

## Influence of the physiological state on the energy, protein and endocrine metabolism, in Siboney de Cuba cows

## Influencia del estado fisiológico en el metabolismo energético, proteico y endocrino, en vacas Siboney de Cuba

C. Gallego<sup>1</sup>, A. Peñalver<sup>1</sup>, A. García<sup>1</sup>, Mildred Méndez<sup>1</sup>, María Inés Lenz Souza<sup>2</sup>, Eunice Oba<sup>3</sup> and R. García<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

<sup>2</sup>Universidad Federal de Mato Grosso, Campo Grande, Mato Grosso, Brasil

<sup>3</sup>Universidad Estatal Paulista, UNESP, Rubião Júnior, Botucatu, SP, Brasil

Email: cgallego@ica.co.cu

A total of 56 Siboney de Cuba cows in different physiological states (lactating and dry) were used, with the objective of evaluating the concentrations of glucose, cholesterol, triglycerides, total proteins and insulin-like growth factor 1 (IGF-I). In group I GI (n = 18) dry cows, GII (n = 22) between 45 and 60 days of lactation and GIII (n = 16) higher than 150 days of lactation were used. The biochemical analyzes were carried out by means of the enzymatic calorimetric method and the readings were performed by absorption spectrophotometry. The IGF-I values were obtained by radioimmunoassay. The animals from GII showed lower (P = 0.0001) concentrations of glucose ( $1.89 \pm 0.22$  mmol/L) and IGF-I (P < .0001;  $98.74 \pm 9.85$  ng/mL) in relation to the dry group ( $3.11 \pm 0.27$  mmol/L and  $103.35 \pm 11.87$  ng/mL) and > 150 days of lactation ( $2.78 \pm 0.20$  mmol / L and  $186.13 \pm 9.49$  ng/mL). The lactating cows showed higher (P = 0.0011) cholesterol levels (GII =  $3.69 \pm 0.20$  mmol/L and GIII =  $3.53 \pm 0.20$  mmol/L) with respect to the GI ( $2.70 \pm 0.25$  mmol / L). The GIII showed higher (P < .0001) concentrations of triglycerides ( $0.45 \pm 0.04$  mmol/L) and total proteins (P = 0.0087;  $89.4 \pm 1.8$  g/L) than the rest (GI =  $0.26 \pm 0.03$  mmol/L and  $84.0 \pm 2.2$  g/L) (GII =  $0.27 \pm 0.03$  mmol / L and  $82.8 \pm 1.8$  g/ L). It is concluded that the physiological state influences on the performance of the metabolic indicators, mainly due to the demand of the energy reserves, because of the productive level of the animals.

Key words: *Metabolic profile, milk production, energy balance*

To achieve the increase of the productivity of herds with viable technologies of minimum external inputs and under tropical conditions, one of the strategies is to be able to determine the most suitable genotypes or breeds under different production systems or specific environmental conditions (Hernández *et al.* 2012). An example of this is the genotype Siboney de Cuba (5/8 Holstein and 3/8 Cebu), created to have an animal capable of adapting favorably to the warm-humid conditions prevailing in Cuba. Its adaptation and resistance is also manifested in tolerance to parasitic diseases, longevity, low mortality, high fertility and adequate birth weight. It is currently the largest synthetic breed that exists in the country's commercial and genetic dairy herds (Fraga 2015). However, the livestock of Cuba suffers a prolonged undernourish process and the management conditions are not optimal for this genotype to develop its potential. All

