

# Nivel óptimo de energía neta en el consumo de alimento y producción de leche en el inicio de la lactancia de vacas Holstein-Friesian en confinamiento

## Optimum level of net energy in feed intake and milk yield at early lactation in Holstein-Friesian cows in confined conditions

Rufino López Ordaz<sup>a</sup>, Dolores Gómez Pérez<sup>a</sup>, José Guadalupe García Muñiz<sup>a</sup>, Germán David Mendoza Domínguez<sup>a</sup>, Alejandro Lara Bueno<sup>a</sup>, Reyes López Ordaz<sup>a</sup>

### RESUMEN

El objetivo fue determinar el nivel óptimo de energía neta de lactancia ( $NE_L$ ) en el consumo de materia seca (CMS), peso vivo (PV), y la producción de leche (PL) de vacas Holstein-Friesian durante las primeras 15 semanas. En el estudio se utilizaron 30 vacas ( $PV=708.8 \pm 26$  kg; de segunda o más lactancias), que se estratificaron por peso y fueron aleatoriamente asignadas a uno de tres tratamientos: Bajo (BA), Medio (ME) y Alto (AL), que contenían 1.46, 1.77 y 2.10 Mcal de  $NE_L$ /kg MS, respectivamente. La densidad de energía influyó ( $P<0.05$ ) en los CMS y por 100 kg de PV. Las vacas del AL y ME consumen 35.0 y 19.3 % más alimento que las del tratamiento BA (17.10 y 18.40 vs  $13.80 \pm 0.2$  kg/día); y también consumen 48.0 y 33.0 % más energía. Paralelamente, los animales del AL y ME perdieron menos PV ( $P<0.05$ ) que el BA (36.8 y 49.4 vs 73.5 kg, respectivamente); sin embargo, no hubo efectos en PV final entre ME y AL. La PL fue 15.30 y 7.0 kg más alta ( $P<0.05$ ) para el AL y ME comparados con el BA (19.0 kg); en forma similar, las vacas del nivel AL fueron 21.0 y 10.0 % más eficientes ( $P<0.05$ ) que las del ME y BA, respectivamente. En conclusión, el nivel de 1.77 a 2.10 Mcal de  $NE_L$ /kg de alimento fue el óptimo para producciones superiores a 27.0 kg de leche al inicio de la lactancia.

**PALABRAS CLAVE:** Energía, Producción de leche, Peso vivo.

### ABSTRACT

Optimum level of net energy of lactation ( $NE_L$ , Mcal) in Holstein-Friesian cows under confined conditions was determined based on body weight (BW, kg) changes, dry matter intake (DMI, kg), milk yield (MY), and milk yield efficiency (MYE). Thirty cows ( $BW=708.8 \pm 26$  kg; of second or more lactations) were stratified by BW and randomly assigned to one of three treatments: 1.46, 1.77 and 2.10 Mcal of  $NE_L$ /kg DM, for low (LO), medium (ME), and high (HI), respectively, during the first 15 wk of lactation. Dietary energy influenced ( $P<0.05$ ) on DMI and DMI/100 kg of BW. Cows fed HI and ME levels had 35.0 and 19.3 % higher DMI than the LO treatment (36.8, and 49.4 vs 73.5 kg, respectively); also they had consumed 48.0 and 33.0 % more net energy. In parallel, HI and ME cows had lower BW changes than others (36.80 and 49.40 vs 73.50 kg of BW, respectively); however, we did not found any effects on final BW between ME and HI cows. Cows fed HI level produced 7.0 kg/d more milk than cows fed ME levels and 15.3 kg/d more ( $P<0.05$ ) than cows fed LO diets; they also were 10.0 % more efficient in the conversion of feed into milk than cows fed ME levels, and 21.0 % more than cows in LO diets. In conclusion, diets containing 1.77 a 2.10 Mcal de  $NE_L$  exhibited the most positive milk yield performance and cow's production at early lactation.

**KEY WORDS:** Energy, Milk yield, Body weight.

La energía de la dieta es la base del volumen de leche obtenido por lactancia. En los primeros días

The energy of the diet is the base of the volume of milk obtained by per lactation. In the first days

Recibido el 12 de febrero de 2010. Aceptado el 27 de septiembre de 2010.

<sup>a</sup> Departamento de Zootecnia. Posgrado en Innovación Ganadera. Universidad Autónoma Chapingo. Km. 38.5 Carretera México-Texcoco. 56230. Chapingo, México. tél: 01595 95 21621; fax 01595 95 21621. rlopezor@yahoo.com. Correspondencia al primer autor.

El presente documento es parte de la tesis de Maestría en Ciencias del segundo autor.

después del parto, la vaca alta productora, típicamente experimenta un periodo variable de balance negativo de energía (BNE), debido a la disminución del consumo de materia seca (CMS). La reducción en el consumo reduce la posibilidad del animal para cubrir sus requerimientos de energía y para poder sostener la producción de leche. Dicho BNE puede ser severo y prolongado, y dependiendo de esa variabilidad puede influir en la capacidad de consumo de los animales, reducir el rendimiento lechero, y la fertilidad de las hembras<sup>(1)</sup>.

El consumo de alimento reducido en la etapa inicial puede explicarse parcialmente por un cambio repentino de dietas con alto contenido de forrajes durante el periodo seco a dietas ricas en energía inmediatamente después del parto, acompañado por cambios fisiológicos y hormonales típicos de esas fases fisiológicas. De acuerdo con las sugerencias del NRC<sup>(2)</sup> una vaca fresca (hasta 21 días en lactancia) sólo puede consumir aproximadamente 18.5 kg de materia seca diariamente; lo que posiblemente no sea suficiente para cubrir la demanda de nutrientes requerido para producción de leche, y para cubrir el déficit el animal requiere de la movilización de reservas corporales con la consecuente pérdida de peso corporal

El NRC<sup>(2)</sup> sugiere que una vaca Holstein de 690 kg de peso vivo (PV) con una producción lechera de 25.0 kg requiere de 1.5 a 1.85 Mcal de  $EN_L$ /kg de MS para vacas al inicio de la lactancia; en dicha escala de energía, las deficiencias pueden retrasar el desarrollo de la glándula mamaria en vacas de primer parto y reducir la cantidad de leche obtenida en vacas adultas. Por el contrario, la adición de dietas concentradas en energía requiere una mayor cantidad de carbohidratos fácilmente fermentables, que no sólo son más costosas, sino que también tienen efectos nocivos en la fermentación ruminal y el consumo de alimento. Sin embargo, hay varias razones para indicar que el suministro de dietas altas en energía puede ser benéfico para las vacas<sup>(3,4)</sup>. Por ejemplo, el incremento en energía con carbohidratos fácilmente fermentables permite que los microbios del rumen se adapten más pronto a las dietas con altos contenidos de granos, lo que reduce el tiempo de

after calving, the high-yielding dairy cow generally experiences a variable period of negative energy balance (NEB), due to the decrease of dry matter intake (DMI). The drop in DMI reduces the possibility of the cow to complete its energy requirements and to sustain the milk production. This NEB can be severe and long and depending on this variability influences the consumption capacity of the animals, reduces the milk yield, and the fertility on the female<sup>(1)</sup>.

The reduced dry matter intake at early lactation can be explained by a sudden change from diets with high content of forages during the dry period towards diets rich in energy immediately after the calving; this fact is accompanied by physiologic and endocrine changes typical of those phases. In accordance with the suggestions of the NRC<sup>(2)</sup> a fresh cow (up to 21 d in lactation) can only consume approximately 18.5 kg of dry matter daily; what is possibly not enough to cover the demand of nutrients required for milk production, and to cover the deficit, the animal requires of the mobilization of fat reserves with the consequent loss of body weight.

