción de la distribución y utilización de las praderas en términos de masa de forraje, asignación de forraje y masa de forraje residual (Poppi *et al.* 1987; Hodgson 1994). La estimación del consumo de materia seca (CMS) es compleja en sistemas de pastoreo y más aún que determinada estimación concuerde con la realidad, debido a que los animales modifican su alimentación seleccionando diferentes especies y/o partes de las plantas (Poppi *et al.* 1987; Oliveira *et al.* 2007). Al respecto, en los últimos años se han utilizado ampliamente múltiples técnicas para estimar este parámetro con mayor o menor exactitud, facilidad y costo. Algunas técnicas son directas, como diferencia en el peso del animal medido a corto plazo (Barret *et al.* 2001; Rutter *et al.* 2002) y diferencia en masa forrajera, donde se corta mediante muestreo el forraje antes y después de que los animales ingresaron a la pradera (Tharmaraj *et al.* 2001). Otras son indirectas, estimando la excreción fecal y la digestibilidad de la materia seca. La excreción fecal se estima por marcadores externos de baja absorción, principalmente el óxido de cromo (Soares *et al.* 2004). Así también, existen marcadores internos, como los n-alcenos que son hidrocarburos de cadena larga presentes de manera natural en la cera cuticular de las plantas. Los n-alcenos, tienen un número de carbonos impar, dentro del rango de C<sub>25</sub> a C<sub>35</sub> (Mayes *et al.* 1986), dominando los n-alcenos C<sub>29</sub>, C<sub>31</sub> y C<sub>33</sub> en la mayoría de especies forrajeras (Dove y Mayes 1991). Estos compuestos, se han utilizado exitosamente en la estimación del consumo de forrajes, dosificando al ganado n-alcenos de cadena par, principalmente C<sub>32</sub>. Por otro lado, también se ha estimado el consumo de forrajes mediante el comportamiento del ganado en pastoreo (Jamieson y

cows therefore it is recommended the use of this by-product in order to reduce feeding cost of dairy cattle.

**Key Words:** dairy cows; Star grass; forage intake; n-alkanes; forage cutting; grazing behaviour.

Hodgson 1979; Améndola 2002), registrando las diferentes actividades que realizan durante el día como el pastoreo, la rumia y descanso, que representan la mayor proporción de las actividades en el transcurso del día (Améndola 2002).

Por lo anterior, el presente trabajo tiene como objetivo determinar el CMS de forraje por ganado lechero en pastoreo de praderas tropicales de *Cynodon plectostachyus* a través de tres técnicas de estimación, y determinar el efecto de la suplementación sobre el consumo de forraje.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

Se llevaron a cabo dos experimentos en una unidad campesina de producción de leche, en la comunidad de Rincón de Aguirre, Tejupilco, Estado de México (18° 45' 30" LN y 99° 59' 07" LO) a 1327 m sobre el nivel del mar. Las condiciones climatológicas durante los experimentos se presentan en la Figura 1.

### Procedimiento experimental.

El primer experimento se realizó de Mayo a Julio y el segundo de Junio a Septiembre de 2009. Cada experimento duró 84 días.

### Experimento 1

El objetivo de este experimento fue determinar el CMS de vacas lecheras en praderas de pasto estrella complementadas con un concentrado con diferentes niveles de inclusión de pulpa de café, mediante la aplicación de tres métodos de manera simultánea: 1. N-alcenos, 2. Diferencia en masa forrajera y 3. Mediante comportamiento al pastoreo. Se utilizó un diseño de Cuadrado Latino 4x4, en el cual las columnas representan los periodos experimentales (21 días) y las filas representan las vacas a las cuales se les aplicaron los tratamientos. Se utilizaron vacas de raza Holstein, las cuales se encontraban en el último tercio de lactación, con un promedio de 484±15 kg de peso vivo y una producción promedio de leche de 13.3±1.2 kg día<sup>-1</sup>. Los primeros 15 días de cada periodo experimental fueron para la adaptación de los animales al concentrado y, los últimos siete días para colecta de muestras. Durante los primeros 18 días las

vacas permanecieron pastoreando libremente en la pradera experimental, constituida de pasto estrella, el cual contenía 100.39 (19.10) g/kg de MS de proteína (AOAC, 1990), 65.14 (4.19) % de Fibra Detergente Neutro, 32.33 (3.13) % de Fibra Detergente Ácido (ANKOM<sup>200</sup>, Technology Corporation, Fairport, NY, USA), 96.65 (16.99) g/kg de MS de Cenizas (AOAC, 1990) y un 57.47 (8.28) % de digestibilidad (DAYSY<sup>II</sup>, Tecnología Ankom, Fairport, NY, USA) y, en los últimos tres días se movieron a praderas individuales de 64 m<sup>2</sup> vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, delimitadas mediante un cerco eléctrico portátil, con la finalidad de medir el consumo individual de forraje mediante: diferencia en masa forrajera y por comportamiento al pastoreo. Las vacas fueron previamente acostumbradas a permanecer en las praderas individuales.

### Estimación de CMS de pasto estrella mediante el método de n-alcenos

Las vacas se dosificaron los últimos 14 días de cada periodo experimental con dotriacontano (C<sub>32</sub>) a razón de 680 mg vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>. El marcador se diluyó en n-heptano y se integró en el concentrado experimental, el cual fue utilizado como medio de dosificación. Posteriormente, se suministró 50 g vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, del medio de dosificación, una vez al día, a la hora del ordeño de la tarde (15:00 h). El medio de dosificación se mezcló con el concentrado que se les ofreció a las vacas de acuerdo al tratamiento que les correspondía.

En los últimos siete días de cada periodo experimental se obtuvieron muestras de forrajes mediante pastoreo simulado y de heces directamente del recto del animal, éstas últimas se recolectaron dos veces por día al finalizar cada ordeño, posteriormente fueron secadas y mezcladas para elaborar un pool vaca<sup>-1</sup> periodo<sup>-1</sup>. Del pool se tomó una muestra de 0.1 g para heces y 0.2 g para forrajes, las cuales se sometieron a análisis por cromatografía de gases para determinar la concentración del marcador interno (C<sub>31</sub>) y el dosificado (C<sub>32</sub>).

### Extracción de n-alcenos

La determinación de la concentración de los n-alcenos se realizó de acuerdo al método propuesto por Dove y Mayes (2003), modificado de acuerdo a Rojas (2008) el cual implica una disminución en el uso de reactivos. También se empleó la modificación propuesta por Oliván y Osoro (1999), la cual consiste en que después del tratamiento con KOH etanólico 1 M de la muestra, ésta se recalienta a 65 °C durante 10 minutos para una recuperación completa del marcador interno y el externo durante la extracción líquido-líquido.

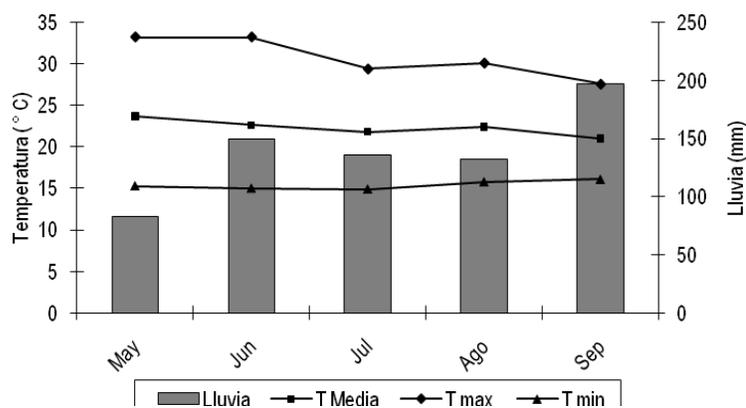


Figura 1. Temperatura media, mínima y máxima y lluvia total mensual del periodo experimental del año 2009, en el cual se realizaron los experimentos.