Se utilizaron 56 vacas Siboney de Cuba en diferentes estados fisiológicos (lactantes y secas), con el objetivo de evaluar las concentraciones de glucosa, colesterol, triglicéridos, proteínas totales y factor de crecimiento semejante a la insulina tipo I (IGF-I). En el grupo I GI (n=18) se utilizaron vacas secas, GII (n = 22) entre 45 y 60 días de lactancia y GIII (n=16) mayor a 150 días de lactancia. Los análisis bioquímicos se realizaron mediante el método calorimétrico enzimático y las lecturas se efectuaron por espectrofotometría de absorción. Los valores de IGF-I se obtuvieron mediante radioinmunoanálisis. Los animales del GII mostraron menores (P = 0.0001) concentraciones de glucosa ( $1.89 \pm 0.22$  mmol/L) e IGF-I (P < .0001;  $98.74 \pm 9.85$  ng/mL) en relación con el grupo seco ( $3.11 \pm 0.27$  mmol/L y  $103.35 \pm 11.87$  ng/mL) y > 150 días de lactancia ( $2.78 \pm 0.20$  mmol/L y  $186.13 \pm 9.49$  ng/mL). Las vacas lactando presentaron mayores (P = 0.0011) niveles de colesterol (GII=  $3.69 \pm 0.20$  mmol/L y GIII=  $3.53 \pm 0.20$  mmol/L) con respecto al GI ( $2.70 \pm 0.25$  mmol/L). El GIII mostró superiores (P < .0001) concentraciones de triglicéridos ( $0.45 \pm 0.04$  mmol/L) y proteínas totales (P = 0.0087;  $89.4 \pm 1.8$  g/L) que los restantes (GI=  $0.26 \pm 0.03$  mmol/L y  $84.0 \pm 2.2$  g/L) (GII=  $0.27 \pm 0.03$  mmol/L y  $82.8 \pm 1.8$  g/L). Se concluye que el estado fisiológico influye en el comportamiento de los indicadores metabólicos, debido fundamentalmente a la demanda de las reservas energéticas, como consecuencia del nivel productivo de los animales.

Palabras claves: *Perfil metabólico, producción de leche, balance energético*

Para lograr el aumento de la productividad de los rebaños con tecnologías viables de mínimos insumos externos y en condiciones tropicales una de las estrategias es poder determinar los genotipos o razas más adecuadas en diferentes sistemas de producción o condiciones ambientales específicas (Hernández *et al.* 2012). Un ejemplo de ello es el genotipo racial Siboney de Cuba (5/8 Holstein y 3/8 Cebú), creado para disponer de un animal capaz de adaptarse favorablemente a las condiciones cálido-húmedas imperantes en Cuba. Su adaptación y resistencia también se manifiesta en la tolerancia a enfermedades parasitarias, longevidad, baja mortalidad, alta fertilidad y adecuado peso al nacer. Actualmente constituye la mayor raza sintética que existe en los rebaños lecheros comerciales y genéticos del país (Fraga 2015). Sin embargo la ganadería de Cuba sufre un prolongado proceso de sub-alimentación y las condiciones de manejo no son óptimas para que ese

this limits the contribution of nutrients and involves metabolic alterations that directly or indirectly affect the productive and reproductive processes (Balarezo *et al.* 2016).

It is important, from these antecedents, to carry out studies that provide knowledge about the intermediary metabolism of dairy herds, as a tool to diagnose nutritional state and develop feeding strategies during the most critical periods of the year.

The determination of metabolic profiles allows knowing the presence of these alterations, especially in their subclinical states, reason why its use extends in many countries. In Cuba, the studies of Viamonte *et al.* (2010), García *et al.* (2011) and Noval *et al.* (2016) are of interest, which relate important metabolic aspects with the health, production and reproduction of female cattle. However, there are few the researches that deal with comprehensive study of the energy, protein and endocrine metabolism in different physiological states, in relation to their nutritional requirements. The objective of this study was to evaluate the blood concentrations of glucose, cholesterol, triglycerides, total proteins and insulin-like growth factor 1 (IGF-I) in lactating and dry Siboney de Cuba cows.

### Materials and Methods

*Location, animals and study stage.* The study was carried out in the experimental unit "Genético 4", belonging to the Instituto de Ciencia Animal of the Republic of Cuba. A total of 52 not pregnant and multiparous Siboney de Cuba cows were used. The study was carried out during October and November 2016. The average rainfall during the period was 93.65 mm of rain, while the average temperature and relative humidity were at 23.1°C and 78 %, respectively.

