

Performance of energy and protein metabolism of female water buffaloes during early postpartum period

Comportamiento del metabolismo energético y proteico en búfalas de agua durante el posparto temprano

C. Gallego¹, L. M Fraga¹, A. Peñalver¹, A. García¹, R. G López¹, María Inés Lenz Souza² and Eunice Oba³

¹Instituto de Ciencia Animal. Apartado Postal 24, Carretera Central, km. 47 ½ San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

²Universidad Federal de Mato Grosso, Campo Grande, Mato Grosso. Brasil

³Universidad Estatal Paulista, Campo de Botucatu, San Paulo, Brasil

Email: cgallego@ica.co.cu

An amount of 30 crossbred female buffaloes was used to evaluate blood levels of glucose, cholesterol, triglycerides, total proteins and urea during the first eight weeks postpartum. Blood samples were obtained from the jugular vein once a week. Biochemical analyzes were performed through the enzymatic calorimetric method and readings were carried out by absorption spectrophotometry. A mixed generalized linear model was used. Postpartum weeks showed a significant effect on the performance of serum indicators ($P < .0001$). Different was observed for the number of parturitions and milk production during the first 60 days. There was an increase ($P < .0001$) of glycemia (2.67 - 3.62 mmol/L) and uremia (6.15 - 6.81 mmol/L) from the first to the fifth and sixth week, respectively, although a gradual decrease was observed in the subsequent weeks. Cholesterol (1.04 - 1.80 mmol/L) and triglycerides (0.26 - 0.80 mmol/L) concentrations showed continuous increase during the study ($P < .0001$). Total proteins showed decrease ($P < .0001$) in their concentrations from the first to the fifth week (82.48 - 76.76 g/L), while a progressive increase was observed in the following weeks. It was demonstrated that, during the first eight postpartum weeks, there are variations in the concentrations of energy and protein metabolism indicators in buffaloes, mainly due to the increase of milk production and mobilization of their body reserves, as a consequence of metabolic imbalance between nutrient income and energy required.

Keywords: *female buffaloes, blood indicators, lactation, postpartum*

In recent years, buffalo cattle rearing shows accelerated growth in different regions of Europe, North, Central and South America. Their ability to adapt to different ecosystems, as well as the nutritional quality of their meat and dairy products, are some of the aspects that stimulate their expansion (Fraga *et al.* 2017). Currently, many countries develop genetic improvement programs, with the objective of increasing production yields and compensating the growing demand. Apparently the future is projected towards high production herds, similar to the existing models in specialized bovine cattle.

However, a prospective analysis of the feeding systems, initially conceived for this species, is necessary, since intensifying production would increase the risk of alterations in their health and

Se utilizaron 30 búfalas mestizas con el objetivo de evaluar, durante las primeras ocho semanas posparto, las concentraciones sanguíneas de glucosa, colesterol, triglicéridos, proteínas totales y urea. Las muestras de sangre se obtuvieron de la vena yugular una vez por semana. Los análisis bioquímicos se realizaron a través del método calorimétrico enzimático y las lecturas se efectuaron mediante espectrofotometría de absorción. Se utilizó un modelo lineal generalizado mixto. Las semanas posparto mostraron efecto significativo en el comportamiento de los indicadores séricos ($P < .0001$). No se observó igual resultado para el número de partos y la producción de leche durante los primeros 60 días. Se encontró aumento ($P < .0001$) de la glicemia (2.67 - 3.62 mmol/L) y la uremia (6.15 - 6.81 mmol/L) desde la primera hasta la quinta y sexta semana, respectivamente, aunque en las subsiguientes se observó disminución paulatina. Las concentraciones de colesterol (1.04 - 1.80 mmol/L) y triglicéridos (0.26 - 0.80 mmol/L) mostraron incremento continuo durante el estudio ($P < .0001$). Las proteínas totales presentaron disminución ($P < .0001$) en sus concentraciones desde la primera hasta la quinta semana (82.48 - 76.76 g/L), mientras que en las posteriores se observó aumento progresivo. Se demostró que durante las primeras ocho semanas posparto existen variaciones en las concentraciones de los indicadores del metabolismo energético y proteico en las búfalas, debido fundamentalmente al incremento en la producción láctea y la movilización de sus reservas corporales, como consecuencias del desbalance metabólico entre el ingreso de nutrientes y la energía requerida.

Palabras clave: *búfalas, indicadores sanguíneos, lactancia, posparto*

En los últimos años la crianza del ganado bufalino muestra crecimiento acelerado en diferentes regiones de Europa, América del Norte, Central y Sur. La capacidad de adaptarse a los diversos ecosistemas, así como la calidad nutricional de la carne y los productos lácteos, son algunos de los aspectos que estimulan su expansión (Fraga *et al.* 2017). Actualmente muchos países desarrollan programas de mejoramiento genético, con el objetivo de incrementar los rendimientos productivos y compensar la demanda creciente. Al parecer el futuro se proyecta hacia rebaños de alta producción, similar a los modelos existentes en el ganado vacuno especializado.

Sin embargo, es necesario un análisis prospectivo de los sistemas de alimentación inicialmente concebidos para esta especie, ya que al intensificar la producción aumentarían los riesgos de padecer alteraciones en la salud

reproduction (Espósito *et al.* 2014). An increase in the productive potential, as well as changes in the diet, generate transformations in the energy, protein, endocrine, mineral, vitamin and enzymatic metabolism, which are reflected in plasma concentrations of the intermediate compounds. According to Balarezo *et al.* (2016), the greatest variations occur during the early postpartum period, as a consequence of increases in milk production (production peak) and decrease in nutrient intake, which is a situation that generates an energy imbalance.

In bubaline species, there is insufficient information about the study of metabolic indicators in the current production systems in Cuba, mainly in early lactation. The objective of this study was to evaluate the performance of blood levels of glucose, cholesterol, triglycerides, total proteins and urea during the first eight postpartum weeks.