### Condiciones de operación del cromatógrafo de gases

Se utilizó una columna capilar (Elite de 30 m x 0.53 mm de diámetro interno y 0.53 mm de espesor de la película) adaptada a un cromatógrafo modelo Claurus

500, marca Perkin Elmer, con inyector automático y detector por ionización de flama. Como gas acarreador se utilizó Hidrógeno a un flujo de 25 ml min<sup>-1</sup>, Split de 5 ml min<sup>-1</sup>. Las condiciones de inyección fueron: temperatura inicial de 280 °C sostenida por un minuto, con incrementos de 30 °C

min<sup>-1</sup> hasta 320 °C. Condiciones del horno, 280 °C por tres minutos, con incrementos de 5 °C por minuto hasta 320 °C, durante nueve minutos. Temperatura del detector de 350 °C. El volumen de inyección de 0.5 µl, el cual se realizó en forma automática y un tiempo total de corrida de 23 minutos por muestra (Rojas 2008).

Una vez determinado el perfil de n-alcanos en forrajes y heces, se estimó el CMS de forraje mediante la Fórmula 1 propuesta por Mayes (1986), omitiendo el consumo de concentrado ( $I_c$ ), debido a que la concentración de los n-alcanos impares en el concentrado ( $C_i$ ) y la concentración de  $C_{32}$  en el concentrado ( $C_j$ ) es mínima (Berry *et al.*, 2000).

$$CMS(kgMSdía^{-1}) = D_j / [(F_i/F_j) * (H_i - H_j)] \quad (1)$$

Dónde:  $F_i$  y  $H_i$ , son las respectivas concentraciones (mg kg<sup>-1</sup> de MS), de  $C_{33}$  en heces y forraje, respectivamente;  $F_j$  y  $H_j$ , son las respectivas concentraciones (mg kg<sup>-1</sup> de MS) de  $C_{32}$  en heces y forrajes respectivamente y  $D_j$  es la tasa de dosificación de  $C_{32}$  en el concentrado.

### Estimación del CMS por diferencia en masa forrajera

Dentro de cada pradera individual se colocó al azar un cuadrante de 0.25 m<sup>2</sup>, posteriormente se cortó, antes del ingreso de los animales, todo el forraje dentro del cuadrante con tijeras para trasquilar ovejas a una altura de cinco cm de la superficie del suelo. Este procedimiento se repitió tres veces antes y tres después del día de pastoreo, en diferentes sitios elegidos al azar para cada pradera individual. Se asumió que la diferencia entre el forraje disponible antes y menos aquel disponible al finalizar el día de pastoreo, fue el consumido por vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>. La Fórmula 2 muestra cómo se realizó el cálculo de CMS.

$$CMS = (((MSO - MSR) * a) / 0.25) / 1000 \quad (2)$$

Dónde: CMS= Consumo de materia seca, kg MS vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>; a= área asignada vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> en m<sup>2</sup>; MSO= Materia seca dentro del cuadrante antes del pastoreo, g /0.25 m<sup>2</sup> y MSR= Materia seca residual después del pastoreo, g /0.25 m<sup>2</sup>.

### Estimación de CMS por comportamiento al pastoreo

Se realizó el registro de la actividad de los animales en pastoreo para estimar el CMS según la técnica descrita por Jamieson y Hodgson (1979). El comportamiento animal se registró en el penúltimo

día de cada periodo experimental, con el objeto de disminuir el efecto del encierro en praderas relativamente pequeñas sobre la conducta de las vacas. La tasa de mordida (TM) se estimó de acuerdo con Améndola (2002), registrando el tiempo que los animales dedican a pastorear durante 100 mordidas, por lo tanto, el cálculo de la TM (mordidas minuto<sup>-1</sup>) = 100 / tiempo en minutos dedicado a realizar 100 mordidas. La cantidad ingerida por mordida (CIM) se estimó mediante pastoreo simulado o “hand plucking” tratando de que la muestra fuese representativa de lo que estaban consumiendo los animales. El CMS de pasto estrella por comportamiento al pastoreo se estimó mediante la Fórmula 3 a partir de tiempo de pastoreo (TP), TM y CIM (Jamieson y Hodgson 1979; Poppi *et al.* 1987; Hodgson 1994; Dove y Mayes 2005).

$$Consumo\ de\ forraje\ (g\ día^{-1}) = CIM * TM * TP \quad (3)$$

### Procesamiento de las muestras para análisis de laboratorio

Las muestras de forrajes se secaron en una estufa de aire forzado a 60 °C por 48 horas para determinar su contenido de MS, las muestras de heces colectadas se refrigeraron y secaron a 60 °C hasta peso constante. Posteriormente, ambos tipos de muestra, fueron molidas a 1 mm de diámetro de criba y almacenadas para su análisis.

### Concentrado

Se proporcionaron seis kg de un concentrado experimental el cual estaba constituido de 81 % de maíz molido, 10 % de canola, 7 % de melaza, 2 % de urea más 0, 600, 900 y 1200 g de pulpa de café para los tratamientos uno al cuatro. Los concentrados fueron administrados en dos raciones, la mitad durante el ordeño de la mañana (04:00 h) y a la otra mitad durante el ordeño de la tarde (15:00 h), todos los tratamientos incluyeron pastoreo de 6:00 h a 14:00 h. Todas las vacas recibieron los cuatro concentrados en una ocasión. Los resultados de la respuesta animal en términos de producción de leche y cambio de peso vivo no son presentados en este trabajo.

### Experimento 2

El objetivo de este experimento fue también la determinación del CMS de pasto estrella mediante los tres métodos utilizados en el experimento uno, pero en lugar de utilizar praderas individuales se utilizó un sistema de pastoreo en franjas. El pasto estrella consumido por las vacas, contenía 132 (13.9) g/kg de MS de proteína, 62.75 (1.7) % de FDN, 30.03 (13.08) % de FDA. Se procedió como el experimento uno, salvo las siguientes modificaciones: Las cuatro

vacas de raza Holstein, utilizadas en este experimento, se encontraban en el primer tercio de lactación, con  $428 \pm 68$  kg de peso vivo y una producción de leche de  $16 \pm 0.83$  kg día<sup>-1</sup>. El consumo de forraje por diferencia en masa forrajera se estimó de manera grupal debido a que los animales pastorearon en franjas con un área asignada de 70 m<sup>2</sup> vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> y permanecieron en la pradera de 6:00 h a 14:00 h y de 18:00 h a 04:00 h. Las franjas se delimitaron por cerco eléctrico portátil. El método de pastoreo se cambió debido a que en el primer experimento los animales dedicaban parte del TP a observar al resto del hato, disminuyendo el tiempo que dedicaban a ésta actividad. Se evaluó el mismo concentrado experimental del Experimento 1, a razón de 6 kg vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> y de la misma manera como en Experimento 1; más pulpa de café a 0, 10 y 15 % de inclusión para los tratamientos uno al tres y, el tratamiento cuatro fue 6 kg vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> de concentrado experimental más 50 g vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> de un aditivo (PRISMA JET Reg. SAGARPA A-0369-022). El aditivo estuvo constituido de piedra caliza, trigo, aceite vegetal, extracto de plantas papaveraceae (*Meckleya cordata*), con un mínimo de 7.7% de proteína cruda, 2.5% de grasa cruda, 50% de cenizas, 3% fibra cruda, 7.0% de humedad, 13.5% de Extracto Libre de Nitrógeno, en 1000g de excipiente. De acuerdo con el fabricante este suplemento mejora la eficiencia de utilización de los alimentos. Los concentrados fueron proporcionados durante el ordeño (04:00 h y 15:00 h) a razón de 6.0, 6.6, 6.9 y 6.0 kg + 50 g del aditivo vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> para los tratamientos del uno al cuatro respectivamente.