*Management and Feeding.* The production system was developed in a semi-intensive way, with rotation of paddocks and stocking rate of 2.5 UGM hectare<sup>-1</sup>. The animals intake grasses as staple food, with predominance of *Penisetum CT-115 (Cenchrus purpureum)*, and star grass (*Cynodum nlenfuensis*). Irrigation and fertilization was not applied during the experimentation period. The animals in production were supplemented at a rate of 400 grams of commercial concentrate with 16 % of CP and 11.64 MJ/kg of DM<sup>-1</sup> of metabolic energy, from the fourth liter of milk and fractionated in each milking. The non-lactating group intake 0.5 kg of the same supplement in a single dose in shade buildings. Mineral salt and water were offered ad libitum.

*Experimental design, processing and analysis of samples.* Three groups (G) of animals were made, according to the physiological state. The GI (n = 18) and GII (n = 22) dry cows and between 45 and 60 d of lactation, with live weight and average milk production of 412.5 ± 16 kg, 405 ± 21 kg and 7.3 ± 1.2 kg, respectively. The GIII (n = 16) was designed with animals higher than 150 d of lactation, with milk

genotipo pueda desarrollar su potencial. Todo ello limita el aporte de nutrientes e implica alteraciones metabólicas que afectan, directa o indirectamente, los procesos productivos y reproductivos (Balarezo *et al.* 2016).

Es importante, a partir de estos antecedentes, realizar estudios que aporten conocimientos acerca del metabolismo intermediario de los rebaños vacunos lecheros, como herramienta para diagnosticar el estado nutricional y desarrollar estrategias de alimentación durante los períodos más críticos del año.

La determinación de los perfiles metabólicos permite conocer la presencia de estas alteraciones, especialmente en sus estados subclínicos, por lo que su empleo se extiende en muchos países. En Cuba resultan de interés los trabajos de Viamonte *et al.* (2010), García *et al.* (2011) y Noval *et al.* (2016), los que relacionan importantes aspectos metabólicos con la salud, la producción y la reproducción de las hembras vacunas. Sin embargo, son escasas las investigaciones que aborden un estudio integral del metabolismo energético, proteico y endocrino en diferentes estados fisiológicos, en relación con sus exigencias nutrimentales. El objetivo de este estudio fue evaluar las concentraciones sanguíneas de glucosa, colesterol, triglicéridos, proteínas totales y el factor de crecimiento, semejante a la insulina tipo I (IGF-I) en vacas Siboney de Cuba lactantes y secas.

### Materiales y Métodos

*Localización, animales y etapa de estudio.* El trabajo se realizó en la unidad experimental vacuna "Genético 4", perteneciente al Instituto de Ciencia Animal de la República de Cuba. Se utilizaron 52 vacas Siboney de Cuba, no gestantes y múltiparas. El estudio se desarrolló durante octubre y noviembre de 2016. El promedio de las precipitaciones durante el período fue de 93.65 mm de lluvia, mientras que la temperatura y la humedad relativa media se comportaron en 23,1 °C y 78 %, respectivamente.

*Manejo y Alimentación.* El sistema de producción se desarrolló de manera semi-intensiva, con rotación de cuarterones y carga de 2.5 UGM hectárea<sup>-1</sup>. Los animales consumieron pastos como alimento base, con predominio de *Penisetum CT-115 (Cenchrus purpureum)*, y pasto estrella (*Cynodum nlenfuensis*). No se aplicó riego ni fertilización durante el período de experimentación. Los animales en producción se suplementaron a razón de 400 gramos de concentrado comercial con 16 % de PB y 11.64 MJ/kg de MS<sup>-1</sup> de energía metabólica, a partir del cuarto litro de leche y fraccionado en cada ordeño. El grupo no lactante consumió 0.5 kg de igual suplemento en dosis única en las naves de sombra. La sal mineral y el agua de bebida se ofertaron a voluntad.