The NRC<sup>(2)</sup> suggests that a Holstein cow of 690 kg of body weight (BW) with a milk production of 25.0 kg it requires between 1.5 and 1.85 Mcal of  $EN_L$  kg<sup>-1</sup> of DM for cows at the beginning of lactation; in this energy scale, the deficiencies can delay the development of the mammary gland in cows at-first-calving and can reduce the quantity of milk obtained in mature cows. On the other hand, the addition of energy concentrated diets requires a bigger quantity of easily fermentable carbohydrates that are not only more expensive, but rather they also have noxious effects in the ruminal fermentation and the food consumption. However, there are several reasons to indicate that the supply of high energy diets can be benefic for the cows<sup>(3,4)</sup>. For example, the increment in energy with easily fermentable carbohydrates allows that the microbes of the rumen adapt sooner to the diets with high contents of grains, which reduces the time of NEB and the corporal recovery of the animal. Also, the diets with high content of grain promote patterns of ruminal fermentation that improve the nutrients absorption<sup>(3,4)</sup>; and their metabolism for reducing

BNE y la recuperación corporal del animal. Además, las dietas con mucho grano promueven patrones de fermentación ruminal que mejoran la absorción de nutrientes<sup>(3,4)</sup>; y el metabolismo de los mismos para reducir los trastornos metabólicos típicos del periodo parturiente, proveer de nutrientes extras que generan metabolitos y hormonas relacionadas con la síntesis de leche y la actividad reproductiva de los animales<sup>(1,4)</sup>.

Con base en lo anterior, el objetivo fue determinar el nivel óptimo de energía neta ( $EN_L$ ) en los cambios de peso vivo, el consumo de materia seca, y la producción de leche de vacas Holstein al inicio de la lactancia en estabulación.

El estudio se realizó en el establo lechero "18 de Julio" propiedad de la Universidad Autónoma Chapingo, ubicado en el municipio de Tlahualilo, Durango. El sitio se ubica a 25°54'07" N y 103°35'09" O. La altitud es 1,137 m con clima desértico. La temperatura media anual es de 21.1 °C con una precipitación pluvial de 239 mm anuales, distribuyéndose principalmente de julio a septiembre<sup>(5)</sup>.

Los animales usados estaban gestantes, de 28 días antes del parto, saludables y con condición corporal de 3.0 (escala 1=muy delgada y 5=muy gorda). El grupo experimental consistió de 30 animales, 10 por tratamiento, de más de dos lactancias con un peso corporal promedio de  $708.8 \pm 26$  kg. Posterior al parto, los animales se alimentaron individualmente con uno de tres tratamientos con diferentes concentraciones de energía neta de lactancia ( $EN_L$ ). Los tratamientos fueron denominados bajo (BA), medio (ME) y alto (AL) y sus valores fueron 1.46, 1.77, y 2.10 Mcal  $EN_L$  /kg de MS, respectivamente (Cuadro 1). Las dietas fueron diseñadas de acuerdo a las recomendaciones del NRC<sup>(2)</sup> para animales lactantes. El alimento fue suministrado en tres diferentes tiempos durante el día: 0500, 1300 y 2100. Los vacas se entrenaron para obtener el alimento en comederos individuales del tipo Calan Door™; dichos comederos consisten de una caja de aproximadamente 36.0 kg donde se deposita el alimento. También poseen una puerta para permitir el acceso del animal, que es exclusivo

the typical metabolic dysfunctions of the parturition period. In addition, such fact provides extra nutrients that generate metabolites and hormones related with the synthesis of milk and the reproductive activity of the animals<sup>(1,4)</sup>.

Based on this, the objective of this study was to determine the optimum net energy ( $EN_L$ ) level on body weight changes, the dry matter intake consumption, and the milk production of Holstein-Friesian cows at early lactation in confined conditions.

The study was conducted at "18 de Julio" dairy farm property of the Universidad Autónoma Chapingo, located in the municipality of Tlahualilo, Durango. The place is located at 25°54'07" N and 103°35'09" O. The altitude is 1,137 m with desert climate. The average annual temperature is 21.1 °C with an annual pluvial precipitation of 239 mm, being distributed mainly from July to September<sup>(5)</sup>.

The used animals were gestating, of 28 d before parturition, healthy and with body condition score (BCS) of 3.0 (scale 1=very thin and 5=very fat). The experimental group did consist of 30 animals, 10 for treatment, of more than two lactations with an average body weight of  $708.8 \pm 26$  kg. After parturition, the animals were individually fed with one of three treatments with different concentrations of net energy of lactation ( $EN_L$ ). The treatments were denominated low (LO), medium (ME) and high (HI) and their values were 1.46, 1.77, and 2.10 Mcal  $EN_L$  /kg of DM, respectively (Table 1). The diets were designed according to the recommendations of the NRC<sup>(2)</sup> for lactating animals. Cows were fed in three different times during the day: 0500, 1300 and 2100. Cows were trained to obtain the food in individual troughs type Calan Door™; these troughs consist of a box of approximately 36.0 kg where the food is deposited. They also have a door to allow the access of the animal. The access is exclusive for each cow, because they include an electronic sensor that coincides with the combination of the door. Once the animal retires the door closes automatically and it will only open up when the same animal

para cada vaca, debido a que poseen un semiconductor electrónico que coincide con la combinación de la puerta. Una vez que el animal se retira, la puerta se cierra automáticamente y sólo se abrirá cuando el mismo animal intente comer nuevamente. Para facilitar el manejo, las vacas se identificaron con aretes de colores diferentes y con números progresivos del 1 al 30. Las dietas experimentales se suministraron durante 105 días de lactancia.

Como se indicó, los animales fueron distribuidos al azar dentro de los tratamientos. Al inicio de cada día, las vacas seleccionaban un comedero, y en función del número de la vaca y del tratamiento, se le suministró la cantidad de alimento correspondiente. El alimento ofrecido fue previamente pesado y se registró la cantidad ofrecida; posteriormente la proporción no consumida se pesó y se registró. Al final del día, se contabilizaron las porciones no consumidas y por diferencia con el ofrecido se determinó el consumo individual. Los cambios de PV se registraron por semana, mientras que el ordeño fue diario con un intervalo de 12 h entre uno y otro. La rutina de ordeña se desarrolló en una sala doble-16 en espina de pescado (Alpha Laval™, St. Louis, MO), además, incluyó el lavado y el secado de las ubres con desinfectantes, pre-sellado, despuntado, ordeño y sellado. El procedimiento de ordeño fue similar durante los 105 días de lactancia. La salud de los animales fue monitoreada durante la fase experimental y no se observaron daños aparentes por enfermedad.

La eficiencia lechera se determinó considerando el consumo de alimento y la cantidad de leche producida por día. El consumo de  $EN_L$  se determinó multiplicando el CMS por el contenido de energía de la dieta calculado por NRC<sup>(2)</sup>.

De cada vaca se obtuvo una muestra compuesta semanal de alimento consumido y del no consumido. De ambas muestras se determinó el contenido de MS y la calidad de los alimentos durante el periodo experimental. Después de la colección, las muestras de alimento fueron almacenadas a -20 °C, se pesaron y secaron a 55-60 °C en una estufa de aire

tries to eat again. To facilitate the handling, the cows were identified with earrings of different colors and with progressive numbers from 1 to the 30. The experimental diets were offered 105 d of lactation.

As indicated, the animals were stratified per lactation number and randomized distributed within the treatments. At the beginning of every day, the cows selected a trough, and the quantity of corresponding food is given in function of the number of the cow and of the treatment. The offered feed was previously weighed and recorded. At the end of the day, we collected the orts and recorded; then we calculated the difference between feed offered and orts and the results was taken as the amount of feed consumed by animal. Body weight changes were registered per week, while the milking was twice daily with an interval of 12 h between them. The routine of milking was developed in a double-16 room in herringbone milking parlor (Alpha Laval™, St. Louis, MO), also, it included washing and drying of udders with disinfectant, pre-sealed, blunted, milking and seal. The milking procedure was similar during the 105 d of lactation. The health of the animals was controlled during the experimental phase and apparent damages by illness were not observed.

Milk yield efficiency was determined considering the feed intake and the quantity of milk yielded per day. The consumption of  $EN_L$  was determined by multiplying DMI times the content of energy of the diet calculated by NRC<sup>(2)</sup>.