### Análisis de resultados

No se observaron rechazos en el concentrado ofrecido, por lo que el análisis estadístico se realizó únicamente sobre las determinaciones de consumo de forraje, debido a que el consumo de concentrado ya era conocido. Por lo tanto, para calcular el CMS total vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> únicamente fue necesario sumar el consumo de concentrado al promedio de CMS de forraje vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> obtenido por los diferentes métodos de estimación. La variable de respuesta fue consumo de forraje en kg de MS vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, para los diferentes métodos de estimación. Para evaluar el efecto debido a los tratamientos, los resultados se analizaron mediante análisis de varianza, utilizando el comando de modelo general lineal del paquete estadístico Minitab (2003) v14, para un diseño de cuadrado latino 4x4. Cuando se encontraron diferencias significativas entre tratamiento se aplicó la prueba de Tukey para comparación de medias, a un nivel de significancia  $P < 0.05$ . Para determinar la diferencia entre métodos de estimación del consumo voluntario, se utilizó un análisis de varianza para un modelo totalmente al azar, también se empleó análisis

de correlación y regresión entre métodos y la variable de respuesta CMS por cada técnica de estimación, sobre la disponibilidad de forraje.

El modelo estadístico para el diseño de Cuadrado Latino utilizado fue:

$$Y_{ijk} = \mu + C_i + F_j + T_k + e_{ijk}$$

Dónde:  $Y_{ijk}$  = variable respuesta,  $\mu$  = media general,  $C_i$  = efecto de los periodos ( $i = I, II, III, IV$ ),  $F_j$  = efecto de las filas de las vacas ( $j = 1, 2, 3, 4$ ),  $T_k$  = efecto de los tratamientos ( $k = 1, 2, 3, 4$ ),  $e$  = efecto del error experimental.

El modelo estadístico para el diseño Completamente al Azar utilizado fue:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

Dónde:  $\mu$  = media general,  $T_i$  = efecto del  $i$ -ésimo método de estimación de CMS,  $e$  = efecto del error experimental.

El modelo para el análisis de regresión y correlación utilizado fue:

$$Y = a + b(X)$$

Dónde:  $Y$  = variable dependiente,  $a$  = es la intersección en el eje  $y$ ,  $b$  = en el coeficiente de regresión,  $X$  = variable independiente.

## RESULTADOS

### Experimento 1

En la tabla 1 se puede observar que con excepción del concentrado dos en el método de los n-alcanos (ANDEVA  $F = 3.63$ ;  $p = 0.023$ ), los concentrados en general no tuvieron efecto significativo sobre el CMS de pasto estrella (ANDEVA  $F = 0.37$ ;  $p = 0.98$ ), según las estimaciones de los tres métodos.

Para el CMS vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> se observaron diferencias significativas (ANDEVA  $F = 5.78$ ;  $p = 0.006$ ) debidas al método utilizado (Tabla 2), donde los métodos de n-alcanos y diferencia en masa forrajera, fueron diferentes respecto al método por comportamiento al pastoreo, pero no fueron diferentes entre sí ( $P > 0.05$ ).

Se observó que el método de n-alcanos y el de diferencia en masa forrajera presentaron los consumos más bajos, 2.9 y 3.3 kg vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> respectivamente, con respecto al método de comportamiento al pastoreo, 4.7 kg vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>. Por otro lado, se observó que en general los consumos de forraje son bajos, para todos los métodos de estimación, lo cual pudo estar influenciado por el nivel de FDN del forraje.

Tabla 1. Efecto del nivel de concentrado y periodo experimental sobre el CMS de pasto estrella para el experimento 1 (kg de MS vaca<sup>-1</sup>día<sup>-1</sup>).

Método de estimación de consumo	Nivel de concentrado				<i>eem</i>
	1	2	3	4	
N-alcanos	2.67 <sup>a</sup>	3.52 <sup>b</sup>	2.76 <sup>a</sup>	2.75 <sup>a</sup>	0.17
Diferencia en masa forrajera	3.85	3.85	2.72	2.74	0.44
Comportamiento al pastoreo	5.34	4.84	4.48	4.12	0.47

	Periodo				<i>eem</i>
	1	2	3	4	
N-alcanos	3.09 <sup>a</sup>	2.38 <sup>b</sup>	2.61 <sup>b</sup>	3.62 <sup>a</sup>	0.17
Diferencia en masa forrajera	2.43 <sup>a</sup>	2.21 <sup>a</sup>	2.41 <sup>a</sup>	6.12 <sup>b</sup>	0.44
Comportamiento al pastoreo	3.55 <sup>a</sup>	5.90 <sup>b</sup>	2.90 <sup>a</sup>	6.42 <sup>b</sup>	0.47

*eem*=error estándar de la media. Literales diferentes dentro de hileras señalan diferencias significativas ( $P<0.05$ ).

Tabla 2. Promedio de CMS de pasto estrella estimado por los tres métodos para el experimento 1.

Método	<i>n</i>	CMS (kg día <sup>-1</sup> )	<i>eem</i>
N-alcanos	16	2.9 <sup>a</sup>	0.17
Diferencia en masa forrajera	16	3.3 <sup>a</sup>	0.48
Comportamiento al pastoreo	16	4.7 <sup>b</sup>	0.44

*eem*=error estándar de la media. Literales diferentes entre hileras señalan diferencias significativas ( $P<0.05$ ).

El nivel de concentrado no afectó ( $P>0.05$ ) el tiempo que las vacas dedicaron a las actividades de pastoreo, rumia y descanso (Tabla 3). Las vacas dedicaron en promedio 7.4, 6.8 y 7.1 h al día para las actividades analizadas, respectivamente.

Tabla 3. Patrón de actividades diarias de las vacas para el experimento 1 (min vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>).

	Nivel de concentrado				<i>eem</i>
	1	2	3	4	
Pastoreo	487.5	425.0	455.0	417.5	20.41
Rumia	360.0	407.5	447.5	427.5	29.89
Descanso	437.5	440.0	390.0	440.0	26.57

*eem*=error estándar de la media. Literales diferentes dentro de hileras señalan diferencias significativas ( $P<0.05$ ).

Los análisis de regresión y correlación del CMS de pasto estrella, entre el método de n-alcanos y el de diferencia en masa forrajera, indicaron que existe una relación cercana entre las predicciones de ambos métodos (ANDEVA  $F=51.25$ ;  $p=0.000$ ),  $r^2=80\%$  y  $r=89\%$  respectivamente (Figura 2).