Materials and Methods

Location, animals and study stage. The study was carried out in the bubaline experimental unit "Genético 1", belonging to the Institute of Animal Science of the Republic of Cuba. An amount of 30 multiparous water buffaloes was used. This study was conducted in October and November 2016. The average rainfall during the period was 93.65 mm, while average temperature and relative humidity were 23.1 °C and 78 %, respectively.

Management and feeding. The production system was semi-intensive, with paddock rotation and a stocking rate of 1.0 LAU hectare⁻¹. The milking was manual, once a day, from 04:00 to 06:00 am, without food offer and with offspring stimulation. Mean milk production was 5.2 kg/animal/d. Feeding was exclusively based on natural and improved pastures, with predominance of star grass (*Cynodum nlenfuensis*) and *Cenchrus purpureus* cv. CT-115 (table 1). No irrigation or fertilization was applied during the experimentation period. Pasture availability, during the study period, was 17.0 kg DM. buffalo⁻¹, covering the requirements of dry matter to 80 %, according to the *in situ* calculated grass use. A 70.0 % of utilization was considered for a buffalo of 500Kg, with a demand of 3% of its live weight.

y la reproducción (Espósito *et al.* 2014). Un incremento en el potencial productivo, así como modificaciones en la dieta, generan transformaciones en el metabolismo energético, proteico, endocrino, mineral, vitamínico y enzimático, los cuales se reflejan en las concentraciones plasmáticas de los compuestos intermediarios. Según Balarezo *et al.* (2016), las mayores variaciones ocurren durante el posparto temprano, como consecuencias de aumentos en la producción de leche (pico de producción) y disminución en el consumo de nutrientes, situación que genera un desequilibrio energético.

En la especie bufalina existe insuficiente información acerca del estudio de los indicadores metabólicos en los sistemas actuales de producción en Cuba, fundamentalmente en la lactancia temprana. El objetivo de esta investigación fue evaluar el comportamiento de las concentraciones sanguíneas de glucosa, colesterol, triglicéridos, proteínas totales y urea, durante las primeras ocho semanas del posparto.

Materiales y Métodos

Localización, animales y etapa de estudio. El trabajo se realizó en la unidad experimental bubalina "Genético 1", perteneciente al Instituto de Ciencia Animal de la República de Cuba. Se utilizaron 30 búfalas de agua múltiparas. El estudio se desarrolló durante los meses de octubre y noviembre de 2016. El promedio de las precipitaciones durante el periodo fue de 93.65 mm, 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 1.0 UGM hectárea⁻¹. El ordeño se realizó por el método manual, una vez al día, de 04:00 hasta la 06:00 am, sin oferta de alimento y con estímulo de la cría. La producción promedio de leche de los animales fue de 5.2 kg/animal/d. La alimentación fue exclusiva basada en pastos naturales y mejorados, con predominio del pasto estrella (*Cynodum nlenfuensis*) y *Cenchrus purpureus* cv. CT 115 (tabla 1). No se aplicó riego ni fertilización durante el periodo de experimentación. La disponibilidad de pastos durante la época de estudio fue de 17.0 kg de MS. búfala⁻¹, cubriéndose los requerimientos en materia seca al 80 %, de acuerdo con el aprovechamiento del pasto calculado *in situ*.

Table 1. Bromatological composition of *Cenchrus purpureus* cv. CT-115 and star grass (% of DM)

| | CP | ADF | NDF | Lig | Cel | Ca | P | Ash |
|-----------------|------|------|------|-----|------|------|------|------|
| Cenchrus CT-115 | 5.37 | 46.3 | 67.3 | 4.3 | 38.4 | 0.43 | 0.19 | 9.3 |
| Star grass | 6.25 | 32.2 | 60.5 | 4.2 | 31.6 | 0.26 | 0.17 | 10.4 |

Experimental design, processing and analysis of samples. From the first and to the eighth postpartum week, 10 mL of blood from the jugular vein was extracted from each animal and with a frequency of seven days. Vacuum test tubes without anti-coagulant (Vacutainer®, Becton-Dickinson, Franklin

Se consideró 70.0 % de aprovechamiento para un búfalo de 500 kg, con una demanda del 3 % de su peso vivo.

Diseño experimental, procesamiento y análisis de las muestras. Desde la primera y hasta la octava semana posparto se extrajeron, de cada animal y con una frecuencia de siete días, 10 mL de sangre de la vena yugular. Se

Lakes, NJ, USA) were used, which were transported in refrigeration to the laboratory, where they were centrifuged at 3 000 revolutions per minute (rpm) for 15 minutes to obtain the serum. The biochemical analyzes were carried out by the enzymatic colorimetric method, with the use of commercial kits (Kovalent Biosys ®) for glucose (GOD-PAP), cholesterol (CHOD-PAP), triglycerides (GPO-POD), urea (UV urea) and total proteins (Biuret method). Determination of metabolites concentrations was performed by absorption spectrophotometry with visible light (Stardust MC 15 semiautomatic spectrophotometer).

Statistical analysis. A generalized mixed linear model was used with the GLIMMIX procedure (Wolfinger and O Connell 1993). For all the analyzed data, the link function $\text{dist} = \text{gamma}$ and $\text{link} = \text{log}$ was used, since all the tested distributions rejected the Normality test (Shapiro-Wilk, Kramer von Mises, Kolgomorov-Smirnov and Anderson-Darling) and had a better fit to the gamma distribution through the Severity procedure of the statistical package used (SAS 2007 version 9.1.3). Means were compared with Kramer (1956) test for the evaluated variables. The factors studied through the model were: number of parturitions (3 ..., 8), weeks (1 ..., 8) and fitting by covariance to daily milk production (60 days).