Feed and orts were sampled every week per each cow. Both samples were used to determine nutrient intake and quality of feed consumed during the experimental period. After collection, samples were stored at -20 °C. Subsequently samples were dried at 55 to 65 °C in a forced-air oven for 48 h in order to determine dry matter. Later, samples were ground in a Wiley mill (A. H. Thomas, Philadelphia, PA). Percent of dry matter (DM) was determined using a 100 °C oven during 24 h<sup>(6)</sup>, and later, samples were ashed in a muffle furnace at 500 °C to determine organic matter (OM) and ash. Neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber

forzado por 48 h para determinar la materia seca de campo parcial. Posteriormente, las muestras de alimento se molieron utilizando un molino Willey (A. H. Thomas, Philadelphia, PA). La materia seca total se determinó usando una estufa a 100 °C durante 24 h<sup>(6)</sup>. Posteriormente, las muestras se incineraron en mufla a 500 °C para determinar el contenido de materia orgánica (MO) y cenizas. El contenido de FDN y FDA se determinó usando el método de Goering y Van Soest<sup>(7)</sup>. Adicionalmente, las muestras se analizaron para determinar el contenido de PC (%) usando el método Kjeldahl<sup>(6)</sup>.

(ADF) were determined using the method of Goering and Van Soest<sup>(7)</sup>. Additionally, samples were analyzed for crude protein (CP) using the Kjeldahl method<sup>(6)</sup>.

Ingredients, the chemical composition and nutritive values of the used experimental diets are shown in Table 1. The contents of MO, PC, FDN, FDA and ashes were determined in laboratory according to the procedures previously described; while the contents of EN<sub>L</sub> and minerals of the diets were obtained of the standards of NRC<sup>(2)</sup>.

Cuadro 1. Ingredientes, composición química y valor nutritivo estimado de las dietas experimentales utilizadas en las primeras 15 semanas de lactancia de vacas Holstein-Friesian en estabulación

Table 1. Ingredients, chemical composition and estimated nutritive value of experimental diets used on the first 15 wk of lactation of Holstein-Friesian cows in confined conditions

Ingredients <sup>1</sup>	Low (LO) 1.46 Mcal of EN <sub>L</sub> <sup>2</sup>	Medium (ME) 1.77 Mcal of EN <sub>L</sub>	High (HI) 2.10 Mcal of EN <sub>L</sub>
Alfalfa hay midbloom	—	11.00	13.80
Oat hay, heated	45.24	27.52	19.10
Soybean hulls	12.80	4.00	1.00
Corn grain dry-rolled	11.0	9.30	9.90
Sorghum grain dry-rolled	11.0	9.30	9.90
Soybean meal. Solv. 44% CP	9.74	18.00	16.90
Cottonseed meal Sol. 41% CP	—	—	11.30
Wheat bran	4.00	8.50	—
Fish meal, Menhaden	2.22	1.65	2.00
Vegetable oil	—	—	4.80
Molasses sugarcane	3.00	7.50	4.81
Megalac <sup>3</sup>	—	2.23	5.49
Minerals premix	1.00	1.00	1.00
Chemical composition:			
Organic matter <sup>4</sup> , %	91.30	91.80	92.30
Crude protein <sup>4</sup> , %	17.90	18.50	19.00
ENL <sup>4</sup> , Mcal/kg	1.46	1.77	2.10
NDF <sup>4</sup> , %	48.90	30.10	26.70
ADF <sup>4</sup> , %	31.20	19.40	18.20
Calcium <sup>4</sup> , %	0.50	0.80	1.20
Phosphorus <sup>4</sup> , %	0.40	0.40	0.40

<sup>1</sup> Quantities and proportions expressed in dry matter.

<sup>2</sup> Net energy of lactation, Mcal kg<sup>-1</sup> of feed.

<sup>3</sup> Megalac: Calcium soaps of fatty acids (*Church and Dwight, Inc.*).

<sup>4</sup> Determined in laboratory.

Los ingredientes, la composición química y el valor nutritivo de las dietas experimentales utilizadas se muestran en la Cuadro 1. Los contenidos de MO, PC, fibra detergente neutro FDN, fibra detergente ácido FDA y cenizas fueron determinados en laboratorio de acuerdo a los procedimientos descritos anteriormente; mientras que los contenidos de EN<sub>L</sub> y minerales de las dietas fueron obtenidos de los estándares del NRC<sup>(2)</sup>.

Los datos fueron analizados con los procedimientos de SAS<sup>(8)</sup>. El CMS se determinó diariamente para cada animal, mientras que el PV se registró semanalmente durante el periodo experimental. El PV inicial y el incremento en peso semanal fueron usados para estimar los cambios de peso. Los consumos MS y EN<sub>L</sub>, los cambios de PV, PL y la eficiencia para PL se analizaron utilizando el procedimiento MIXED de SAS en un diseño completamente al azar con medidas repetidas<sup>(8)</sup>. El modelo incluyó el efecto de tratamiento, semana y la interacción tratamiento x semana, con vaca anidada dentro de tratamiento como el término repetido. El modelo final es como se indica, después de remover las covariables y las interacciones dobles y triples fueron no significativas ( $P > 0.05$ ):

$$Y_{ijkl} = \mu + \text{TRAT}_i + \text{SEMANA}_j + \text{TRAT*SEMANA}_{ij} + e_{ijkl}$$

Donde  $Y_{ijkl}$  es una observación de la variable respuesta;  $\mu$  es la media general;  $\text{TRAT}_i$  es el efecto fijo del  $i$ -ésimo tratamiento ( $i = 1, 2, \text{ y } 3$ );  $\text{SEMANA}_j$  es el efecto fijo de la  $j$ -ésima semana de experimentación ( $j = 1, 2, \dots, 15$ );  $\text{TRAT*SEMANA}_{ij}$  es el efecto fijo de la interacción tratamiento x semana y  $e_{ijkl}$  es el error aleatorio.

El mismo modelo se utilizó para analizar los contenidos de PC, FDA, FDN y MS de los alimentos. Cuando hubo efecto de tratamiento, semana o la interacción tratamiento x semana ( $P < 0.05$ ) las medias fueron separadas usando comparaciones ortogonales de las medias de mínimos cuadrados de PDIFF de SAS.

La estructura de covarianza más apropiada fue elegida usando los criterios de Akaike y los criterios

Data analyses were conducted using the procedures of SAS<sup>(8)</sup>. Dry matter intake was determined daily for each cow throughout the experiment. Initial BW and the increase in weekly BW were used to estimate the changes of BW. Dry matter intake, net energy intake, BW gain, milk yield and milk yield efficiency, was analyzed using PROC MIXED in completely randomized design for repeated measures<sup>(8)</sup>. The model included treatment, week and treatment x week, with cow within treatment used as the repeated term.

The final model is as indicated, after removing the covariables and the double and triple interactions were not significant ( $P > 0.05$ ):

$$Y_{ijkl} = \mu + \text{TRAT}_i + \text{WEEK}_j + \text{TRAT*WEEK}_{ij} + e_{ijkl}$$

Where  $Y_{ijkl}$  is an observation of the response variable;  $\mu$  is the general mean;  $\text{TRAT}_i$  is the fixed effect of the  $i$ -th treatment ( $i = 1, 2, \text{ and } 3$ );  $\text{WEEK}_j$  is the fixed effect of the  $j$ -th week of experimental period ( $j = 1, 2, \dots, 15$ );  $\text{TRAT*WEEK}_{ij}$  is the fixed effect of the interaction treatment per week, and  $e_{ijkl}$  is the random error.

The same model was used to analyze the contents of PC, FDA, FDN and DM of feeds. When there was effect of treatment, week or the interaction treatment per week ( $P < 0.05$ ), means were separated with the use of orthogonal comparisons of the mean of minimum square of PDIFF of SAS. The most appropriate covariance structure of the data was selected for each analyses using Akaike's Criterion and Swarz' Bayesian Criterion<sup>(9)</sup>. For example, the structure of covariance autoregressive of first order was the most appropriate for DMI, while the compound symmetry was the most appropriate for the final BW, changes of BW, NE<sub>L</sub> intake, milk yield and the efficiency of milk yield. Compound symmetry covariance structure was the most appropriate for PC, FDN, FDA, and DM.