## Experimento 2

Para el efecto de la disponibilidad de pasto estrella sobre el CMS de forraje estimado mediante n-alcanos (ANDEVA  $F=6.39$ ;  $p=0.012$ ) y diferencia en masa forrajera (ANDEVA  $F=8.89$ ;  $p=0.004$ ), se adaptó un modelo de regresión cuadrático debido a que explica mejor el comportamiento de los datos, ya que éstos, no siguen una tendencia lineal, observándose que conforme la disponibilidad de forraje se incrementa el CMS también lo hace, hasta llegar a su valor asintótico de 3.5 kg de MS vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> (Figuras 3 y 4).

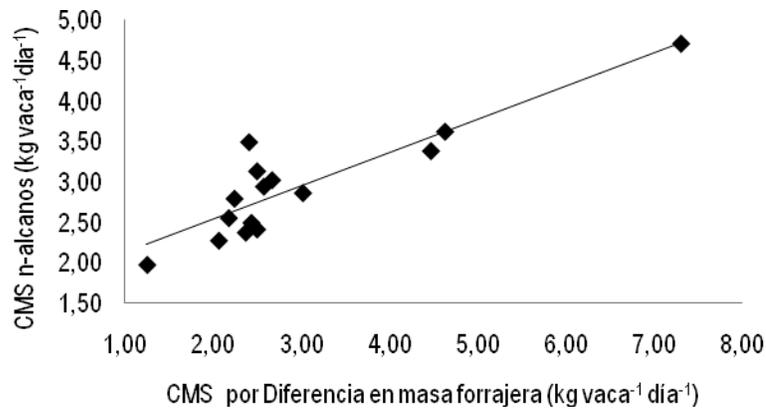


Figura 2. Recta de regresión de CMS entre los métodos n-alcenos y diferencia en masa forrajera, para el experimento 1. ( $y=0.4129x + 1.7059$ ;  $r^2=0.80$ )

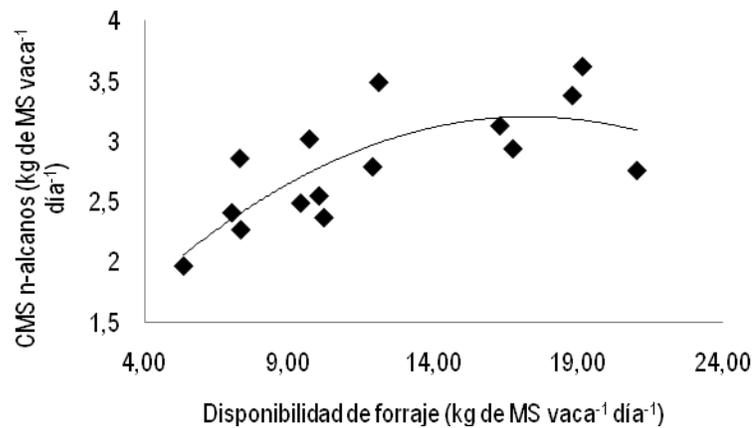


Figura 3. Regresión cuadrática de CMS estimado por n-alcenos y disponibilidad de forraje, para el experimento 1. ( $y=-0.0081x^2 + 0.2782x + 0.7993$ ;  $r^2=0.53$ )

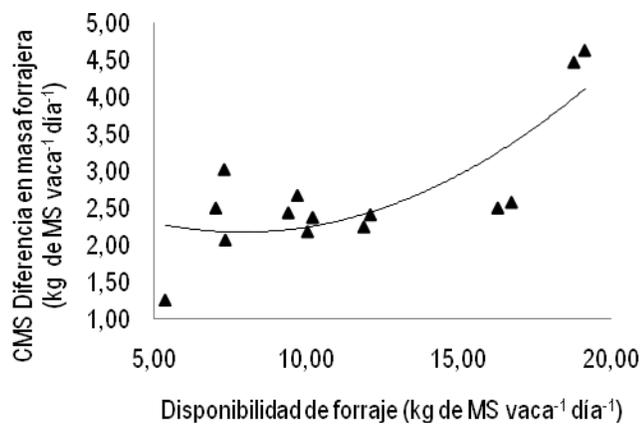


Figura 4. Regresión cuadrática de CMS estimado por diferencia en masa forrajera sobre disponibilidad de forraje, para el experimento 1. ( $Y=0.0154x^2 - 0.2424x + 3.1248$ ;  $r^2=0.63$ )

En el caso de este experimento el CMS de pasto estrella tampoco fue afectado (ANDEVA  $F=1.30$ ;  $p=0.169$ ) por el nivel de concentrado empleado en la alimentación de vacas lecheras en los dos métodos de estimación analizados (Tabla 4). Por otro lado, no existieron diferencias (ANDEVA  $F=0.29$ ;  $p=0.596$ ) en el CMS de pasto estrella estimado por n-alcanos y comportamiento al pastoreo para este segundo experimento (Tabla 5).

Las vacas consumieron la misma cantidad de concentrado y la adición de pulpa de café no afectó (ANDEVA  $F=0.95$ ;  $p=0.476$ ) el tiempo que las vacas dedicaron a las actividades de pastoreo, rumia y descanso (Tabla 6), con un promedio de 9.2, 7.4 y 6.5 horas, respectivamente.

Tabla 4. Efecto del tipo de concentrado sobre el CMS de las vacas, estimado por dos métodos para el experimento 2 (kg de MS vaca<sup>-1</sup>día<sup>-1</sup>).

MÉTODO	Nivel de concentrado				eem
	1	2	3	4	
N-alcanos	7.40	7.00	6.00	6.30	0.55
Comportamiento al pastoreo	6.47	6.73	6.14	5.98	0.51

eem=error estándar de la media. Literales diferentes dentro de hileras señalan diferencias significativas ( $P<0.05$ ).

Tabla 5. Promedio de CMS de pasto estrella estimado por dos métodos, para el experimento 2.

Método	N	CMS (kg vaca <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> )	eem
N-alcanos	16	6.7	0.43
Comportamiento al pastoreo	16	6.3	1.58

eem=error estándar de la media. Literales diferentes entre hileras señalan diferencias significativas ( $P<0.05$ ).

Tabla 6. Patrón de actividades diarias de las vacas en pastoreo para el experimento 2 (min vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>).

Actividad	Nivel de concentrado				eem
	1	2	3	4	
Pastoreo	557.5	580.0	555.0	507.5	18.71
Rumia	472.5	462.5	465.0	385.0	30.69
Descanso	372.5	340.0	360.0	482.5	22.64

eem=error estándar de la media. Literales diferentes dentro de hileras señalan diferencias significativas ( $P<0.05$ ).

En la regresión y correlación entre el método de n-alcanos y comportamiento al pastoreo, para la variable CMS de pasto estrella para las vacas del experimento dos (Figura 5) se observó un coeficiente de regresión (b) de 0.6, que indicó que por cada unidad de cambio (1 kg de pasto estrella consumido) en la estimación del CMS por comportamiento al pastoreo, se verá afectada en 0.6 unidades (600 g) la estimación de CMS por n-alcanos y la intersección de la recta de regresión con el eje Y fué a partir de 2.87 kg de CMS. El coeficiente de determinación aunque fué relativamente bajo ( $r^2=0.42$ ) resultó significativo (ANDEVA  $F=10.17$ ;  $p=0.007$ ).