Model

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \gamma_j + \beta_k (\varphi_k - x_k) + a_l + e_{ijk}$$

Where:

μ = constant common to all observations

α_i = fix effect of the i-th postpartum week $i = 1, 2 \dots 8$

γ_j = fix effect of the j-th number of parturition
 $j = 3, 4 \dots 8$

φ_k = fix effect of daily milk production in the k-th day $k=1, 2 \dots 60$

X_k = mean of the variable postpartum daily milk production (60 days)

β_k =effect of the covariable daily milk production on the evaluated variable

a = random effect of the l-th animal $l=1, 2 \dots 30$

e_{ijk} = residual, normal and independently distributed error $(0, \sigma_e^2)$

Results and Discussion

Postpartum weeks showed a significant effect ($P < .0001$) on the performance of studied serum indicators (table 2). However, the number of parturitions and milk production, during the first 60 days of lactation, did not show similar performance. The use of multiparous buffaloes could influence on the results of this research, since primiparous animals require a greater nutrient demand to complete their growth and maintain milk production, which generates a Negative Energy Balance (BEN), and, as a consequence, greater losses of body condition (BC) and intermediary metabolism imbalance (Quinte la *et al.* 2011).

utilizaron tubos de ensayos al vacío sin anti-coagulante (Vacutainer®, Becton-Dickinson, Franklin Lakes, NJ, EUA), los que se transportaron en refrigeración hacia el laboratorio, donde se centrifugaron a 3 000 revoluciones por minuto (rpm) durante 15 minutos para la obtención del suero. Los análisis bioquímicos se realizaron por el método colorimétrico enzimático, con la utilización de kits comerciales (Kovalent Biosys ®) para glucosa (GOD-PAP), colesterol (CHOD-PAP), triglicéridos (GPO-POD), urea (urea UV) y proteínas totales (método Biuret). La determinación de las concentraciones de los metabolitos se realizó mediante espectrofotometría de absorción con luz visible (espectrofotómetro semiautomático Stardust MC 15).

Análisis estadístico. Se utilizó un modelo lineal generalizado mixto con empleo del procedimiento GLIMMIX (Wolfinger y O Connell 1993). Para todos los datos analizados se empleó la función de enlace $\text{dist}=\text{gamma}$ y $\text{link}=\text{log}$, ya que todas las distribuciones probadas rechazaron la prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk, Kramer von Mises, Kolgomorov -Smirnov y Anderson-Darling) y se ajustaron mejor a la distribución gamma mediante el procedimiento Severity del paquete estadístico empleado (SAS 2007 versión 9.1.3). Las medias se compararon con la dócima de Kramer (1956) para las variables evaluadas. Los factores estudiados a través del modelo fueron: Número de partos (3...8), semanas (1...8) y ajuste por covarianza a la producción diaria de leche (60 días).

Modelo

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \gamma_j + \beta_k (\varphi_k - x_k) + a_l + e_{ijk}$$

Donde:

μ = constante común a todas las observaciones.

α_i = efecto fijo de la i-ésima semana post parto
 $i = 1, 2 \dots 8$

γ_j = efecto fijo del j-ésimo número de parto $j = 3, 4 \dots 8$

φ_k = efecto fijo de la producción diaria de leche en el k-ésimo día $k=1, 2 \dots 60$.

X_k = media de la variable producción diaria de leche post parto (60 días).

β_k =Efecto de la covariable producción diaria de leche en la variable evaluada.

a =efecto aleatorio del l-ésimo animal $l=1, 2 \dots 30$.

e_{ijk} = error residual, normal e independientemente distribuido $(0, \sigma_e^2)$.

Resultados y Discusión

Las semanas posparto mostraron efecto significativo ($P < .0001$) en el comportamiento de los indicadores séricos estudiados (tabla 2). Sin embargo, el número de partos y la producción de leche, durante los primeros 60 días de la lactancia, no mostraron similar comportamiento. La utilización de búfalas múltiparas pudo influir en los resultados de la presente investigación, ya que las primíparas requieren mayor demanda de nutrientes para culminar su crecimiento y mantener la producción de leche, situación que genera un Balance Energético

Table 2. Effect of number of parturitions, weeks and milk production on the performance of metabolic indicators

| VS | gl | Significance | | | | |
|-------|----|--------------|-------------|---------------|---------------|--------|
| | | Glucose | Cholesterol | Triglycerides | Total Protein | Urea |
| NP | 4 | 0.0841 | 0.613 | 0.4631 | 0.2566 | 0.3652 |
| SEM | 7 | <.0001 | <.0001 | <.0001 | <.0001 | <.0001 |
| MP 60 | 1 | 0.84 | 0.3900 | 0.9586 | 0.9586 | 0.3010 |

VS: variation source, NP: number of parturitions, SEM: weeks and MP 60: milk production in the first 60 days of lactation

Glycemia dynamics during the first eight postpartum weeks (figure 1) is similar to the performance observed in the lactation curves described by authors in buffalo herds from Venezuela, Colombia and Cuba (Montiel *et al.* 2000; Vélez *et al.* 2010 and García *et al.* 2012). Similarly, the highest glucose concentrations in the present study coincide with the peak of milk production for this species (Suárez and Ramos, 2011 and Fraga *et al.* 2017). However, once the weeks of highest milk production (weeks 5 and 6) have passed, a significant decrease of blood glucose concentrations is observed. Similar values to this research were obtained by Hagawane *et al.* (2009), in female water buffaloes during the initial (2.08 ± 0.19 mmol/L) and medium (3.02 ± 0.35 mmol/L) stage of lactation.

Negativo (BEN), y como consecuencia, mayores pérdidas de condición corporal (CC) y desequilibrio del metabolismo intermediario (Quintela *et al.* 2011).