#### *Net energy of lactation and dry matter intake*

Table 2 shows the DMI, EN<sub>L</sub> intake, initial and final BW, milk yield and milk yield efficiency

Cuadro 2. Consumo de materia seca, cambios de peso corporal, producción y eficiencia lechera de vacas Holstein-Friesian que se alimentaron con niveles diferentes de energía durante las primeras 15 semanas de lactancia en estabulación

Table 2. Dry matter intake (DMI), body weight changes, milk yield and efficiency of Holstein-Friesian cows fed with different levels of net energy of lactation ( $NE_L$ ) during the first 15 wk of lactation in confined conditions

Item	Low (LO) 1.46 Mcal of $NE_L$	Medium (ME) 1.77 Mcal of $NE_L$	High (HI) 2.10 Mcal of $NE_L$	SEM
Dry matter intake, kg	13.80 <sup>c</sup>	17.10 <sup>b</sup>	18.40 <sup>a</sup>	0.2
DMI/100 kg of BW, %	2.41 <sup>c</sup>	2.75 <sup>b</sup>	2.95 <sup>a</sup>	0.2
DMI/kg of $BW^{0.75}$	8.47 <sup>c</sup>	7.28 <sup>b</sup>	6.78 <sup>a</sup>	0.2
Net energy of lactation intake, Mcal/day	19.66 <sup>c</sup>	29.54 <sup>b</sup>	37.83 <sup>a</sup>	0.4
Initial body weight, kg	645.30	670.70	659.80	20.2
Final body weight, kg	571.76 <sup>b</sup>	621.58 <sup>a</sup>	623.47 <sup>a</sup>	5.0
Final body weight <sup>0.75</sup> , kg	116.93 <sup>b</sup>	124.49 <sup>a</sup>	124.77 <sup>a</sup>	1.3
Body weight changes, kg d <sup>-1</sup>	- 0.70 <sup>b</sup>	- 0.47 <sup>a</sup>	- 0.35 <sup>a</sup>	0.1
Milk production, kg d <sup>-1</sup>	19.00 <sup>c</sup>	27.70 <sup>b</sup>	34.30 <sup>a</sup>	0.5
Milk yield efficiency (kg of milk/ kg of MS), %	1.50 <sup>c</sup>	1.70 <sup>b</sup>	1.90 <sup>a</sup>	0.0

SEM= standard error of means.

abc Within a row, means without a letter in common are different ( $P < 0.05$ ).

bayesianos de Swartz<sup>(9)</sup>. Por ejemplo, la estructura de covarianza autorregresiva de primer orden fue la más apropiada para el consumo de MS, mientras que la de simetría compuesta fue la más apropiada para el PV final, los cambios de peso PV, el consumo de  $EN_L$ , PL y la eficiencia de producción de leche. La covarianza de simetría compuesta fue la más apropiada para PC, FDN, FDA, y MS.

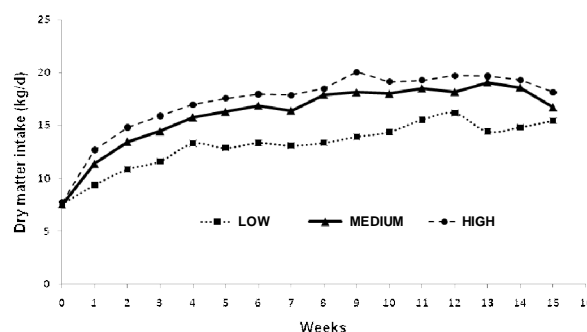
#### Consumo de materia seca y $EN_L$

En el Cuadro 2 se muestran los consumos de materia seca,  $EN_L$ , los PV inicial y final, la producción y eficiencia lechera observados durante los primeros 105 días de lactancia. En dicho periodo, el efecto de los tratamientos influyó ( $P < 0.05$ ) en el CMS y el consumo de MS por 100 kg de PV. Las vacas de los tratamientos AL y ME consumieron 35 y 19.3 % más alimento que las del BA. Paralelamente, las variaciones en el CMS fueron debidas a los efectos de la semana de lactancia (Figura 1;  $P < 0.05$ ). Análogamente, las vacas de los niveles AL y ME consumieron 48 y 33 % más (Figura 2,  $P < 0.05$ ) energía neta de lactancia que las del BA, respectivamente.

observed during the first 105 d of lactation. In this period, the effect of the treatments influenced ( $P < 0.05$ ) DMI and the DMI per 100 kg of BW. Cows fed high (HI) and medium (ME) consumed 35.0 and 19.3 % more feed than those in low (LO)

Figura 1. Consumo de materia seca (kg/día) de vacas Holstein con niveles diferentes de energía durante los primeras 15 semanas de lactancia en estabulación

Figure 1. Dry matter intake (kg d<sup>-1</sup>) of Holstein cows with different levels of energy during the first 15 wk of lactation in confined conditions



The feeding levels: Low, Medium and High consist of 1.46, 1.77 and 2.10 Mcal of  $EN_L$ /kg of feed.

### Cambios de peso corporal

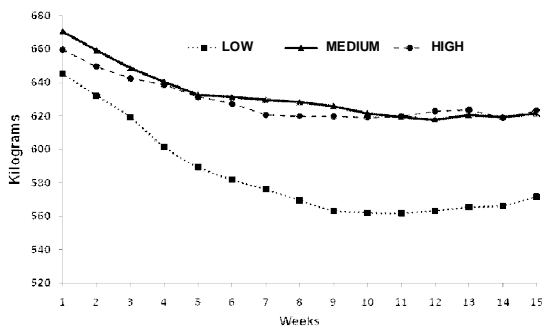
Los pesos corporales iniciales no fueron diferentes. En contraste, los pesos corporales finales fueron diferentes (Figura 3,  $P < 0.05$ ). Las vacas de los niveles BA perdieron más PV que las del ME y AL (73.5, 49.4 y 36.8 kg, respectivamente). No se detectaron diferencias en PV final entre los tratamientos ME y AL. En el mismo sentido, los cambios de PV por días fueron más grandes para el grupo BA comparados con ME y AL (-0.70 vs -0.35 y -0.47 kg, respectivamente), y no se observaron diferencias entre los últimos grupos (-0.47 vs 0.35 kg).

### Producción y eficiencia lechera

La producción y la eficiencia lechera de los niveles de alimentación se presentan en el Cuadro 2. Al inicio de la lactancia, la producción y la eficiencia lechera fueron diferentes entre tratamientos ( $P < 0.05$ ; Figura 4); el efecto de los tratamientos en la PL fue demostrado por una interacción tratamiento x semana. Los animales del nivel AL producen 7.0 kg más que el ME y 15.3 kg más que el BA durante las 15 semanas de lactancia (Cuadro 2). Análogamente, las vacas que consumen el nivel AL alcanzaron el pico de producción

Figura 3. Cambios de peso corporal (kg) de vacas Holstein con niveles diferentes de energía durante los primeras 15 semanas de lactancia en estabulación

Figure 3. Body weight changes (kg) of Holstein with different levels of energy during the first 15 wk of lactation in confined conditions

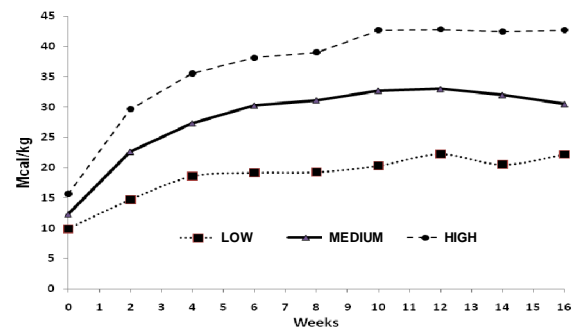


The feeding levels: Low, Medium and High consist of 1.46, 1.77 and 2.10 Mcal of EN<sub>L</sub>/kg of feed, respectively.

level. In parallel, variations in DMI were due to the effects of the week of lactation (Figure 1;  $P < 0.05$ ). Similarly, cows fed HI and ME treatments consumed 48.0 and 33.0 % more (Figures 2,  $P < 0.05$ ) net energy of lactation than those in LO, respectively.