*Diseño experimental, procesamiento y análisis de las muestras.* Se confeccionaron tres grupos (G) de animales, según el estado fisiológico. Los GI (n=18) y GII (n=22) contaron con vacas secas y entre 45 y 60 d de lactancia, con peso vivo y producción de leche promedio de 412.5 ± 16 kg, 405 ± 21 kg y 7.3 ± 1.2 kg, respectivamente. El GIII (n=16) se diseñó con animales

production and average live weight of  $3.5 \pm 0.9$  kg and  $436 \pm 24$  kg, respectively. The diagnosis of the genital organs was made by transrectal ultrasonography (Pie Medical® Ultrasound), with a probe (linear catheter) of 7.5 Mhz. All the animals had between two and five parturitions.

Blood samples (10 mL.) were extracted by jugular vein puncture and transported (test tubes) in refrigeration to the laboratory, where they were centrifuged at 3000 revolutions per minute (rpm) for 15 min. for obtaining the serum. The serum concentrations of glucose and total cholesterol were determined by the Oxidase/Peroxidase method, while triglycerides and total proteins were obtained from the Glycerol-3-Phosphate-Oxidase and Biuret procedure, respectively. The biochemical analyzes were performed by visible light spectrophotometry (Stardust MC 15 Semiautomatic Spectrophotometer). The determination of IGF-I was performed by radioimmunoassay, using a solid-phase gamma counter (RIA Cobra II).

*Statistical analysis.* The data were analyzed by means of GLM of the statistical package SAS (2007), version 9.1.3 by analysis of variance, for which a linear model of fixed effects was used. The factors studied by the model were: group (1, 2 and 3) and parturition number (2, 3, 4 and 5). The multiple comparison test of means with a level of significance for  $P < 0.05$  (Kramer 1956) was used.

$$\text{Model } Y_{ijk} = \mu + G_i + NP_j + e_{ijk}$$

Where:

$\mu$  = constant common to all observations

$G_i$  = effect of the  $i$ th group  $i = 1, 2, 3$

$NP_j$  = effect of the  $j$ th unit  $j = 2, 3, 4, 5$

$e_{ijk}$  = residual error, normal and independently distributed with zero mean and variance  $\sigma_e^2$

The restrictions applied to the used models were:

$$\sum_i G_i = \sum_j NP_j = 0$$

## Results and Discussion

The statistical analysis showed that the group effect ( $P < 0.05$ ) was significant for the concentration of the metabolic indicators studied (table 1). However, the same performance was not observed with the number of parturitions ( $P > 0.05$ ). Studies by Hernández *et al.* (2011) showed that primiparous animals require higher demand of nutrients to complete their growth and maintain milk production. In this study, only multiparous cows were used, between two and five parturitions. It is possible that this condition could be the reason that the number of parturitions did not show significant effect.

The animals, between 45 and 60 d of lactation, showed lower concentrations of glucose ( $P = 0.0001$ ) and triglycerides ( $P < .0001$ ) than those with more than 150 d of production (table 2). Similar results reported

superiores a 150 d de lactancia, con producción láctea y peso vivo promedio de  $3.5 \pm 0.9$  kg y  $436 \pm 24$  kg, respectivamente. El diagnóstico de los órganos genitales se realizó mediante ultrasonografía transrectar (Ecógrafo Pie Medical®), con sonda lineal de 7.5 Mhz. Todos los animales presentaron entre dos y cinco partos.

Las muestras de sangre (10 mL.) se extrajeron mediante punción de la vena yugular y se transportaron (tubos de ensayo) en refrigeración hacia el laboratorio, donde se centrifugaron a 3000 revoluciones por minuto (rpm) durante 15 min. para la obtención del suero. Las concentraciones séricas de glucosa y colesterol total se determinaron mediante el método Oxidasa/Peroxidasa, mientras que los triglicéridos y las proteínas totales se obtuvieron a partir del procedimiento Glicerol-3-Fosfato-Oxidasa y Biuret, respectivamente. Los análisis bioquímicos se realizaron por espectrofotometría de luz visible (Espectrofotómetro Semiautomático Stardust MC 15). La determinación de IGF-I se hizo mediante radioinmunoanálisis, utilizando un contador gamma en fase sólida (RIA Cobra II).

