PERFIL METABÓLICO DURANTE EL PERÍODO DE TRANSICIÓN PREPARTO Y POSPARTO DE VACAS HOLSTEIN DEL DISTRITO J. EULOGIO ESTIGARRIBIA, PARAGUAY.

METABOLIC PROFILE IN HOLSTEIN COWS DURING THE ANTEPARTUM AND POSTPARTUM TRANSITION PERIOD, IN J. EULOGIO ESTIGARRIBIA DISTRICT, PARAGUAY.

Zarate Frutos R¹, Pedrozo Prieto R², Contrera Godoy J², Alonso Vera N³, Torres Ñumbay M¹, Ortega Perez O¹, Lara Nuñez M¹, Baez Escalante M¹, González A¹, Branda L⁴

¹Universidad Nacional de Asunción - Facultad de Ciencias Veterinarias - Departamento de Ciencias Fisiológicas - San Lorenzo - Paraguay

²Universidad Nacional de Asunción - Facultad de Ciencias Veterinarias - Departamento de Patología y Clínica - División Patología Clínica - San Lorenzo - Paraguay

³Universidad Nacional de Asunción - Facultad de Ciencias Veterinarias - Departamento de Producción Animal - División Ganado Bovino de Leche - San Lorenzo - Paraguay

⁴Universidad Nacional de Asunción - Centro Multidisciplinario de Investigaciones Tecnológicas - San Lorenzo - Paraguay

RESUMEN. El objetivo del presente trabajo fue establecer y comparar el perfil metabólico de energía, proteínas, mineral y de salud en vacas Holstein en transición pre y posparto de la principal región productora de leche en Paraguay. Con dicho propósito se obtuvieron muestras de sangre en las semanas 3 a 1 del parto y 3 a 4 de lactancia en las que se determinaron las concentraciones séricas de urea, proteína total, albúmina, globulinas, β -hidroxibutirato (BHB), colesterol, calcio (Ca), fosfato inorgánico (Pi), magnesio (Mg), hemoglobina en sangre y actividad sérica de Aspartato aminotransferasa (AST). Los análisis fueron realizados mediante espectrofotometría en los Laboratorios de Ciencias Fisiológicas y Patología Clínica de la Facultad de Ciencias Veterinarias (FCV) de la Universidad Nacional de Asunción (UNA). Los resultados señalan que la condición metabólica de proteínas, energía, mineral y de salud en las vacas analizadas es acorde con los estándares definidos para vacas Holstein de otras regiones. Se observaron cambios en las concentraciones sanguíneas de la mayoría de los analitos evaluados (disminución en el posparto respecto a sus valores preparto para proteínas, albúmina, Ca, Pi y hemoglobina y aumento de urea, colesterol, Mg y AST) permaneciendo sin cambios solo los valores de BHB y globulinas, hecho que se asocian a los cambios homeostáticos propios del paso de la condición de gestación a lactancia. Se concluye que las vacas analizadas en este trabajo tienen un correcto balance energético y mineral.

Palabras clave: perfil metabólico, transición, preparto, posparto, Holstein

ABSTRACT. The aim of this study was to determine and compare the metabolic profile of energy, protein, mineral and health in pre- and postpartum transition Holstein cows of main milk producing region in Paraguay. With this purpose blood samples were obtained at weeks -3 to -1 of delivery and 3 to 4 of lactation in which serum urea, total protein, albumin, globulins, β -hydroxybutyrate (BHB), cholesterol, calcium (Ca), inorganic phosphate (Pi), magnesium (Mg), blood hemoglobin and serum activity of aspartate aminotransferase (AST) were determined. Analyses were performed by spectrophotometry in the laboratories of Physiological Sciences and Clinical Pathology, Faculty of Veterinary Sciences (FCV) at the National University of Asunción (UNA). The results indicate that the metabolic condition of protein, energy, mineral and health in cows analyzed is according to the standards defined for Holstein cows from other regions. Changes were observed in blood concentrations of most evaluated analytes (decrease postpartum regarding their prepartum values for protein, albumin, Ca, Pi and hemoglobin and increased urea, cholesterol, Mg and AST) remaining unchanged only BHB values and globulins, made that are associated with changes homeostatic own transition from gestation to lactation condition. It is concluded that cows analyzed in this work have proper energy and mineral balance.