Figura 2. Consumo de energía neta de lactancia (EN<sub>L</sub>, Mcal/kg) de vacas Holstein con niveles diferentes de energía durante los primeras 15 semanas de lactancia en estabulación

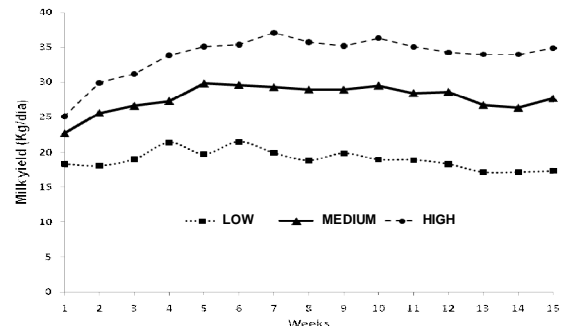
Figure 2. Consumption of net energy of lactation (EN<sub>L</sub>, Mcal/kg) of Holstein with different levels of energy during the first 15 wk of lactation in confined conditions



The feeding levels: Low, Medium and High consist of 1.46, 1.77 and 2.10 Mcal of EN<sub>L</sub>/kg of feed, respectively.

Figura 4. Producción de leche (kg/día) de vacas Holstein con niveles diferentes de energía durante los primeras 15 semanas de lactancia en estabulación

Figure 4. Milk yield (kg d<sup>-1</sup>) of Holstein with different levels of energy during the first 15 wk of lactation in confined conditions



The feeding levels: Low, Medium and High consist of 1.46, 1.77 and 2.10 Mcal of EN<sub>L</sub>/kg of feed, respectively.



máxima (37.0 kg/día) a la semana siete, las del ME (29.00 kg/día) a la quinta; y las del nivel BA (21.50 kg/día) a las seis de la lactancia. Dichas diferencias iniciales se mantuvieron durante las primeras 15 semanas de lactancia.

La eficiencia de conversión de alimento a leche (kg de leche/kg de alimento) mostró un comportamiento similar a la PL. Las vacas que recibieron las dietas con contenido AL de energía fueron más eficientes ( $P < 0.05$ ; Figura 5); en la transformación del alimento a leche comparativamente con los niveles ME y BA, respectivamente.

La concentración de  $EN_L$  de 1.46 a 2.10 Mcal/kg contenida en las dietas influyó el CMS de las vacas al inicio de la lactancia; los animales del nivel AL de energía consumen 25.0 y 7.0 % más MS que de los niveles BA y ME ( $P < 0.05$ ), respectivamente. En forma paralela, el consumo de energía fue 48 y 22 % más alto para las vacas del nivel AL comparado con los niveles BA y ME, respectivamente; el incremento en el CMS y de energía en los dos últimos niveles puede explicarse por el consumo de alimento más alto observado en ambos niveles. Rabelo *et al*<sup>(10)</sup> observaron que las vacas en el nivel alto de energía (1.65 Mcal de  $EN_L$ ) consumen 5.1 y 6.0 % más alimento y energía, respectivamente, que las vacas del nivel bajo (1.57 Mcal). Los autores revelaron que las diferencias fueron debidas a la calidad de las dietas; la dieta alta es menos fibrosa y más digestible, y viaja más rápido a través del tracto gastrointestinal. Los resultados del presente estudio coinciden con los observados por Mashek y Beede<sup>(11)</sup>, McNamara *et al*<sup>(12)</sup> quienes indicaron que el suministro de cantidades grandes de energía postparto reduce la pérdida de PV, incrementa los consumos de MS y energía, y mejora la PL en las primeras semanas de lactancia. Sin embargo, en el presente estudio el consumo de MS observado en el grupo de alimentación BA fue inferior al observado en otros estudios<sup>(13,14)</sup>, y se asoció con mayores pérdidas de PV, y como consecuencia la pérdida de peso fue mayor. El hecho anterior, también sugiere que las vacas que consumen el nivel BA movilizan más reservas corporales para mantener el balance de energía y que dicho cambio fisiológico les permite

### Changes of body weight

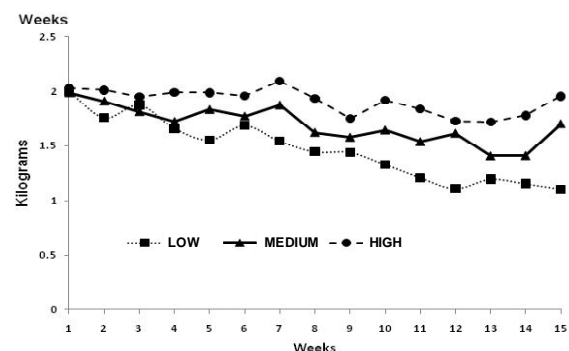
Initial BW was not different. On the contrary, final BW were different (Figure 3,  $P < 0.05$ ). Cows in LO treatment lost more BW than those in ME and HI (73.5 vs 49.4 and 36.8 kg, respectively). No differences were observed in final BW among ME and HI treatments. In the same sense, BW changes per day were higher for the group LO in comparison with ME and HI (-0.70 vs -0.35 and -0.47 kg, respectively), in addition, no differences were observed among ME and HI groups (-0.47 vs -0.35 kg).

### Milk yield and milk yield efficiency

Milk yield and milk yield efficiency from different feeding levels are shown in Table 2. During early lactation, both milk yield and milk yield efficiency were different among treatments ( $P < 0.05$ ; Figure 4); such effect of the treatments on MY was demonstrated by an interaction treatment per week. Animals fed HI diets did produce 7.0 kg more than ME and 15.3 kg more than LO during the 15 wk of lactation (Table 2). Similarly, the cows fed HI reached the peak of maximum production (37.0 kg d<sup>-1</sup>) at week 7, those of the ME (29.00 kg d<sup>-1</sup>) to the fifth week; and those of the LO level (21.50

Figura 5. Eficiencia lechera (kg de leche/kg de alimento/día) de vacas Holstein con niveles diferentes de energía durante los primeras 15 semanas de lactancia en estabulación

Figure 5. Milk yield efficiency (kg of milk/kg of feed per day) of Holstein with different levels of energy during the first 15 wk of lactation in confined conditions



The feeding levels: Low, Medium and High consist of 1.46, 1.77 and 2.10 Mcal of  $EN_L$ /kg of feed, respectively.

responder a las necesidades de la glándula mamaria y otros eventos relacionados con el inicio de la lactancia.

En el presente estudio, también la concentración de carbohidratos fácilmente fermentables explican las diferencias en CMS; la concentración de FDN fue de 48.90, 30.10 y 26.70 % para los niveles BA, ME y AL, respectivamente (Cuadro 1). Rabelo *et al.*<sup>(10)</sup> observaron que en los primeros 70 días de lactancia, las vacas que consumieron una dieta alta en energía (1.70 Mcal de  $EN_L$ ; con 32 % de FDN) mostraron incrementos de 19.8 y 21.5 % en el CMS y  $EN_L$  comparado con los animales alimentados con una dieta baja (1.58 Mcal de  $EN_L$ ; con 40 % de FDN); el mayor consumo de la dieta alta en energía se explicó por un incremento en la población microbiana y el desarrollo de papilas ruminales, lo que permitió una fermentación más rápida de carbohidratos. Sin embargo, el incremento excesivo de las concentraciones de FDN puede resultar en efectos negativos en el CMS por un efecto de relleno del estómago<sup>(4)</sup>. La sugerencia del NRC<sup>(1)</sup> indica que niveles de FDN superiores al 42.5 % son excesivos; sin embargo, en el presente estudio, los animales del nivel BA consumieron una dieta con 48.9 % de FDN, sin efectos nocivos aparentes.

Las vacas del nivel AL alcanzaron el consumo máximo ( $20.6 \pm 0.69$  kg de MS) alrededor de la semana 9; las del ME ( $19.23 \pm 0.70$ ) en la semana 13; y las del nivel BA ( $16.32 \pm 0.40$ ) en la semana 12 postparto. Los resultados del presente estudio coinciden con los observados por McNamara *et al.*<sup>(12)</sup> quienes indicaron que el suministro de cantidades grandes de energía postparto permiten reducir el tiempo para alcanzar el pico de consumo en dos o tres semanas y también reducen significativamente la pérdida de PV en las primeras semanas de lactancia; debido a que el periodo del BNE tiende a acortarse.

Los cambios dramáticos en el PV son comunes en vacas Holstein al inicio de la lactancia. En el presente estudio, las vacas de los niveles AL y ME perdieron ( $P < 0.05$ ) menos peso, 36.30 y 49.10 kg de PV comparados con las del BA que fue 73.50

kg  $d^{-1}$ ) at the sixth week of lactation. These initial differences were kept during the first 15 wk of lactation.