*Análisis estadístico.* Los datos se analizaron mediante GLM del paquete estadístico SAS (2007), versión 9.1.3 mediante análisis de varianza, para lo cual se utilizó un modelo lineal de efectos fijos. Los factores estudiados por el modelo fueron: grupo (1, 2 y 3) y número de parto (2, 3, 4 y 5). Se utilizó la dócima de comparación múltiple de medias con un nivel de significación para  $P < 0.05$  (Kramer 1956).

$$\text{Modelo } Y_{ijk} = \mu + G_i + NP_j + e_{ijk}$$

Donde:

$\mu$  = constante común a todas las observaciones

$G_i$  = efecto del  $i$ -ésimo grupo  $i = 1, 2, 3$

$NP_j$  = efecto de la  $j$ -ésima unidad  $j = 2, 3, 4, 5$

$e_{ijk}$  = error residual, normal e independientemente distribuido con media cero y varianza  $\sigma_e^2$

Las restricciones aplicadas a los modelos utilizados fueron:

$$\sum_i G_i = \sum_j NP_j = 0$$

## Resultados y Discusión

El análisis estadístico evidenció que fue significativo el efecto grupo ( $P < 0.05$ ) para la concentración de los indicadores metabólicos estudiados (tabla 1). Sin embargo, no se observó igual comportamiento con el número de partos ( $P > 0.05$ ). Estudios de Hernández *et al.* (2011) demostraron que los animales primíparos requieren mayor demanda de nutrientes para culminar su crecimiento y mantener la producción de leche. En este trabajo solamente se utilizaron vacas múltiparas, entre dos y cinco partos. Es posible que esta condición pudo ser la causa de que el número de partos no mostrara efecto significativo.

Los animales, entre 45 y 60 d de lactancia, presentaron menores concentraciones de glucosa ( $P = 0.0001$ ) y triglicéridos ( $P < .0001$ ) que aquellos con más de 150 d de producción (tabla 2). Resultados similares informaron

Table 1. Effect of groups and number of parturitions on the performance of metabolism indicators.

Variables	Effects					
	Group			Number of parturitions		
	gl	MC	Sig.	gl	MC	Sig.
Glucose	2	2150.0	0.0001	4	75.04	0.81
Cholesterol	2	5798.39	0.0011	4	509.33	0.59
Triglycerides	2	1285.68	<.0001	4	176.43	0.08
Total proteins	2	2.02	0.0087	4	0.54	0.24
IGF-I	2	51482.71	<.0001	4	1156.30	0.36

Park *et al.* (2011) and Fonseca *et al.* (2016). The high levels of production at the beginning of lactation, as well as the decrease in intake, generate an exaggerated mobilization of these intermediary metabolites towards the mammary gland, as a substrate for milk synthesis.

The dry animals showed lower concentrations of triglycerides than the cows with advanced lactations ( $P < .0001$ ) (table 2). This performance does not coincide with Park *et al.* (2011) studies, who state that during the dry period the energy balance is generally positive, which conditions states of lipogenesis in adipose and hepatic tissue, increasing blood triglyceride concentrations. The non-lactating group (GI) showed an unfavorable body condition (2.5 pts) (Houghton *et al.* 1990), with deficiencies of adipose tissue in different anatomical regions of the body, which indicated that the animals did not recover from the previous lactation.

Park *et al.* (2011) y Fonseca *et al.* (2016). Los altos niveles de producción al inicio de la lactancia, así como la disminución en el consumo, generan una movilización exagerada de estos metabolitos intermediarios hacia la glándula mamaria, como sustrato para la síntesis láctea.