La dinámica de la glicemia durante las primeras ocho semanas del posparto (figura 1) es similar al comportamiento que se observa en las curvas de lactancias descritas por autores en rebaños bufalinos de Venezuela, Colombia y Cuba (Montiel *et al.* 2000; Vélez *et al.* 2010 y García *et al.* 2012). De igual manera, las mayores concentraciones de glucosa en el presente estudio coinciden con el pico de producción de leche para esta especie (Suárez y Ramos 2011 y Fraga *et al.* 2017). Sin embargo, una vez que se rebasan las semanas de mayor producción láctea (semanas 5 y 6) se observa disminución significativa de las concentraciones de glucosa en sangre. Valores similares a esta investigación obtuvieron Hagawane *et al.* (2009), en

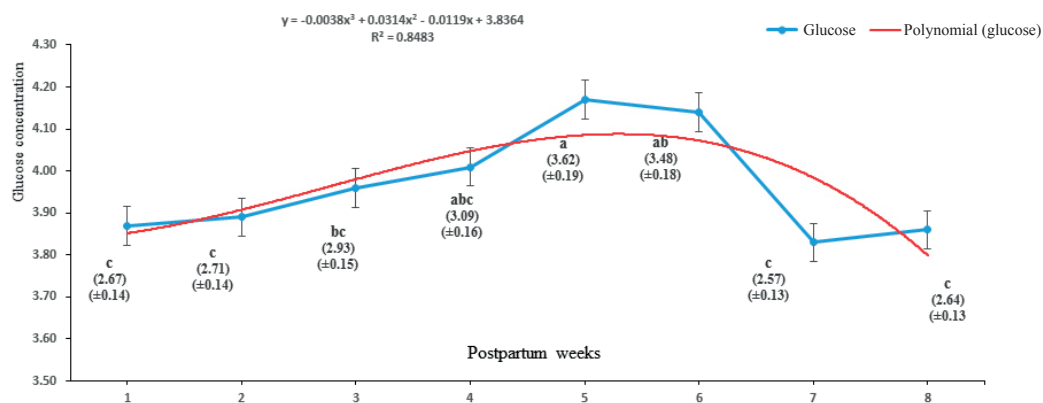


Figure 1. Glucose concentration in blood during the eight first postpartum weeks

() Values retransformed in mmol/L

a, b, c Means with different superscripts differ according to Kramer (1956)

However, Khan *et al.* (2011) found no differences during the first sixty days after parturition. By contrast, in dairy cows, it is confirmed that most research reports the lowest glucose concentrations during the first five weeks after parturition (Santini *et al.* 2009, Galvis *et al.* 2013 and Gallego *et al.* 2017). This suggests that milk production would be one of the factors responsible for the decrease of glucose values, presumably as a consequence of the greater demand for nutrients that the mammary gland imposes on the organism to satisfy production levels.

Although most studies on metabolic profile during the early postpartum period are found in dairy cows, it is possible that the performance of buffaloes in this

búfalas de agua durante la etapa inicial (2.08 ± 0.19 mmol/L) y media (3.02 ± 0.35 mmol/L) de la lactancia.

Sin embargo, Khan *et al.* (2011) no hallaron diferencias durante los primeros sesenta días posteriores al parto. Por el contrario, en vacas lecheras se constata que la mayoría de las investigaciones informan las menores concentraciones de glucosa durante las primeras cinco semanas posteriores al parto (Santini *et al.* 2009, Galvis *et al.* 2013 y Gallego *et al.* 2017). Esto sugiere que la producción de leche sería uno de los factores responsables de la disminución de los valores de glucosa, presumiblemente como consecuencia de la mayor demanda de nutrientes que la glándula mamaria impone al organismo para satisfacer los niveles de producción.

study would also be justified by the low productive levels of the herd. Another analysis that could explain the dynamics and concentration of glycemia is the high fat percentage that buffalo milk contains, compared to dairy cattle. This situation generates greater metabolic activity of adipose tissue (lipolysis) and, in consequence, an increase in gluconeogenic precursors such as glycerol for glucose synthesis. However, further studies are required for deepening in these aspects, because it is known that this precursor, in dairy cows, only contributes between five and ten percent of blood glucose (Galvis and Cardona 2002).

Total cholesterol and triglycerides concentrations (figure 2 and 3) showed continuous increase ($P < .0001$) during the first eight postpartum weeks. Hagawane *et al.* (2009) observed a similar performance of total cholesterol from the early (3.66 ± 0.94 mmol/L) to the medium (11.8 ± 1.94 mmol/L) stage of lactation. Similarly, Monteiro *et al.* (2012) also reported an increase of triglycerides as the days of lactation, in Mehsana female buffaloes, progressed.

Aunque la mayor cantidad de estudios acerca del perfil metabólico durante el posparto temprano se encuentran en vacas lecheras, es posible que el comportamiento de las búfalas en el presente trabajo se justificaría también por los bajos niveles productivos del rebaño. Otro análisis que pudiera explicar la dinámica y concentración de la glicemia es el alto porcentaje de grasa que posee la leche de búfala, si se compara con los vacunos, situación que genera mayor actividad metabólica del tejido adiposo (lipólisis) y, en consecuencia, un incremento de precursores gluconeogénicos como el glicerol para la síntesis de glucosa. No obstante, se requieren estudios posteriores que profundicen en estos aspectos, ya que en vacas lecheras se conoce que este precursor solo aporta entre cinco y diez por ciento de la glucosa en sangre (Galvis and Cardona 2002).