Milk yield efficiency (milk yield, kg / feed, kg) showed a similar performance like MY. Cows fed diets with HI energy level were more efficient ( $P < 0.05$ ; Figure 5) in the transformation of the feed to milk in comparison with ME and LO levels, respectively.

Net energy of lactation content of 1.46 to 2.10 Mcal  $kg^{-1}$  diets influenced the DMI from cows at early lactation; animals fed with HI energy consumed 25.0 and 7.0 % more DM than those in LO and ME levels ( $P < 0.05$ ), respectively. In parallel, the intake of energy was 48.0 and 22.0 % higher for cows in HI than those in LO and ME levels, respectively; increased of both DMI and energy intake in the last two levels can be explained by higher DMI in both levels. Rabelo *et al.*<sup>(10)</sup> observed that the cows in the high level of energy (1.65 Mcal of  $EN_L$ ) consumed 5.1 and 6.0 % more feed and energy, respectively, than the cows of the low level (1.57 Mcal). The authors revealed that the differences were due to the quality of the diets; the high diet is less fibrous and more digestible, and it travels quicker through the gastrointestinal tract. The results of the present study coincide with those observed by Mashek and Beede<sup>(11)</sup>, and McNamara *et al.*<sup>(12)</sup> who indicated that the supply of high quantities of energy postpartum reduces the loss of BW, and also increases DMI and energy, as a consequence, improved MY in the first weeks of lactation. However, in the present study, cows fed LO diets showed a lower DMI than those reported in other studies with animals of same conditions<sup>(13,14)</sup>, and it was associated with higher losses of BW; and as consequence the lost of BW was higher. This fact, also suggests that cows fed LO diets mobilized more corporal fat reserve in order to maintain to the energy balance and that such physiologic change allows them to respond to the needs of the mammary gland and other events related with the beginning of the lactation.

In this study, the concentration of highly fermentable carbohydrates also explains the differences in DMI;

kg (Cuadro 2; Figura 3) durante el periodo de experimentación. El mismo comportamiento se observó en los cambios de pesos corporales diarios; dichos resultados se explican por la mayor concentración de EN<sub>L</sub> en las dietas. Los niveles AL y ME tienen dietas más ricas en carbohidratos digestibles, como se puede comprobar en el contenido de nutrientes que proporcionan una mayor cantidad de nutrientes para síntesis de leche. Dichas dietas también proporcionan nutrimentos para la síntesis de hormonas y metabolitos que tienen relaciones directas con la bajada de la leche y el confort de los animales, evitando la movilización de reservas corporales y consecuentemente, la pérdida del PV y condición corporal<sup>(15)</sup>.

Los niveles AL y ME presentaron comportamientos similares en PV final y los cambios de PV diarios; esto puede deberse al nivel de energía de 1.77 Mcal que proporcionó los nutrimentos suficientes para mantener una PL de leche aproximada de 27.0 kg por vaca por día; mientras que el AL tuvo una producción superior a 34.0 kg con movilización de reservas similar al ME. La diferencia en la concentración de energía del ME al AL fue 0.30 Mcal aproximadamente; esto sugiere que la diferencia en energía a favor de nivel AL se utilizó en mayor proporción para formación de leche y en menor proporción en el mantenimiento de las reservas corporales. Como se observa en el Cuadro 2, las vacas en los grupos ME y AL presentaron tamaños corporales similares (124.49 vs 124.77 kg de PV<sup>0.75</sup>, respectivamente) en términos metabólicos; lo que sugiere el efecto de la diferencia en energía. Sin embargo, debido al número de unidades experimentales usadas en el estudio y debido a las variables consideradas en el mismo, se requiere estudios más detallados para poder aseverar dicha hipótesis.

La adición de energía extra a las dietas de vacas en lactancia resulta en respuestas positivas en PL. En el presente estudio, la PL de las vacas del nivel AL fue 15.3 kg/día, más alta que las del BA y 7.3 kg/día más que las del ME. Las diferencias en PL se explicaron por dos razones; una mejor utilización del alimento debido a la energía contenida en las dietas ME y AL; y por una menor concentración

the concentration of NDF was of 48.90, 30.10 and 26.70 % for LO, ME and HI diets, respectively (Table 1). Rabelo *et al*<sup>(10)</sup> observed that in the first 70 d of lactation, the cows that consumed a high energy diet (1.70 Mcal of EN<sub>L</sub>; with 32 % of NDF) showed increases of 19.8 and 21.5 % in the DMI and EN<sub>L</sub> intake compared with the animals fed low diet (1.58 Mcal of EN<sub>L</sub>; with 40 % of NDF); the higher consumption in the high energy diet was explained by an increase in the microbial population and the development of ruminal papilla's. This fact allowed a fast fermentation of carbohydrates. However, the excessive increment of the concentrations of NDF can result in negative effects in the DMI for having a stuffed effect on stomach<sup>(4)</sup>. The suggestion of the NRC<sup>(1)</sup> indicates that levels of NDF superior to 42.5 % are excessive; however, in this study, the animals of the LO diets consumed a diet with approximately 48.9 % of NDF, without apparent noxious effects.

Cows fed HI levels reached the maximum DMI (20.6 ± 0.69 kg) around the week nine; whereas those of the ME (19.23 ± 0.70) in the wk 13; and those of the LO level (16.32 ± 0.40) in the wk 12 postpartum. The results of the present study are in agreement with those observed by McNamara *et al*<sup>(12)</sup> who indicated that the supply of great amounts of energy postpartum allows to reduce the time to reach the DMI peak in two or three weeks; and they also reduce significantly the loss of BW in the first weeks of lactation; due that the period of the NEB tends to shorten.

The dramatic changes of BW are common in Holstein-Friesian cows at early lactation. In the present study, cows fed HI and ME levels lost ( $P < 0.05$ ) less BW, approximately 36.30 and 49.10 kg in comparison with those in LO level (73.50 kg; Table 2; Figure 3) during the experimental period. A similar performance was observed in average daily gain; these results are explained by the higher concentration in EN<sub>L</sub> in the diets. High and ME levels had higher amounts of digestible carbohydrates, as it can be proven in the content of nutrients (Table 1) that provide a higher quantity of nutrients for milk synthesis. These diets also provide nutrimentos for the synthesis of hormones and

de FDN (48.90, 30.10 y 26.70 % para BA, ME y AL, respectivamente); este hecho permite una mayor absorción intestinal y una mayor producción de metabolitos que forman parte esencial en numerosos cambios fisiológicos que ocurren al inicio de la lactancia<sup>(16,17)</sup>. Las dietas con mayor digestibilidad incrementan el reciclaje de la urea en el intestino, el flujo de proteína microbiana al intestino delgado, la síntesis de glucosa en hígado y el consumo de glucosa y aminoácidos por la glándula mamaria<sup>(17,18)</sup>. Este incremento en el suministro y consumo en la glándula mamaria posiblemente explique el incremento en la PL.

Wilkerson *et al.*<sup>(15)</sup> observaron incrementos de 2.0 y 2.2 kg/día de leche cuando las vacas se alimentan con dietas basadas en maíz y alfalfa; y cambiaron de 1.65 a 1.72 y de 1.63 a 1.84 Mcal de  $EN_L$ /día, respectivamente; las autores atribuyeron dichos efectos a la mayor disponibilidad de energía y carbohidratos con las dietas más concentradas. La respuesta en PL debida a la concentración de energía se observa no sólo en condiciones estabuladas sino también en pastoreo. Por ejemplo, en estabulación, Rabelo *et al.*<sup>(10)</sup> observaron que las vacas altas productoras que consumen dietas completas con 1.63 comparadas con las de 1.58 Mcal de  $EN_L$ /kg produjeron 1.0 kg más de leche en la primera parte de la lactancia y perdieron menos PV durante los primeros 21 días de lactancia; mientras que en condiciones de pastoreo, Pedernera *et al.*<sup>(19)</sup> observaron que las vacas que consumen 1.97 comparado con 1.87 Mcal de  $EN_L$ /kg de MS presentaron un balance negativo de energía menor (-3.85 vs -6.96 Mcal de  $EN_L$ ), produjeron más leche y perdieron menos PV en la primera parte de la lactancia.