Los animales secos mostraron inferiores concentraciones de triglicéridos que las vacas con lactancias avanzadas ( $P < .0001$ ) (tabla 2). Este comportamiento no coincide con los trabajos de Park *et al.* (2011), quienes plantean que durante el período seco el balance energético es generalmente positivo, lo que condiciona estados de lipogénesis en el tejido adiposo y hepático, incrementándose las concentraciones de triglicéridos en sangre. El grupo no lactante (GI) presentó una condición corporal desfavorable (2.5 ptos) (Houghton *et al.* 1990), con carencias de tejido adiposo en diferentes regiones anatómicas del cuerpo, lo que indicó que los animales no se recuperaron de la lactancia anterior.

Table 2. Blood concentrations of glucose, cholesterol, triglycerides, total proteins and IGF-I in cows with different productive periods.

Variables	Groups						Physiological range
	I		II		II I		
	$\bar{X} \pm SE$		$\bar{X} \pm SE$		$\bar{X} \pm SE$		
Glucose (mmol/L <sup>-1</sup> )	3.11 <sup>a</sup>	0.27	1.89 <sup>b</sup>	0.22	2.78 <sup>a</sup>	0.22	2.22-4.44
Triglycerides (mmol/L <sup>-1</sup> )	0.26 <sup>b</sup>	0.03	0.27 <sup>b</sup>	0.03	0.45 <sup>a</sup>	0.04	0.20-0.68
Cholesterol (mmol/L <sup>-1</sup> )	2.70 <sup>a</sup>	0.25	3.69 <sup>b</sup>	0.20	3.53 <sup>b</sup>	0.20	1.60-4.4
Total proteins (g/l <sup>-1</sup> )	88.0 <sup>a</sup>	2.2	72.8 <sup>b</sup>	1.8	89.4 <sup>a</sup>	1.8	62.00-110
IGF-I (ng/mL <sup>-1</sup> )	103.35 <sup>a</sup>	11.87	98.74 <sup>a</sup>	9.85	186.13 <sup>b</sup>	9.49	100.00-244

Means with different letters between rows differ significantly  $P < 0.05$  (Kramer 1955).

Physiological range (Source): Research Animal Resources

The concentrations of plasma cholesterol did not show differences ( $P > 0.05$ ) in the lactating groups (GII and GIII) (table 2). Similar performance was obtained by Souza and Birguel (2009), who observed stable cholesterol values from 45 d postpartum. However, both groups showed higher concentrations than non-lactating animals ( $P = 0.0011$ ). Matoba *et al.* (2012) verified the existence of a close relation between the productive increase in dairy cows and the values of total cholesterol, weight loss and body condition. The highest cholesterol values are gradually showed

Las concentraciones de colesterol plasmático no arrojaron diferencias ( $P > 0.05$ ) en los grupos lactantes (GII y GIII) (tabla 2). Comportamiento similar obtuvieron Souza y Birguel (2009), quienes observaron a partir de los 45 d posparto valores estables de colesterol. Sin embargo, ambos grupos mostraron concentraciones superiores a los animales no lactantes ( $P = 0.0011$ ). Matoba *et al.* (2012) comprobaron la existencia de una relación estrecha entre el incremento productivo en vacas lecheras y los valores de colesterol total, pérdida de peso y condición corporal. Los mayores valores de colesterol se presentan

during the postpartum period, which are related to a negative energy balance, because of an exaggerated mobilization of lipid body reserves, in order to compensate the energy deficit imposed by lactation. Its stability is observed once energy recovery begins, unlike other metabolism components such as glucose, which may take longer to reach stable values after parturition.