El CMS por diferencia en masa forrajera para el experimento dos, no se sometió a análisis de varianza por que no cumplió con el diseño de Cuadrado Latino, debido al método de pastoreo que se utilizó. Con los datos obtenidos, se realizó un análisis de regresión y correlación (Figura 6) de CMS, obtenido por el método de diferencia en masa forrajera, estimado para todo el grupo de vacas y la disponibilidad de pasto estrella, donde se observó que, a medida que la disponibilidad de pasto estrella se incrementó el CMS estimado por diferencia en masa forrajera también se incrementó, hasta una disponibilidad de 20 kg de MS vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> y un

consumo de 10 kg de MS vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> el cual fué su valor asintótico y a partir de éste, el CMS disminuyó, lo que indicó una buena relación ( $r^2=0.75$ ) aunque no

fué significativa estadísticamente (ANDEVA  $F=1.48$ ;  $p=0.502$ ).

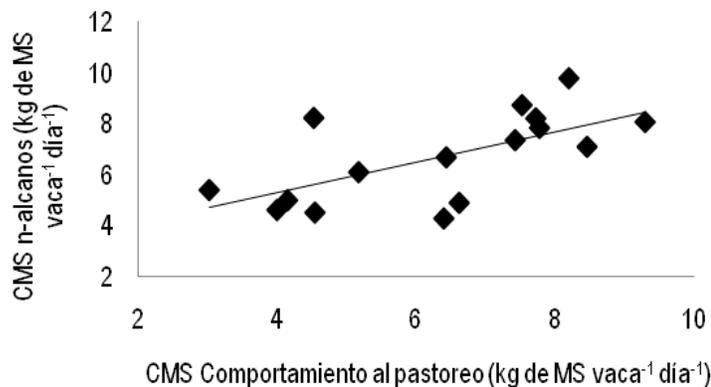


Figura 5. Recta de regresión de CMS entre los métodos *n*-alcenos y comportamiento al pastoreo, para experimento 2. ( $y = 0.6x + 2.8737$ ;  $r^2=0.42$ )

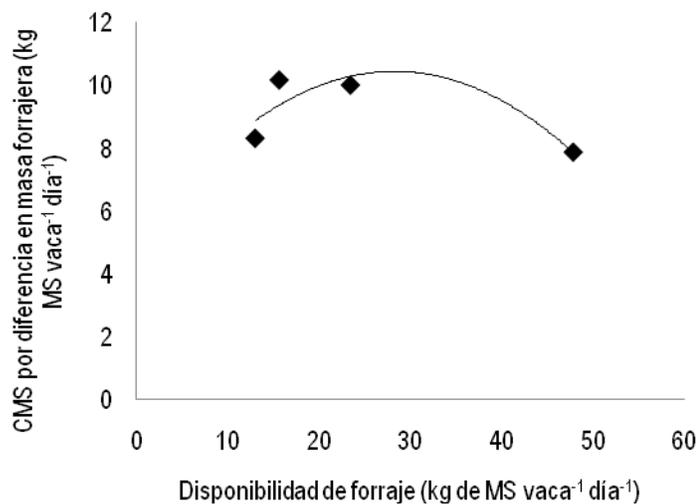


Figura 6. Curva de regresión entre CMS estimado por el método de diferencia en masa forrajera y disponibilidad de forraje, para el experimento 2. ( $y=-0.0067x^2 + 0.3818x + 5.0407$ ;  $r^2=0.75$ ).

Para la variable TM (Tabla 7), se observaron diferencias significativas por periodo, en ambos experimentos (ANDEVA  $F= 7.09$ ;  $p=0.021$  y  $F= 14.06$ ;  $p=0.004$ ). Así también, para disponibilidad de pasto estrella por tratamiento y periodo para el experimento uno (ANDEVA  $F= 6.10$ ;  $p=0.03$  y  $F=157.40$ ;  $p=0.000$ ). No existió efecto (ANDEVA  $F=0.63$ ;  $p=0.621$  y  $F=0.95$ ,  $p=0.473$ ) de tratamiento para la variable TM en los experimentos uno y dos,

respectivamente. La disponibilidad de pasto estrella para el experimento dos no fue posible someterla a análisis de varianza en arreglo de Cuadrado Latino por las razones antes mencionadas. Hay que mencionar que la MS disponible a través de los periodos experimentales en ambos experimentos cambió debido al establecimiento de las lluvias y en función del tiempo, ya que el área asignada vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> siempre fue la misma, como se indicó en la

metodología. Por tal motivo, la MS disponible para el experimento dos es marcadamente superior a la disponible para las vacas del primer experimento.

Para el experimento uno, la TM presentó un comportamiento similar al CMS cuando se adaptó un modelo de regresión cuadrático entre tasa de mordida y disponibilidad de MS (Figura 7) y a medida que se incrementó la cantidad de MS disponible la tasa de mordida también lo hizo, hasta una disponibilidad de 15 kg de MS y 37 mordidas min<sup>-1</sup>: después de este punto la tasa de mordida disminuyó hasta 20 mordidas min<sup>-1</sup>, a una disponibilidad de 20 kg de MS

vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> (ANDEVA F=6.56; *p*=0.011). Para el análisis de regresión y correlación entre la TM y la disponibilidad de pasto estrella para el experimento dos (Figura 8), se adaptó un modelo cuadrático que indica que estas variables están muy relacionadas (*r*<sup>2</sup>=0.96 y *r*=0.98, respectivamente), aunque dicha relación no fue significativa (ANDEVA F=12.26, *p*=0.198). Se observó que a partir de 15 kg de MS vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> la TM, 30 mordidas min<sup>-1</sup>, disminuyó, hasta llegar a 18 mordidas min<sup>-1</sup> a una disponibilidad de 50 kg de MS vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, comportamiento similar a los resultados del experimento uno (Figura 7).

Tabla 7. Tasa de mordida promedio y disponibilidad de pasto estrella por tratamiento y periodo para experimentos 1 y 2, en vacas lecheras en pastoreo.

	1	2	3	4	<i>eem</i>
<b>Experimento 1</b>					
	Tasa de mordida (mordidas minuto <sup>-1</sup> )				
Tratamiento	32	27	32	28	3.48
Periodo	41a	21bc	34ab	24bc	3.48
	Disponibilidad de forraje (kg de MS vaca <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> )				
Tratamiento	13.6a	11.2bc	12.7a	12ab	0.41
Periodo	14.2b	6.8d	9.8c	18.7a	0.41
<b>Experimento 2</b>					
	Tasa de mordida (mordidas minuto <sup>-1</sup> )				
Tratamiento	24	22	20	23	1.6
Periodo	17a	28b	27b	17a	1.6
	Disponibilidad de forraje (kg de MS vaca <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> )				
Periodo	47.83	13.10	15.73	23.50	

*eem*=error estándar de la media. Literales diferentes dentro de hileras señalan diferencias significativas (*P*<0.05).