Los resultados del presente estudio y los estudios de la literatura precedentes permiten confirmar la hipótesis que las vacas que consumen dietas ricas en energía consumen más alimento, producen más leche y pierden menos PV corporal al inicio de la lactancia, como resultado de la reducción en el tiempo y la magnitud del BNE<sup>(20-22)</sup>.

La eficiencia lechera es un indicador de la habilidad de las vacas para transformar el alimento en

metabolites that have direct relationships with the milk secretion and comfort of the animals. Such effect pretends to avoid the mobilization of body fat reserves, and as a consequence, the losses of BW and BCS<sup>(15)</sup>.

High and ME levels showed similar performance in final BW and averaged daily gain; this can be due at the level of energy of 1.77 Mcal that provided the enough nutrients to maintain an approximate milk yield of 27.0 kg cow<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>; while the HI had greater MY at 34.0 kg with similar mobilization of body fat than those cows in LO level. Furthermore, the difference in energy concentration between ME and HI was 0.30 Mcal approximately; this suggests that the difference in energy on behalf of HI level was used mainly to produce milk components and in a less proportion to maintain body fat reserves. As it is observed in the Table 2, cows fed HI and ME diets showed similar corporal sizes (124.49 vs 124.77 kg of BW<sup>0.75</sup>, respectively) in metabolic terms; it suggests that such effect is explained by the difference in energy. However, due to the number of experimental units and variables used in the study it is required detailed studies to be able to assert this hypothesis.

Added of extra energy to the diets of cows at early lactation results in positive responses in MY. In this study, cows fed HI level had 15.3 kg d<sup>-1</sup> higher MY than those in LO and 7.3 kg d<sup>-1</sup> more than those in ME level. This difference in MY was explained by two reasons; firstly, because of a better use of the energy contained in the ME and HI levels; and secondly, because of a smaller concentration of NDF (48.90, 30.10 and 26.70 % for LO, ME and HI, respectively). This fact allows a major intestinal absorption and metabolites production that are essential part in numerous physiologic changes that happen at the beginning of the lactation<sup>(16,17)</sup>. High digestibility diets tends to increase the recycle of the urea in the small intestine, the flow of microbial protein into small intestine, the synthesis of glucose in liver and the consumption of glucose and amino acids for the mammary gland<sup>(17,18)</sup>. Such increase in supplying and consumption in the mammary gland possibly explains the increment in MY.

leche<sup>(23)</sup>; también se puede usar como un estimador de la productividad del hato lechero. En el presente estudio, las vacas del nivel AL fueron 21 y 10 % más eficientes que las del BA y ME, respectivamente, en la conversión de alimento a leche en los primeros 105 días de lactancia; lo anterior puede deberse a mayor digestibilidad de las dietas y la mayor disponibilidad de nutrientes para síntesis de leche y como consecuencia un incremento en la eficiencia lechera.

Se ha mencionado<sup>(24)</sup> que vacas Holstein con producciones altas de leche y que consumen dietas con 40 ó 60 % de forraje (67.0 % de ensilado de maíz o 33.0 % de alfalfa) con la adición o no de 2.25 % de grasas saturadas tuvieron eficiencias de 1.88 a 1.97 en la primera fase de la lactancia. Los autores indicaron que la eficiencia de conversión del alimento a leche fue más alta debido a la movilización de energía de reservas corporales. Los incrementos en la eficiencia lechera cuando se incrementa la energía en las dietas también han sido observados por otros<sup>(19,21)</sup>.

En el presente estudio, también se observó que la eficiencia lechera respondió en forma similar a los niveles de energía; esto significa que las diferencia en aproximadamente 0.30 Mcal de energía respondió en 0.20 unidades de eficiencia. Sin embargo, la respuesta al incremento en energía depende de varios factores relacionados con el animal, la etapa de lactancia, las dietas y el ambiente. Por ejemplo, Vazquez-Añón *et al*<sup>(25)</sup> observaron que las vacas que consumen dietas con altos niveles de granos o grasa y que tienen 1.70 comparadas con las de 1.61 Mcal de EN<sub>L</sub> presentan la misma eficiencia alimenticia. Sin embargo, este estudio se realizó en los dos últimos tercios de la lactancia, mientras que el presente estudio sólo se enfocó al primer tercio. Los resultados apoyan la hipótesis de que el nivel óptimo de energía para vacas Holstein-Friesian en estabulación se encuentra entre 1.77 y 2.10 Mcal de EN<sub>L</sub>/kg de MS, en dietas con proporciones de 50:50 de forraje y concentrados.

En general, el principal objetivo del presente estudio fue determinar el nivel óptimo de energía en las dietas de vacas lecheras al inicio de la lactancia.

Wilkerson *et al*<sup>(15)</sup> observed increases of 2.0 and 2.2 kg d<sup>-1</sup> of milk when the cows were fed diets based on steam-flaked corn and alfalfa hay; and they changed the energy concentration from 1.65 to 1.72, and from 1.63 to 1.84 Mcal de EN<sub>L</sub> d<sup>-1</sup>, respectively; these authors attributed this effects to the highest availability of energy and carbohydrates with the more concentrated diets. Milk yield response because of major energy concentration supplied in diets is not only observed under confined conditions, but also in grazing conditions. For example, in confined conditions, Rabelo *et al*<sup>(10)</sup> observed that the highly-milking dairy cows that consume total mixed ration with 1.63 compared with 1.58 Mcal of EN<sub>L</sub> kg<sup>-1</sup> produced 1.0 kg more of milk in the first part of the lactation and lost less BW during the first 21 d of lactation; similarly, under grazing conditions, Pedernera *et al*<sup>(19)</sup> observed that the cows that consume 1.97 compared with 1.87 Mcal of EN<sub>L</sub> showed a less negative energy balance (-3.85 vs -6.96 Mcal of ENL), and they produced more milk and lost less BW at early lactation.

The results of the present study and the previous studies on literature allow to confirm the hypothesis that the cows fed diets with higher energy content consume more feed, produce more milk and lost less corporal BW at early lactation, as a result of the reduction in time and magnitude of the NEB<sup>(20-22)</sup>.

Milk yield efficiency is an indicator of the ability of the cows to transform the feed into milk<sup>(23)</sup>; also can be used as an estimate of the productivity of dairy farm. In this study, cows fed HI level were 21 and 10 % more efficient than those in LO and ME, respectively, in the conversion of feed to milk in the first 105 d of lactation; the afore-mentioned can be due to higher digestibility of diets and a major availability of nutrients for milk components synthesis and as consequence an increase in milk yield efficiency.

Weiss and Pinos-Rodriguez<sup>(24)</sup> observed that high-yielding Holstein-Friesian cows fed diets with 40 or 60 % forage (67.0 % corn silage or 33.0 % alfalfa hay) with the addition or not of 2.25 % of saturated fats had efficiencies from 1.88 to 1.97 in

Sin embargo, debido a las limitaciones propias del estudio, donde sólo se estudiaron algunas variables relacionadas con las dietas y los animales, sin considerar los efectos de la temperatura, precipitación ambiental y el manejo del establo; no resulta entonces fácil indicar el nivel óptimo, lo que limita el alcance de las conclusiones y reduce la trascendencia de las implicaciones del estudio. Sin embargo, las dietas del nivel BA tienen una mayor cantidad de forraje y son más fibrosas como las que usualmente se tienen en las lecherías familiares; mientras que las del AL contienen más de granos y se parecen más a las usadas en los establos tecnificados. La  $EN_L$  considerada en las dietas del nivel ME es similar a las observadas en publicaciones previas<sup>(10,20)</sup>. Sin embargo, hay pocos antecedentes de uso de las dietas con concentraciones bajas o altas como en los niveles BA y AL. A pesar de la magnitud de las diferencias en PL a favor de AL, no se observaron efectos negativos en la presentación del celo de las vacas y tampoco trastornos metabólicos en los animales (información no reportada debido al número reducido de unidades experimentales).