The dry animals and with more than 150 d of lactation showed higher concentrations of total proteins ( $P = 0.0087$ ) with respect to the group between 45 and 60 d of production (table 2). Zambrano and Marques (2009) obtained similar results, when studying the serum and fractionated proteins from 17 to 78 d and from 110 to 153 d postpartum. Similarly, Oliveira *et al.* (2014) found decreased albumin at the beginning of lactation. This performance could be due to the transfer capacity to the mammary gland of protein and immunological elements for the formation of colostrum and milk later, as well as the use of glucogenic amino acids to compensate the energy deficit during the postpartum first weeks. However, when decreasing milk production and the negative energy balance, there was an increase in the concentrations of these biochemical compounds.

Cows with more than 150 d of lactation showed higher values of IGF-I ( $P < .0001$ ) and ovaries with cyclic activity, with respect to dry animals and between 45 and 60 days of production. Similar results were found by Franco *et al.* (2014), who report that blood concentrations of IGF-I are related to nutritional state and ovarian functionality. In general, the results show that the feeding system used does not guarantee the energy demands for cows during early lactation.

It is concluded that animals in different physiological states show variations in the concentrations of some indicators of energy, protein and endocrine metabolism, mainly due to the level of mobilization of their body reserves, as a consequence of the metabolic balance between nutrients intake and required energy. It is recommended to develop feeding strategies based on the physiological stages of the productive cycle, with the objective of attenuating the metabolic imbalances and improving the productive and reproductive performance of the dairy herds in Cuba.

### Acknowledgment

Thanks to the Assistance of the Coordinación de Perfeccionamiento del Personal de Nivel Superior (CAPES) for the financing received.

paulatinamente durante el posparto, los que se relacionan con un balance energético negativo, como consecuencia de una movilización exagerada de las reservas lipídicas corporales, en función de compensar el déficit energético impuesto por la lactancia. Su estabilidad se observa una vez que se inicie el restablecimiento energético, a diferencia de otros constituyentes del metabolismo como la glucosa, que puede demorar más en alcanzar valores estables después del parto.

Los animales secos y con más de 150 d de lactancia mostraron mayores concentraciones de proteínas totales ( $P = 0.0087$ ) con respecto al grupo entre 45 y 60 d de producción (tabla 2). Zambrano y Marques (2009) obtuvieron resultados similares, al estudiar las proteínas séricas y fraccionadas desde 17 hasta 78 d y de 110 a 153 d posparto. De igual manera, Oliveira *et al.* (2014) hallaron disminución de las albúminas al inicio de la lactancia. Este comportamiento pudiera estar dado por la capacidad de transferencia hacia la glándula mamaria de elementos proteicos e inmunológicos para la formación del calostro y la leche posteriormente, así como por la utilización de aminoácidos glucogénicos para compensar el déficit de energía durante las primeras semanas posparto. Sin embargo, al disminuir la producción de leche y el balance energético negativo, hubo incremento en las concentraciones de estos compuestos bioquímicos.

Las vacas con más de 150 d de lactancia mostraron valores superiores de IGF-I ( $P < .0001$ ) y ovarios con actividad cíclica, con respecto a los animales secos y entre 45 y 60 días de producción. Similares resultados encontraron Franco *et al.* (2014), quienes refieren que las concentraciones en sangre de IGF-I están relacionadas con el estado nutricional y la funcionalidad ovárica. En general, los resultados indican que el sistema de alimentación utilizado no garantiza las demandas de energía para las vacas durante la lactancia temprana.

Se concluye que los animales en diferentes estados fisiológicos presentan variaciones en las concentraciones de algunos indicadores del metabolismo energético, proteico y endocrino, debido fundamentalmente al nivel de movilización de sus reservas corporales, como consecuencia del balance metabólico entre el ingreso de nutrientes y la energía requerida. Se recomienda desarrollar estrategias de alimentación en función de las etapas fisiológicas del ciclo productivo, con el objetivo de atenuar los desbalances metabólicos y mejorar el comportamiento productivo y reproductivo de los rebaños lecheros en Cuba.

### Agradecimientos

Se agradece Auxilio de la Coordinación de Perfeccionamiento del Personal de Nivel Superior (CAPES) por el financiamiento recibido.