Las concentraciones de colesterol total y triglicéridos (Figura 2 y 3) mostraron incremento continuo ($P < .0001$) durante las primeras ocho semanas del posparto. Hagawane *et al.* (2009) observaron comportamiento similar del colesterol total desde la fase temprana (3.66 ± 0.94 mmol/L) hasta la media (11.8 ± 1.94 mmol/L) de la

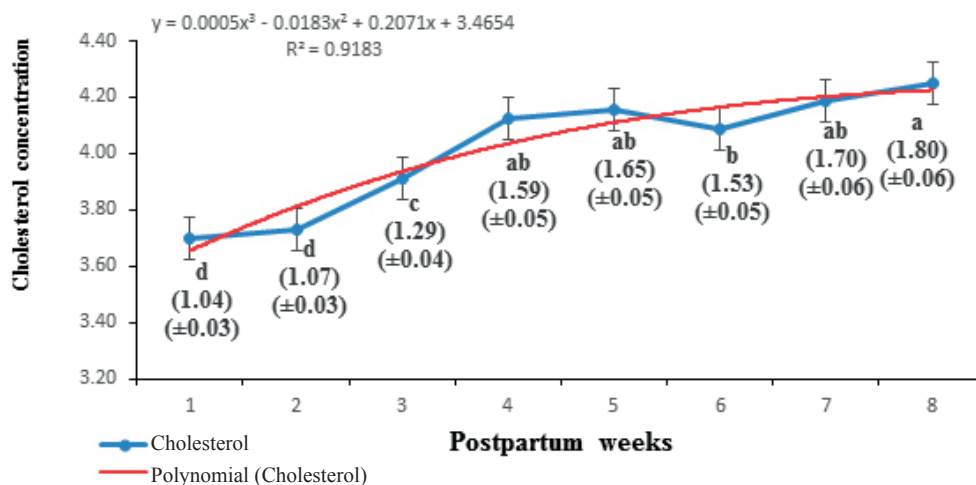


Figure 2. Total cholesterol concentration in blood during the first eight postpartum weeks () Values retransformed in mmol/L
 a, b, c, d Means with different superscripts differ according to Kramer (1956)

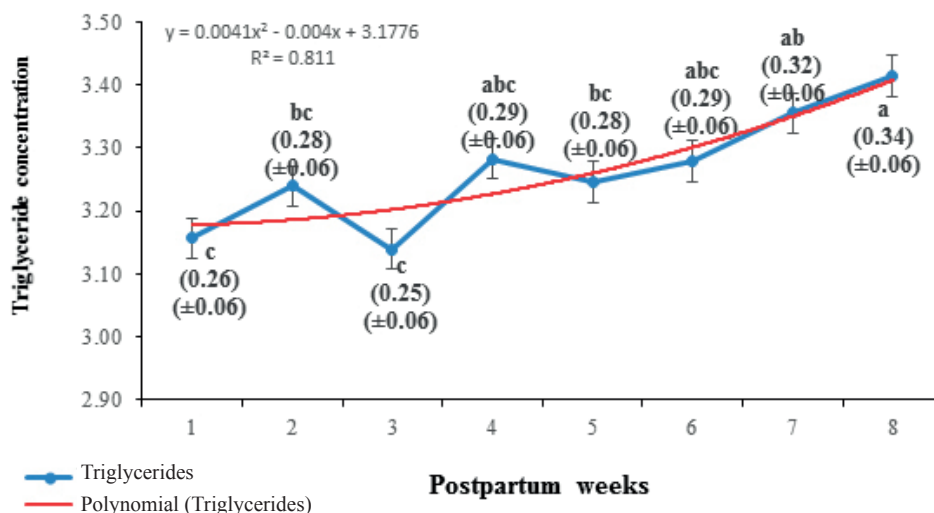


Figure 3. Triglyceride concentration in blood during the first eight postpartum weeks () Values retransformed in mmol/L
 a, b, c Means with different superscripts differ according to Kramer (1956)

The tendency to increase both metabolites can be attributed to the need for energy and lipid substrates once lactation begins. For example, Kessler *et al.* (2014) reported that triglycerides are used by the mammary gland to form milk fats, and their need increases during the first postpartum weeks. Unlike bovine cattle, the high fat percentage present in bubaline milk may justify the continuous increase in lipid concentrations during the first months after parturition.

The lower values of total proteins in blood coincide with the peak of milk production for this species (figure 4). This performance could be due fundamentally to the relationship between the period of greatest nutrient demand for dairy synthesis and a limited protein and energy contribution of pastures consumed by the animals (table 1). Similar results were reported by Cardentey *et al.* (2008), who observed that the lowest concentrations ($P < 0.01$) of serum proteins (47.2 ± 2.6 g/L) corresponded to animals with the highest milk production. Serdura *et al.* (2011) also found a significantly lower proteinemia in lactating female buffaloes (73.0 ± 9.5 g/L), when compared with pregnant animals (55.3 ± 2.53 g/L). However, Yotov *et al.* (2013) did not find similar performance in Murrah buffalo during the initial postpartum stage (28 days). This situation could be fundamentally justified by the productive level, pre and postpartum body condition, the diet used and / or the percentage of protein and energy foods included in the ration. For example, Piccione *et al.* (2012) point out that diets with high levels of starch (concentrates) generate higher production of propionic acid in the rumen and, in consequence, of microbial protein, which is reflected

lactancia. De igual manera, Monteiro *et al.* (2012) también señalaron aumento de los triglicéridos en la medida que avanzaban los días de lactancia en búfalas Mehsana.

La tendencia al incremento de ambos metabolitos se puede atribuir a la necesidad de energía y sustratos lipídicos una vez que se inicia la lactancia. Por ejemplo, Kessler *et al.* (2014) refieren que los triglicéridos son utilizados por la glándula mamaria para formar las grasas lácteas, y su necesidad aumenta durante las primeras semanas del posparto. A diferencia de los vacunos, el elevado porcentaje de grasa presente en la leche bubalina pudiera justificar el incremento continuo de las concentraciones de lípidos durante los primeros meses posteriores al parto.