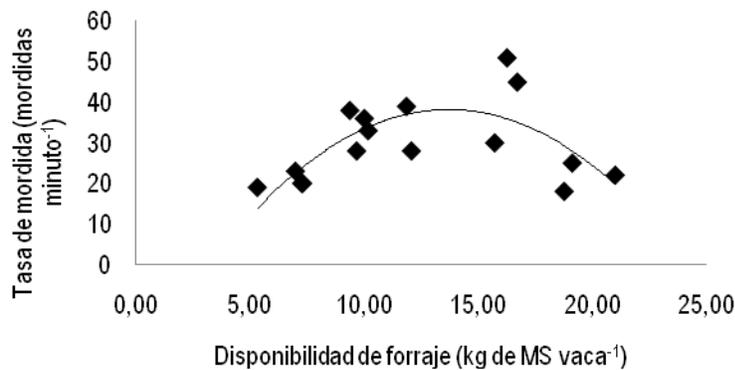


Figura 7. Curva de regresión cuadrática de tasa de mordida sobre disponibilidad de pasto estrella para experimento 1. ( $y = -0.3461x^2 + 9.4973x - 26.992$ ;  $r^2=0.50$ )

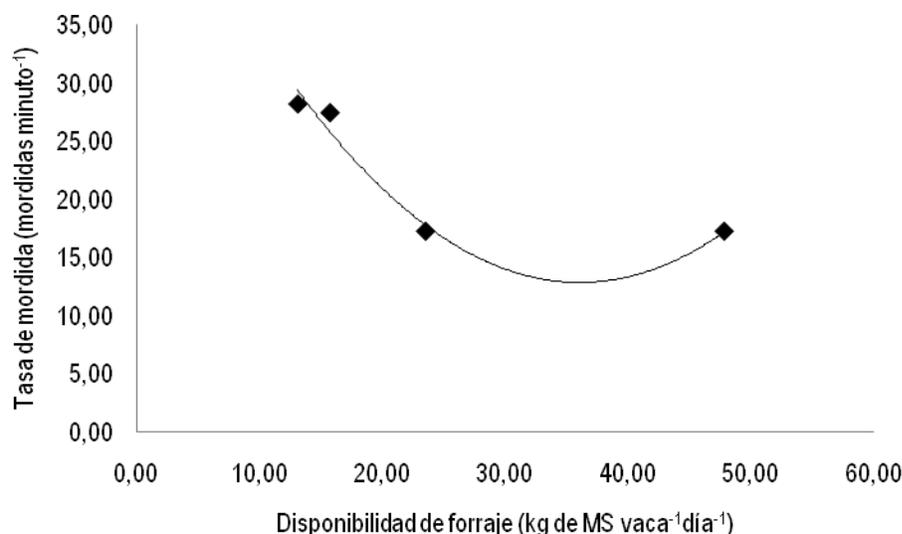


Figura 8. Regresión cuadrática entre tasa de mordida y disponibilidad de pasto estrella, para las vacas del experimento 2. ( $y = 0.0314x^2 - 2.2647x + 53686$ ;  $r^2=0.96$ )

## DISCUSIÓN

### Estimación del CMS por n-alcános

El método de n-alcános es el método que ha proporcionado estimaciones de CMS en pastoreo con mayor exactitud y precisión en comparación con los diferentes métodos utilizados para este fin, aunque también se conoce que presenta fuentes de error (Smit *et al.* 2005), asociadas principalmente a la variación diurna en la excreción fecal del marcador respecto del uso de marcadores como el óxido de cromo (Oliveira 2003; Smit *et al.* 2005). En el presente estudio se dosificaron 680 mg vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> de C<sub>32</sub>, concentración cercana al doble de la tasa de liberación de las cápsulas de liberación controlada (CLC), la cual es de 400 mg día<sup>-1</sup> (MCM Captec Ltd, Auckland de Nueva Zelanda). Cuando no se dispone de CLC y se requiere proporcionar diariamente el marcador, una sola dosificación al día es lo adecuado, ya que simplifica el uso de la técnica de n-alcános en condiciones de pastoreo (Oliván *et al.* 2007). Así mismo, se obtuvieron muestras de heces directamente del recto del animal dos veces al día, una de ellas coincidió siempre con la hora de dosificación del n-alcáno mezclado con el concentrado (ordeño de la tarde), lo anterior concuerda con la técnica de muestreo empleada por Oliván *et al.* (2007). Con este procedimiento se disminuyó el error en la estimación debido a la variación diurna en la excreción del marcador. Por lo tanto, existió mayor certeza de que las estimaciones de consumo obtenidas en el presente estudio fueron muy cercanas a los valores reales y además fueron similares a los reportados por Estrada

*et al.* (2009), para vacas lecheras pastoreando en praderas de pasto estrella en la misma región de estudio. En diversos estudios se ha determinado el perfil de n-alcános en algunas gramíneas tropicales como *Brachiaria decumbens*, *Digitaria decumbens*, *Pennisetum glaucum*, *Sorghum sp.* y *Setaria sphacelata* (Laredo *et al.* 1991), *Setaria vaginata*, *Pennisetum americanum* y *Pennisetum purpureum* (Oliveira 2003) y según los resultados de esas investigaciones existe una clara diferenciación en el contenido de n-alcános tanto en épocas del año como en las diferentes estructuras y edades de las gramíneas tropicales, por lo tanto es esencial que las muestras del forraje sean lo más parecido posible al material que el animal está consumiendo con el objeto de evitar variaciones atribuidas a los factores mencionados. En el presente estudio las muestras de forraje se obtuvieron mediante “hand plucking” por observación directa de lo que estaban consumiendo las vacas, de manera similar a la metodología reportada por Oliveira (2003), de esta forma se aseguró primero que las muestras de donde se obtuvo el alcáno interno fuesen similares al material consumido por el animal y segundo, que las estimaciones de CMS de gramíneas tropicales estuvieran lo más cercanas al consumo real de los animales (Laredo *et al.* 1991; Oliveira 2003).

El CMS es determinado por muchos factores como son el peso vivo, la condición corporal, el nivel de producción de leche (Chamberlain y Wilkinson 2002; Johnson *et al.* 2003), la disponibilidad y calidad del forraje (Poppi *et al.* 1987 y Améndola 2002), la etapa de lactación y gestación (Chamberlain y Wilkinson

2002), la capacidad de consumo y el tiempo de acceso al alimento. El CMS promedio, para las vacas del experimento uno fué más bajo, comparado con las vacas del experimento dos. Esta diferencia en el CMS de forraje pudo ser ocasionada por uno o varios de los factores mencionados anteriormente como: el nivel de producción de leche registrado de 13 y 16 kg vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, la etapa de lactación debido a que las vacas se encontraban en último y primer tercio de lactación, la disponibilidad de forraje con 12 y 25 kg de MS vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, y el tiempo de permanencia en la pradera de 8 y 17 h, respectivamente. EL CMS estimado en el presente trabajo fué bajo, comparado con el reportado por Oliveira (2003) en vacas cruzadas de Holstein x Gyr, sobre praderas de pasto estrella y con una producción de leche promedio de 16.3 kg vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, registrando un consumo de 12.65 kg de MS vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> de forraje, estimado mediante n-alcanos. Por otro lado, se observó que, conforme se incrementó la cantidad de forraje disponible del periodo dos al cuatro para el experimento uno, las vacas no modificaron el CMS de pasto estrella, para los tres métodos de estimación empleados, esto probablemente debido a que estas vacas se encontraban en el último tercio de lactación con producciones de leche bajas o a una posible sustitución del forraje por concentrado. Por otro lado, para las vacas del experimento dos, el consumo de concentrado tampoco afectó el CMS de pasto estrella, indicando que en general la adición de pulpa de café en el concentrado no afectó el CMS de pasto estrella, por lo que este residuo de la producción de café puede incluirse en la alimentación de vacas lecheras entre un 15 y 20 %.