El nivel óptimo de  $EN_L$  fue de 1.77 a 2.10 Mcal por kilogramo de alimento para producciones superiores a los 27.0 kg de leche. Los incrementos en el nivel de energía mejoran el consumo de alimento y la producción de leche, reducen las pérdidas de pesos corporales y el periodo del balance de energía al inicio de la lactancia en animales en confinamiento.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Cooperativa Agropecuaria y Forestal Chapingo por el apoyo brindado al segundo autor en el desarrollo de la presente investigación.

## LITERATURA CITADA

1. Llegelein S, Fitzpatrick R, Kenny DA, Murphy JJ, Scaramuzzi RJ, Wathes DC. Effect of negative energy balance on the insulin-

the first phase of the lactation. The authors indicated that the efficiency to convert the feed to milk was higher due to the mobilization of body fat reserves. Such increases in milk yield efficiency when the energy is increased in the diets have also been observed by others<sup>(19-21)</sup>.

In the present study, was also observed that milk yield efficiency did respond in similar way to the energy levels; this means that the difference in approximately 0.30 Mcal of energy responded in 0.20 units of efficiency. However, the animal response to the increase in energy depends on several factors related with the animal, the lactation stage, the quality of diets and the environment. For example, Vazquez-Añon *et al.*<sup>(25)</sup> observed that the cows that consume diets with high levels of grains or fat and contain 1.70 compared with those of 1.61 Mcal of  $EN_L$  had the same nutritional efficiency. However, this study was carried out in the last two thirds of lactation, while the present study was only focused to the first third. Such results support the hypothesis that the optimum level of energy for Holstein-Friesian cows in confined conditions are between 1.77 and 2.10 Mcal of  $EN_L$  kg of  $MS^{-1}$ , when diets had the same proportions of forage and concentrated (50:50%).

In general, the main objective of the present study was to determine the optimum level of energy in the diets of dairy cows at early lactation. However, due to the limitations characteristic of the study, where we only studied some variables related with the diets and the animals, and we did not consider the effects of the temperature, environmental precipitation and the handling of the dairy herd; it is not then easy to indicate the optimum level. This fact did act as a brake on the way to reach the conclusions and it reduced the transcendence of the implications of the study. However, diets of LO had higher amount of forage and they are more fibrous like to those that usually had in the family dairies; whereas HI diets contain more grains and they resemble more to those used in specialized dairy farms. Net energy lactation in ME diets was similar to those observed in previous publications<sup>(10,20)</sup>. However, there are few antecedents of use of the diets with low or high concentrations as in the

- like growth factor system in pre-ruminant ovarian follicles post partum dairy cows. *Reproduction* 2007;133:627-639.
2. National Research Council. *Nutrients requirements of dairy cattle*. 7<sup>th</sup> ed. Washington, DC, USA: National Academy Press; 2001.
  3. Dann HM, Litherland NB, Underwood JP, Bionaz M, D'Angelo A, McFadden JW, Drackley, KJ. Diets during far-off and close-up dry periods affect periparturient metabolism and lactation in multiparous cows. *J Dairy Sci* 2006;89:3563-3577.
  4. Reynolds CK, Durst B, Upolu B, Humphries DJ, Beaver DE. Visceral mass tissue and rumen volume in dairy cows during the transition from late gestation to early lactation. *J Dairy Sci* 2004;87:961-971.
  5. García, E. 1988. *Modificaciones del Sistema de Clasificación Climática de Köppen*. Mexico, (DF): Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. 1988.
  6. AOAC. *Official methods of analysis*. Association of Official Analytical Chemists. 15<sup>th</sup> Edition. Arlington, VA (USA): Association of Official Analytical Chemists Press. 1990.
  7. Goering HK, Van Soest PJ. *Forage fiber analyses (Apparatus, reagents, procedures, and some applications)*. Agric. Handbook No. 379. ARS-USDA, Washington, DC. (USA). ARS-USDA Press Inc; 1970.
  8. SAS<sup>®</sup>. *User's Guide*. Statistics 8<sup>th</sup> Edition. Cary, NC (USA). SAS Institute Inc., 2002.
  9. Littell CR, Milliken AG, Stroup WW, Wolfinger FD. *SAS System for mixed Models*. Cary, (North Caroline) USA. SAS Inst., Inc. Press. 1996.
  10. Rabelo E, Rezende RL, Bertics SJ, Grummer RR. Effects of transition diets varying in dietary energy density on lactation performance and ruminal parameters of dairy cows. *J Dairy Sci* 2003;86:916-925.
  11. Mashek GD, Beede BK. Peripartum responses of dairy cows fed energy-dense diets for 3 o 6 weeks prepartum. *J Dairy Sci* 2001;84:115-125.
  12. McNamara S, O'Mara FP, Rath M, Murphy JJ. Effect of different transition diets on dry matter intake, milk production, and milk composition in dairy cows. *J Dairy Sci* 2003;86:2397-2408.
  13. Agenäs S, Burstedt E, Holtenius K. Effects of feeding intensity during the dry period. 1. Feed intake, body weight, and milk production. *J Dairy Sci* 2003;86:870-882.
  14. Douglas NG, Overton TR, Bateman HG II, Dann HM, Drackley JK. Prepartal plane of nutrition regardless of dietary source, affects periparturient metabolism and dry matter intake in Holstein cows. *J Dairy Sci* 2006;89:2141-2157.
  15. Wilkerson AV, Gleen BP, McLeod KR. Energy and nitrogen balance in lactating cows fed diets containing dry or high moisture corn in either rolled or ground form. *J Dairy Sci* 1997;80:2487-2496.
  16. AFRC. *Energy and protein requirements of ruminants*. An AFRC Technical Committee on responses to nutrients. CAB International. Wallingford, UK. CAB International Press. 1994.
  17. ARC. *The nutrient requirements of farm livestock*. Technical review. Farnham Royal, UK. Commonwealth Agricultural Research Bureau. CAB International Press. 1980.
  18. Rukkwanusuck T, Guelen MJH, Kruij AM, Wansing T. Interrelation of fatty acid composition in adipose tissue, serum and liver of dairy cows during the development of fatty liver postpartum. *J Dairy Sci* 2000;83:52-59.
- levels LO and HI. In spite of the magnitude of the differences in MY in favor of HI, no negative effects were observed in the presentation of the estrous of the cows and neither metabolic dysfunction in the animals (information not reported due to the reduced number of experimental units).
- The optimum level of EN<sub>L</sub> was 1.77 to 2.10 Mcal per kilogram of feed for milk yield greater than 27.0 kg of milk. Increases in the energy level improve the dry matter intake and milk yield. Such increases do reduce the losses of body weight and the negative energy balance period at early lactation in high-yielding dairy cows.

## ACKNOWLEDGMENTS

The authors wish to thank Cooperative Agropecuaria y Forestal Chapingo, S. de R. L. by the support offered to the second author in the development of the present research.

*End of english version*

- 
19. Pedernera M, García SC, Horagadoga A, Barchia I, Fulkerson WJ. Energy balance and reproduction on dairy cows fed to achieve low or high milk production on a pasture-based system. *J Dairy Sci* 2009;91:3896-3907.
  20. Dann HM, Varga AG, Putnan DE. Improving energy supply to late gestation and early postpartum dairy cows. *J Dairy Sci* 1999;82:1765-1778.
  21. Rabelo E, Bertics SJ, Mackovic J, Gummer RR. Strategies for increasing energy density of dry cows diet. *J Dairy Sci* 2001;84:2240-2249.
  22. Doepel L, Lapierre H, Kennelly JJ. Peripartum performance and metabolism of dairy cows in response to prepartum energy and protein intake. *J Dairy Sci* 2002;85:2315-2334.
  23. Britt J, Thomas RC, Speer NC, Hall MB. 2003. Efficiency of converting nutrient dry matter to milk in Holstein herds. *J Dairy Sci* 2003;86:3796-3801.
  24. Weiss WP, Pinos-Rodríguez JM. 2009. Production responses of dairy cows when fed supplemental fat in low- and high-forage diets. *J Dairy Sci* 2009;92:6144-6155.
  25. Vazquez-Añon M, Bertics SJ, Grummer RR. The effect of dietary energy source during mid to late lactation on liver triglyceride and lactation performance of dairy cows. *J Dairy Sci* 80:2504-2512.