Los menores valores de las proteínas totales en sangre coinciden con el pico de producción de leche para esta especie (figura 4). Este comportamiento pudiera estar dado fundamentalmente por la relación entre el período de mayor demanda de nutrientes para la síntesis láctea y el limitado aporte proteico y energético de los pastos consumidos por los animales (tabla 1). Resultados similares informaron Cardentey *et al.* (2008), quienes observaron que las concentraciones más bajas ($P < 0.01$) de proteínas séricas (47.2 ± 2.6 g/L) se correspondían con los animales de mayor producción láctea. Serdura *et al.* (2011) también encontraron una proteinemia significativamente inferior en búfalas lactando (73.0 ± 9.5 g/L), al compararlas con los animales gestantes (55.3 ± 2.53 g/L). Sin embargo, Yotov *et al.* (2013) no hallaron similar comportamiento en búfalas Murrah durante la etapa inicial del posparto (28 días), situación que pudiera justificarse por el nivel productivo, la condición corporal pre y posparto, la dieta utilizada y/o el porcentaje de alimentos proteicos y energéticos incluidos en la ración, fundamentalmente.

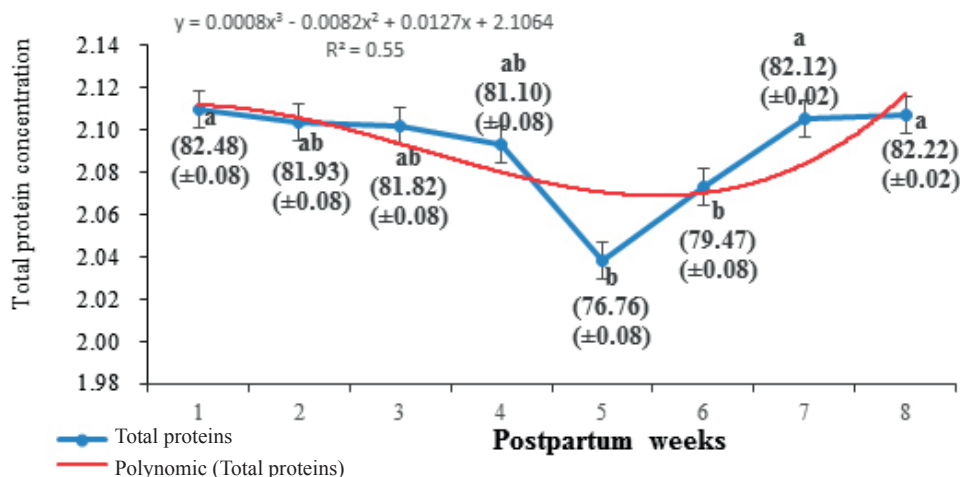


Figure 4. Total protein concentration in blood during the first eight postpartum weeks in female water buffaloes

() Values retransformed in mmol/L

a, b, c Means with different superscripts differ according to Kramer (1956)

in an increase in blood proteins.

Other authors (Cozzi *et al.* 2011) pointed out that the decrease of total protein concentration, during the first postpartum days, is also due to the transfer

Por ejemplo, Piccione *et al.* (2012) señalan que dietas con altos niveles de almidón (concentrados) generan mayor producción de ácido propiónico en el rumen y en consecuencias de proteína microbiana, lo que se refleja

of globulins for the synthesis of colostrum in the mammary gland, and/or decrease of the capacity for protein synthesis in the liver, mainly due to the accumulation of fatty acids from adipose tissue during BEN.

There was a significant increase in blood urea concentrations during the first six weeks after parturition (figure 5). In Mediterranean buffaloes, Verdurico (2015) also found the highest ($P < 0.001$) concentrations of blood urea between the fourth and eighth week of lactation (5.04 mmol/L), comparing it 21 days before parturition (3.0 mmol/L) and during the parturition (3.58 mmol/L). Similarly, recent research in this same species corroborates the influence of the lactation stage on blood urea concentration (Das *et al.* 2017).

en aumento de las proteínas hemáticas.

Otros autores (Cozzi *et al.* 2011), señalan que la disminución de la concentración de proteínas totales, durante los primeros días posparto, se debe también a la transferencia de globulinas para la síntesis de calostro en la glándula mamaria, y/o disminución de la capacidad de síntesis proteica en el hígado, debido fundamentalmente a la acumulación de ácidos grasos provenientes del tejido adiposo durante el BEN.

Se observó incremento significativo de las concentraciones de urea en sangre durante las primeras seis semanas posteriores al parto (figura 5). En búfalas Mediterráneas, Verdurico (2015) también halló las mayores ($P < 0.001$) concentraciones de urea sanguínea entre la cuarta y octava semana de la lactancia (5.04 mmol/L), al compararla 21 días antes del parto

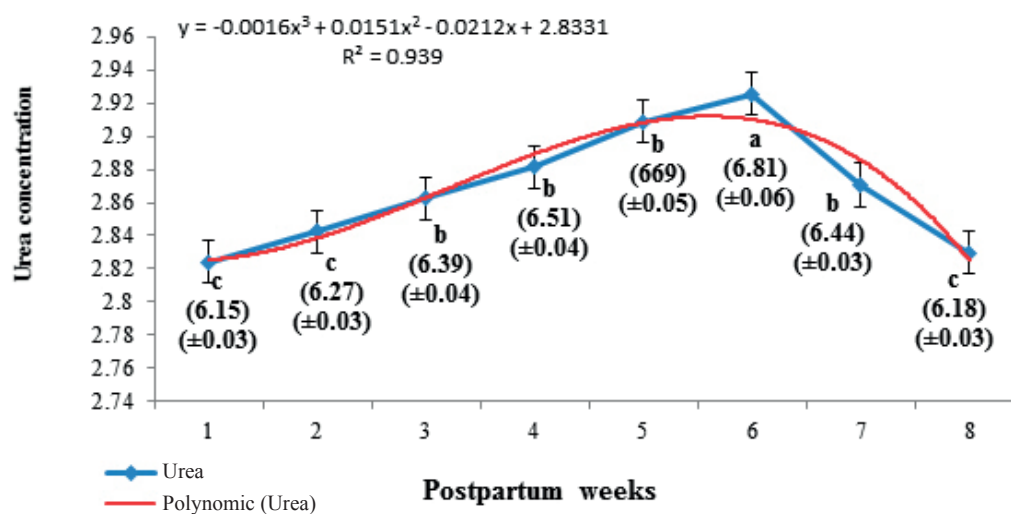


Figure 5. Blood urea concentration during the first eight postpartum weeks in female water buffaloes