La cantidad de pasto estrella disponible fué diferente entre periodos experimentales y para cada uno de los experimentos, sin embargo, en el experimento dos, no se presentaron diferencias en la cantidad de pasto estrella consumido por las vacas, aún cuando en el primer periodo experimental la disponibilidad de forraje fue mayor por más de 300% respecto al segundo periodo, que represento la menor disponibilidad del experimento. El CMS de pasto estrella registrado en el segundo experimento, puede ser un indicador de que estas vacas se encuentran en el límite de su capacidad de consumo voluntario, ya que la disponibilidad de forraje no fué restrictiva. El CMS total, es muy cercano al valor calculado por fórmula, para el peso vivo y nivel de producción de leche obtenidos en el presente trabajo (MAFF, 1984).

#### **Estimación del CMS por diferencia en masa forrajera**

No se observaron diferencias en la estimación del CMS entre los métodos n-alcanos y diferencia en masa forrajera en el experimento uno, resultado similar al reportado por Oliveira (2003), Macoon *et*

*al.* (2003) y Smit *et al.* (2005), lo cual indicó que el CMS estimado por diferencia en masa forrajera puede ser confiable.

#### **Estimación del CMS por comportamiento animal**

En el experimento uno, la estimación de CMS mediante comportamiento al pastoreo sobreestimó el consumo en un 62% respecto de la técnica de n-alcanos, esto pudo haber ocurrido por una mayor selectividad de las vacas y por tanto la CIM estimada para este experimento fué diferente de lo que las vacas consumieron (Hodgson, 1985; Boval *et al.* 2007). En el experimento dos no se presentaron diferencias en el CMS estimado por n-alcanos y comportamiento al pastoreo, esto posiblemente se debió a una mayor disponibilidad de forraje lo cual ocasionó menor selectividad en las vacas, y esto a su vez ocasionó una estimación de la CIM más cercana a lo que las vacas consumieron. Por otro lado, el tiempo de pastoreo no fué afectado por el nivel de concentrado, en promedio para el experimento uno fué de 446 min día<sup>-1</sup> (7.4 h) y para el experimento dos de 550 min día<sup>-1</sup> (9.2 h), esta diferencia pudo deberse a que a las vacas del segundo experimento se les permitió más tiempo de permanencia en la pradera respecto de las vacas del primer experimento, así también a una mayor demanda de nutrientes ya que estas vacas produjeron en promedio 3 kg de leche más que las vacas del primer experimento. El tiempo de pastoreo registrado para el segundo experimento, donde las vacas se mantenían la mayor parte del día en la pradera, excluyendo el tiempo de duración de las dos ordeñas, se encuentra dentro del rango descrito como aceptable (Hodgson, 1994), donde el tiempo normal de pastoreo es de 8 h y en casos extremos de hasta 16 h, dependiendo de las condiciones de la pradera. Por otro lado, el tiempo de pastoreo fue inferior al reportado por Sarmento (2003) de 10.8 h para novillas de raza Nelore en praderas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu y sin suplementación. En el experimento uno, se observó un incremento en TM conforme se incrementó la MS presente en la pradera, esto probablemente se debió a un incremento en la cantidad de hoja presente en la pradera y, este incremento de hoja se presentó como una respuesta del pasto estrella al establecimiento del periodo de lluvias. Por otro lado, en el experimento dos se observó que conforme se incrementó la MS disponible por vaca, la TM fue disminuyendo, ésto probablemente ocurrió porque a mayor MS disponible la CIM fue mayor y necesitaron más tiempo para manipular el forraje ingerido (Hodgson, 1985 y Boval, 2007). Así mismo, Sarmento (2003) reportó una relación inversa entre la altura de praderas de *Brachiaria brizantha* y tasa de mordida con 46.3 y 17.5 mordidas minuto<sup>-1</sup> a una altura de 10 y 40 cm, respectivamente. Los resultados de tasa de mordida reportados por este autor pueden ser comparados con

el presente trabajo ya que entre altura y masa forrajera existe una relación altamente positiva de acuerdo con Castillo *et al.* (2009).

### Comparación de los métodos de estimación del CMS de pasto estrella

Ya se ha indicado anteriormente, que una variable intrínseca a la pradera es la disponibilidad de forraje, y se conoce que guarda una relación curvilínea con el CMS (Poppi *et al.* 1987). Se observó una relación clara entre CMS y disponibilidad de forraje para las técnicas n-alcanos y diferencia en masa forrajera en el experimento uno y para la técnica de diferencia en masa forrajera en el experimento dos. Por otro lado, se observó que las técnicas de n-alcanos y diferencia en masa forrajera estuvieron más relacionadas entre si que n-alcanos y comportamiento al pastoreo. En sistemas de pastoreo es difícil validar alguna técnica para estimar el CMS de forraje en ganado lechero debido al desconocimiento del consumo real como en sistemas de alimentación estabulados donde se puede pesar de manera precisa la cantidad de forraje consumido por las vacas (Dove y Mayes 2005), sin embargo el método de n-alcanos resultó ser más exacto. Por otro lado, técnicas alternativas como diferencia en masa forrajera y comportamiento al pastoreo pueden no ser mejores que los n-alcanos o incluso pueden ser inferiores (Dove y Mayes 2005). Sin embargo, la ventaja principal de estos métodos es el bajo costo y el tiempo en el que se obtienen los resultados, así también que explican la relación entre la vaca y las características de la pradera con variables como TP, TM y CIM respecto de la altura del forraje y disponibilidad de materia seca en la pradera.

### CONCLUSIONES

Se concluyó que la técnica de n-alcanos fué la más precisa para conocer el consumo real de forraje de vacas en pastoreo en sistemas campesinos de producción de leche donde se encontraba establecido el pasto estrella. Las técnicas de comportamiento al pastoreo y por diferencia en masa forrajera resultaron menos precisas, pero sus resultados fueron cercanos a los obtenidos mediante la técnica de n-alcanos, además contaron con la ventaja de ser fácilmente estimados y a un menor costo. Sin embargo, se recomienda ser cauto ya que la exactitud de la estimación del consumo mediante comportamiento al pastoreo depende principalmente de una estimación precisa del forraje cosechado por el animal en cada mordida. Finalmente, se concluyó que la adición de pulpa de café entre el 15 y 20%, no afectó el consumo de pasto estrella en vacas lecheras, por lo que el empleo de este subproducto es recomendable para reducir los costos de alimentación del ganado lechero.