### References

- Balarezo, L., García, J., Hernández, M. & López, R. 2016. Metabolic and reproductive state of Holstein cattle in the Carchi region, Ecuador. Cuban Journal of Agricultural Science. 50:3
- Fonseca, A., Zanine, A., Ribeiro, M., Leonel, F., Ferreira, D., Souza, A., Silva, F., Correa, R. & Neto, C. 2016. Desempenho

- produtivo e parâmetros sanguíneos de vacas leiteiras em pastejo suplementadas com resíduos de feijão. *Pesq. Agropec. Bras.* 51:1
- Fraga, L. 2015. Main genetic researches developed at the Animal Science Institute since its foundation. *Cuban Journal of Agricultural Science.* 49:2
- Franco, F. 2014. Escore de condição corporal e desempenho reprodutivo de vacas leiteiras mestiças lactantes. Dissertação apresentada para a obtenção do título de Mestre em Ciências Veterinárias (Produção Animal). Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Uberlândia, Brasil.
- García, J.R., López, R.G., Cuesta, M., Figueredo, J.M., Quiñones, R., Faure, R. & Mollineda, A. 2010. Blood copper levels and their influence on reproductive indicators of cows in tropical conditions. *Cuban Journal of Agricultural Science.* 44:3
- Hernández, A. E., Gaona, R.C & Patiño, L.G. 2011. Comportamiento metabólico en el periparto de vacas Hartón del Valle, bajo condiciones de trópico bajo. *Acta Agronómica.* 60:1
- Hernández, A., Ponce de León, R. Guerra, D. García, G., Guzmán, G. & Mora, M. 2012. Interaction genotype-environment for dairy production in Mambi cattle from Cuba. *Cuban Journal of Agricultural Science.* 46:4
- Houghton, P.L., Lemenager, R.P., Horstman, L.A., Hendrix, K.S. & Moss, G.E. 1990. Effects of body composition, pre and postpartum energy level and early weaning on reproductive performance of beef cows and preweaning calf gain. *J. Anim. Sci.* 68:143
- Kramer, C. 1956. Extension of multiple range tests to group means with unequal numbers of replications. *Biometric.* 12:307
- Matoba, S., O'Hara, L., Carter, F., Nelly, A., Fair, T., Rizos, D. & Lonergan, P. 2012. The association between metabolic parameters and oocyte quality early and late postpartum in Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science.* 95: 1257
- Noval, E., García, J. & López, R. 2016. Effect of different doses of an injectable compound of Cu, Zn and Mn on bio-productive indicators of milking cows. *Cuban Journal of Agricultural Science.* 50: 3
- Oliveira, R., Moura, A., Pádua, M., Barbon, I., Silval, M., Santos, R., Mundin, A. & Saut, J. 2014. Perfil metabólico de vacas mestiças leiteiras com baixo escore de condição corporal no periparto. *Pesquisa Veterinaria Brasileira.* 34:4
- Park, A., Shirley, J., Titgemeyer, J., Cochran, R., De Frain, J. & Wickersham, E. 2011. Characterization of Plasma Metabolites in Holstein Dairy Cows during the Periparturient Period. *International Journal of Dairy Science.* 5: 253
- SAS. 2007. User's Guide Statistics Version 9.1.3. SAS Institute. INC, Cary, N.C., USA.
- Souza, R. & Birgel, H. 2009. Influência do puerpério e da fase pós-puerperal no lipidograma de vacas da raça Holandesas criadas no Estado de São Paulo. *Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci.* 46:1
- Viamonte, I., Fajardo, H., Benítez, Rondón, G. & Sánchez, M. 2010. Comportamiento de algunos indicadores metabólicos en hembras bovinas criollas en el Valle del Cauto. *Revista Electrónica Granma Ciencia.* 14:3
- Zambrano, W. & Marques, A. 2009. Perfil metabólico de vacas mestiças leiteras do parto ao quinto mês da lactação. *Zootecnia Trop.* 27: 475

**Received: July 8, 2017**