() Values retransformed in mmol/L

^{a, b, c} Means with different superscripts differ according to Kramer (1956)

The performance of this metabolite could be caused by the gradual increase of degradation of tissue proteins, as a consequence of a state of undernourishment. All this involves, in addition to adipose tissue, the use of amino acids as an important source of carbon for glucose formation (glucogenic amino acids), an essential substrate for lactose synthesis in the mammary gland. This analysis is based on the evidence from studies of Noro and Wittwer (2012), who demonstrated that gluconeogenesis rate from alanine is more than double in lactating animals, compared during prepartum period. Likewise, Galvis *et al.* (2013) observed a positive and significant correlation among blood urea concentrations, milk production and gluconeogenic activity, the latter evaluated from the hepatic enzyme phosphoenolpyruvate carboxykinase (PEPCK).

It is concluded that, during the first eight weeks after parturition, there are variations in the concentrations of some of the indicators of energy and protein

(3.0 mmol/L) y durante este (3.58 mmol/L). De igual manera, investigaciones recientes en esta misma especie corroboran la influencia de la etapa de lactancia en la concentración de urea en sangre (Das *et al.* 2017).

El comportamiento de este metabolito podría deberse al incremento paulatino de la degradación de las proteínas tisulares, como consecuencia de un estado de subnutrición. Todo ello involucra, además del tejido adiposo, la utilización de aminoácidos como fuente importante de carbono para la formación de glucosa (aminoácidos glucogénicos), sustrato esencial para síntesis de lactosa en la glándula mamaria. Este análisis se sustenta a partir de las evidencias de los estudios de Noro y Wittwer (2012), quienes demostraron que la tasa de gluconeogénesis a partir de alanina es más del doble en animales lactando, comparada durante el parto. De igual manera, Galvis *et al.* (2013) observaron una correlación positiva y significativa entre las concentraciones de urea en sangre, la producción láctea y la actividad gluconeogénica, evaluada esta última a partir de la enzima hepática fosfoenolpiruvato carboxiquinasa (PEPCK).

metabolism in female water buffaloes, mainly due to the mobilization of body reserves, as a consequence of the gradual increase of milk production and nutritional requirements. Under current feeding and management conditions, energy and protein availability are limited, which are aspects that should be considered in the future. It is also recommended to study other physiological stages within the productive cycle and include a higher number of blood indicators. These can provide more information and responses to the performance of intermediary metabolism in dairy female water buffaloes, with respect to other species of domestic animals.

Se concluye que durante las primeras ocho semanas posteriores al parto existen variaciones en las concentraciones de algunos de los indicadores del metabolismo energético y proteico en las búfalas de agua, debido fundamentalmente a la movilización de las reservas corporales, como consecuencia del incremento paulatino de la producción láctea y los requerimientos nutricionales. En las condiciones actuales de alimentación y manejo, resulta limitante la disponibilidad energética y proteica, aspectos que deben ser considerados en el futuro. Se recomienda además estudiar otras etapas fisiológicas dentro del ciclo productivo e incluir mayor número de indicadores sanguíneos. Estos pueden proporcionar mayor información y respuestas al comportamiento del metabolismo intermediario en las búfalas lechera, con respecto a otras especies de animales domésticos.