### REFERENCIAS

- Association of Official Agricultural Chemist (AOAC), 1990. Official Method of Analysis. Assoc. Off. Analytic Chemists, 15th ed. Arlington, VA, USA.
- Améndola M.R.D. 2002. A dairy system base on forages and grazing in temperate México. PhD thesis Wageningen University, The Netherlands. 269 pp.
- Barrett P. D., Laidlaw A. S., Mayne C. S. and Christie H. 2001. Pattern of herbage intake rate and bite dimensions of rotationally grazed dairy cows as sward height declines. *Grass and Forage Science*, 56, 362±373
- Benvenuti MA, Gordon IJ, Poppi DP. 2008. The effects of stem density of tropical swards and age of grazing cattle on their foraging behaviour. *Grass and forage Science* 63:1-8
- Berry R.N., Scheeder L.M.R., Sutter F., Kröber F.T. and Kreuzer M. 2000. The accuracy of intake estimation based on the use of alkane controlled-release capsules and faeces grab sampling in cows. *Ann Zootech.* 49: 3-13
- Boval M, Fanchone A, Archimède H and Gibbs MJ. 2007. Effect of structure of a tropical pasture on ingestive behaviour, digestibility of diet and daily intake by grazing cattle. *Grass and Forage Science* (62) 44-54
- Castillo GE, Valles MB, Jarillo RJ. 2009. Relación entre materia seca presente y altura en gramas nativas del trópico mexicano. *Técnica Pecuaria, Méx.* 47(1):79-92
- Chamberlain AT and Wilkinson JM. 2002. Feeding the dairy cow. Chalcome publications. Great Britain, 242 p
- Dove H. and Mayes WR. 1991. The use of plant wax alkanes as marker substances in studies of the nutrition of herbivores: A review, *Australian Journal of Agricultural Research*, 42, 913-952
- Dove H, Mayes RW, Lamb CS and Ellis KJ. 2002. Factors influencing the release rate of alkanes from an intra-ruminal, controlled release-device, and the resultant accuracy of intake estimation in sheep. *Australian Journal of Agricultural Research*, 53:681-696
- Dove, H. and Mayes, R.W. 2003. Wild and domestic herbivore diet characterization. Satellite meeting of VI International symposium on the nutrition of herbivores. (17-19 October 2003), Mérida, México.
- Dove H. and Mayes, R.W. 2005. Using n-alcanos and other plant wax components to estimate intake, digestibility and diet composition of grazing/browsing shepp and goats. *Small Ruminant Research* 59: 123-139
- Estrada FIG, Avilés NF, Yong AG, Hernández MP, Castelán OOA and López GF. 2009. Efecto de

- la inclusión de diferentes niveles de concentrado y pastoreo de pasto Estrella de África (*Cynodon plectostacyus*) sobre la producción de leche en sistemas campesinos de la región semitropical del Estado de México. En: Memorias del XIV Congreso Bienal AMENA, Puerto Vallarta, Jalisco, Méx.
- Glindeman T., Tas B.M., Wang C., Alvers S., and Susenbeth A. 2009. Evaluation of titanium dioxide as an inert marker for estimating fecal excretion in grazing sheep. *Animal Feed Science and Technology*. 152, 186-197.
- Griffiths W.M.; Hodgson J. and Arnold G.C. 2003. The influence of sward canopy structure on foraging decisions by grazing cattle. I. Patch selection. *Grass and Forage Science* 58, 112-124.
- Hodgson J. 1985. The control of herbage intake in the grazing ruminant. *Proceedings of the Nutrition Society* 44: 339-346
- Hodgson J. 1994. Manejo de pastos: Teoría y práctica. Primera edición. Editorial Diana, México, D.F. 252 p.
- Jamieson W.S and Hodgson J. 1979. The effect of daily herbage allowance and sward characteristics upon the ingestive behavior and herbage intake of calves under strip-grazing management. *Grass and Forage Science* 34, 273-282.
- Jonhson C.R., Lalman D.L., Brown M.A., Appeddu L.A., Buchanan D.S. and Wettemann R.P. 2003. Influence of milk production potential on forage dry matter intake by multiparous and primiparous Brangus females. *Journal of Animal Science* 81, 1837-1846.
- Laredo MA, Simpson GD, Minson DJ and Orpin, CG. 1991. The potential for using n-alkanes in tropical forages as a marker for determination of dry matter by grazing ruminants. *Journal of Agricultural Science*, 117: 355-361.
- Macon B, Sollenberger LE, Moore JE, Staples CR, Fike JH and Portier KM. 2003. Comparison of three techniques for estimating the forage intake of lactating dairy cows on pasture. *Journal of Animal Science* 81:2357-2366.
- Mayes RW, Lamb CS and Colgrove PM. 1986. The use dose and herbage n-alkanes as markers for the determination of herbage intake. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 107, 161-170.
- Ministry of Agriculture, Fisheries and Food (MAFF). 1984. Energy allowances and feeding systems for ruminants. London: Her Majesty Stationery Office.
- Minitab. 2003. v. 14 user's guide II: data analysis and quality tools. Minitab, USA
- National Research Council. 2001 Nutrients requirements of dairy cattle. 7<sup>th</sup> ed. Washington, DC, USA: National Academy Press.
- Oliván M. and Osoro K. 1999. Effect of temperature on alkane extraction from faeces and herbage. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 132: 305-312.
- Oliván M., Ferreira L.M.M., Celaya R. and Osoro K. 2007. Accuracy of the n-alkane technique for intake estimates in beef cattle using different sampling procedures and feeding levels. *Livestock Science* 106: 28-40.
- Oliveira D.E. 2003. Uso da Técnica de n-alcenos para medir o aporte de nutrientes através de estimativas do consumo de forragem em Bovinos. Tese (duotorado). Escola superior de Agricultura Luiz de Queiroz.
- Oliveira D.E., Medeiros S.R., Tedeschi L.O., Aroeira L.J.M. and Silva S.C. 2007. Estimating forage intake of lactating dual-purpose cows using chromium oxide and n-alkanes as external markers. *Scientia Agricola (Piracicaba, Braz.)* v.64, n.2, p 103-110
- Poppi D.P., Hughes T.P. and L'Huillier P.J. 1987. Intake of pastures by grazing ruminants. En: *Feeding Livestock on Pasture*. A.M. Nicol(Ed) New Zealand Society of Animal Production. Occasional Publication No. 10, pp. 55-63.
- Ray JR. 2000. Sistema de pastoreo racional para la producción de leche con bajos insumos en suelo Vertisol. Tesis Ph Universidad Agraria de la Habana "Fructuoso Rodríguez Pérez".130 p.
- Rojas G.M.A. (2008) Estimación de consumo y digestibilidad de materia seca en ganado de leche a través de n-alcenos en el Altiplano Central de México. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, Méx. 71 pp.
- Rutter SM, Orr RJ, Penning PD, Yarrow NH and Champion RA. 2002. Ingestive behavior of heifers grazing monocultures of ryegrass or white clover. *Applied Animal Behavior Science* 76:1-9.
- Sarmento D.O.L. 2003. Comportamento ingestivo de bovinos em pastos de capim marandu submetidos a regimes de lotação continua. Dissertação (mestrado) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz
- Smit H. J., Taweel H. Z, Tas B. M., Tamminga S. and Elgersma A. 2005. Comparison of Techniques for Estimating Herbage Intake of Grazing Dairy Cows, *Journal of Dairy Science* (88) 1827-1836
- Soares J.P.G., Berchielli T.T., Aroeira L.J.M., Deresz F. and Verneque R.S. 2004. Estimativas de Consumo do Capim-Elefante (*Pennisetum purpureum* Schum), Fornecido Picado para Vacas Lactantes Utilizando a Técnica do Óxido Crômico. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.33, n.3, p.811-820

Tharmaraj J., Wales W. J., Chapman D. F. and Egan A. R. 2001. Defoliation pattern, foraging behaviour and diet selection by lactating dairy

cows in response to sward height and herbage allowance of a ryegrass-dominated pasture. Grass and Forage Science, 58, 225–238

*Submitted April 04, 2011 – Accepted September 08, 2014*