References

- Balarezo, L., García, J., Hernández, M. & López, R. G. 2016. Metabolic and reproductive state of Holstein cattle in the Carchi region, Ecuador. *Cuban Journal of Agricultural Science*. 50 (3): 381-392, ISSN: 2079-3480.
- Cardentey, O., Gutiérrez, O., Oramas, A., Montejo, A. & Cueto, M. 2008. Comportamiento de algunos indicadores sanguíneos del metabolismo proteico en un rebaño de búfalas lecheras en condiciones de pastoreo. *Nota técnica. Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 42(3): 265-267, ISSN: 0034-7485.
- Cozzi, G., Ravarotto, L., Gottardo, f., Stefani, A., Contiero, B., Moro, I., Brscic, M. & Dalvit, P. 2011. Short communication: Reference values for blood parameters in Holstein dairy cows : Effects of parity, stage of lactation, and season of production. *Journal of Dairy Science*. 94(8): 3895-3901, ISSN: 0022-0302.
- Das, H., Lateef, A., Panchasara, H., Ali, M., Kalita, P. & Doley, P. (2017). Effect of Lactation Stages on Blood Metabolic Profile of Mehshani Buffalo (*Bubalus bubalis*). *International Journal of Livestock Research*. 7(4): 256-263, ISSN: 2277-1964.
- Espósito, G., Irons, P. C., Webb, C. & Chapwanya, A. 2014. Interactions between negative energy balance, metabolic diseases, uterine health and immune response in transition dairy cows, *Animal Reproduction Science*, 60(71): 144-153, ISSN: 0378-4320.
- Fraga, L., García, D., García, Y., Mora, M., Rodríguez, L., Sánchez, A., Simón, M., Arce, A. & De Armas, Y. 2017. Productive and reproductive performance of water buffaloes in Empresa Pecuaria Genética del Este, in Cuba. Suggestions for their improvement. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 51(2): 1-7, ISSN: 2079-3480.
- Gallego, C., Peñalver, A., García, A., Méndez, M., Souza, M., Oba, E. & García, R. 2017. Influence of the physiological state on the energy, protein and endocrine metabolism, in Siboney de Cuba cows. *Cuban Journal of Agricultural Science*. 51(4): 375- 381, ISSN: 2079-3480.
- Galvis, R. & Cardona, H. 2002. Interacciones entre el metabolismo y la reproducción en la vaca lechera: es la actividad gluconeogénica el eslabón perdido?. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 15(1): 37- 49, ISSN:0120-0690.
- Galvis, R., Correa, H., Ramírez, N. & Soler, W. 2013. Influencia de las alteraciones metabólicas sobre la actividad PEPCK, la generación de IGF-1 plasmático y la reactivación ovárica en vacas en la lactancia temprana. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 16(3): 237-248, ISSN: 2256-2958.
- García, Y., Fraga, L. M., Guzmán, G., Mora, M., D. García, D. & Padrón, E. 2012. Evaluation of dairy performance of crossbred (Buffalypso x Carabao) buffalo cows. *Cuban Journal Agricultural Science*. 46(3): 357-361, ISSN: 2079-3480.
- Hagawane, S., Shinde, S. & Rajguru, D. 2009. Haematological and Blood Biochemical Profile in Lactating Buffaloes in and around Parbhani city. *Veterinary World*. 2(12): 467-469, ISSN: 0972-8988.
- Kessler, E., Gross, J., Bruckmaier, R. & Albrecht, C. 2014. Cholesterol metabolism, transport, and hepatic regulation in dairy cows during transition and early lactation. *Journal of Dairy Science*. 97(9): 5481-5490, ISSN: 0022-0302.
- Khan, H., Mohanty, T., Bhakat, M., Raina, V. & Gupta, A. 2011. Relationship of Blood Metabolites with Reproductive Parameters during. *Asian Australasian Journal of Animal Sciences*, 24(9): 1192 – 1198, ISSN: 1011-2367.
- Kramer, C. 1956. Extension of multiple range tests to group means with unequal numbers of replications. *Biometrics*. 12(3): 307-310, ISSN: 1541-0420.
- Monterio, B., Yasuoka, M., Pogliani, F., Ayres, H., Viana, R. & Birgel, E. 2012. Lipid and glucose profiles of dairy buffaloes during lactation and dry period. *Revista de Ciencias Agrarias*. 55(1): 33-39, ISSN: 1981-0997.
- Montiel, N., Angulo, S. & Perozo, F. 2000. Variaciones en los parámetros productivos en búfalas mestizas de primer y segundo parto en un bosque muy seco tropical de Venezuela. In: I Congreso Internacional sobre Mejoramiento Animal. CIMA. La Habana, Cuba.
- Noro, M. & Wittwer, F. 2012. Interrelaciones entre ureagénesis y gluconeogénesis hepática en rumiantes alimentados con elevado contenido de nitrógeno. *Veterinaria México*. 43(2): 143-154, ISSN 0301-5092.
- Piccione, G., Messina, V., Marafioti, S., Casella, S., Giannetto, C. & Fazio, F. 2012. Changes of some haematochemical parameters in dairy cows during late gestation, post partum, lactation and dry periods. *Veterinarian Medical Zootécnica*.

58(80): 1392-2130, ISSN: 1695-7504.

- Quintela, L., Becerra, J., Rey, C., Días, C., Cainzos, J., Rivas, F. & Huanca, W. 2011. Perfiles metabólicos en preparto, parto y postparto en vacas de raza rubia gallega: estudio preliminar. *Recursos Rurais*. 7(5): 5-14, ISSN: 2255-5994.
- Santini, L., Drescher, K., Ruiz, A., Pérez, R., Domínguez, C., Benezra, M. & Martínez, N. 2009. Relación entre los niveles de glucosa e insulina sanguínea y el reinicio de la actividad ovárica en vacas de doble propósito con diferentes condiciones corporales al parto y diferente nivel de alimentación postparto. *Interciencia*. 34(5): 65-71, ISSN: 0378-1844.
- SAS. 2007. User's Guide Statistics Version 9.1.3. SAS Institute. INC, Cary, N.C., USA.
- Serdura, M., Nicolae, I., Enculescu, M., Bota, A. & Bolocan, E. 2011. Seasonal Variations of some Hematological and Biochemical Parameters of the Carpathian Romanian Buffaloes. I. The Winter Period. *Animal Science and Biotechnologies*, 44(1): 637-645, ISSN: 2049-1891.
- Suárez, M. & Ramos, F. 2011. Caracterización del comportamiento productivo y reproductivo en Búfalas Buffalypso en Cuba. *Zootecnia Tropical*. 29(4): 485-494, ISSN: 0798-7269.
- Vélez, C., Gallo, J., Cerón, M., Hurtado, N. & Agudelo, D. 2010. Estimación de la curva de lactancia mediante modelos matemáticos lineales y no lineales en búfalas colombianas. *Revista Lasallista de Investigación*. 5(1): 34-44, ISSN: 1794-4449.
- Verdurico, L. 2015. Metabólitos sanguíneos de búfalas da raça Mediterrâneo no período de transição e início de lactação. Teses apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Produção Animal da Faculdade de Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para obtenção do Título de Master em Ciências Veterinárias. Pirassununga, Brasil.
- Wolfinger, R. & O'Connell, M. 1993. Generalized linear models: a pseudo-likelihood approach. *Journal of Statistical Computation and Simulation*. 48 (6): 233-243, ISSN: 1563-5163.
- Yotov, S., Atanasov, A. & Ilieva, Y. (2013). Relationship of Some Blood Serum Parameters with Reproductive Performance of Bulgarian Murrah Buffaloes after Hormonal Treatment during the Early Postpartum (Preliminary Study). *Journal Veterinarian Advance*. 3(5):160-164, ISSN: 2251-7685.

Received: May 7, 2019