Keywords: metabolic profile, transition, antepartum, postpartum, Holstein

doi: 10.18004/compd.cienc.vet.2016.06.01.35-42

Dirección para correspondencia: Prof. Dra. Raquel Pedrozo Prieto - Laboratorio de Patología y Clínica - Facultad de Ciencias Veterinarias - Universidad Nacional de Asunción - Casilla de Correo N° 1061 - Ruta Mcal. Estigarribia Km 10,5 - Campus Universitario - San Lorenzo - Paraguay.

E-Mail: rpedrozo@vet.una.py

Recibido: 03 de marzo de 2016 / **Aceptado:** 29 de mayo de 2016

INTRODUCCIÓN

La lechería bovina en Paraguay está en franco desarrollo, habiendo alcanzado en el año 2014 una producción de 847 millones de litros de leche de la cual se procesó el 76%. El número de ganaderos dedicados a la producción de leche aumentó, principalmente entre aquellos que trabajan con Cooperativas. Entre el 47 y 48 % de la producción de leche se encuentra en el Distrito J. Eulogio Estigarribia (Campo 9); luego, está el Chaco Central, seguido por Colonias Unidas (Itapúa), San Pedro y otras pequeñas zonas emergentes en casi todo el país. La producción de leche a nivel mundial se realiza empleando vacas de la raza Holstein, situación que corresponde en un 90% a la producción en el Paraguay. Sin embargo, también se utilizan en el país las razas Jersey, Pardo Suizo y el Gir Holando, entre otras (1).

El período de transición de la vaca lechera, compuesto desde las últimas tres semanas preparto y hasta las tres primeras semanas posparto (2,3,4) constituye el de mayor exigencia metabólica para mantener su homeostasia, producto de los cambios fisiológicos, nutricionales, metabólicos e inmunes (3) que se presentan en la vaca que pasa de un estado gestacional no lactante al de inicio de la síntesis y secreción de leche (5). Es el momento más crítico en el ciclo de vida de las vacas lecheras, con la mayor incidencia de alteraciones metabólicas (2,4,6) e infecciones (4), lo que puede perjudicar toda la expectativa de producción de una lactancia, resultando en un impacto económico significativo en los establecimientos productores de leche (6).

El mantenimiento de la salud y la productividad en el período de transición es uno de los retos más difíciles a que el ganado vacuno lechero se enfrenta. El consumo de materia seca disminuye alrededor del parto, mientras que la demanda de energía y calcio aumentan para la lactancia. Esto resulta en un balance energético negativo (BEN) con un aumento de la movilización de lípidos subsecuente y la producción de cuerpos cetónicos. En los primeros días después del parto, también se produce hipocalcemia moderada a sustancial (7).

Por otra parte, limitaciones nutricionales, ambientales o de manejo durante este período pueden impedir a la vaca alcanzar el máximo de producción de leche. La temperatura es un factor ambiental eficaz que afecta el bienestar y el

rendimiento de vacas lecheras. El estrés por calor y humedad afecta negativamente a la lactancia y variables de rendimiento reproductivo, especialmente el consumo de materia seca y la producción de leche (8).

Por lo dicho anteriormente, durante el período de transición la capacidad homeorrética se ve sobrepasada, produciéndose en la vaca el estrés metabólico (3,4). De allí que la determinación de la concentración de analitos cuyas concentraciones son influidas por el estatus metabólico de los nutrientes en el organismo, se realiza frecuentemente en muestras de sangre, leche y orina de vacas lecheras. Su determinación permite evaluar la condición o balance metabólico nutricional de los animales e identificar tempranamente los trastornos metabólicos que afectan de forma clínica o subclínica a los rebaños (3).

La implementación de programas de monitoreo de la salud de un rebaño pretende detectar los problemas en forma precoz a fin de una inmediata intervención y acompañamiento de la situación. El análisis del perfil metabólico permite evaluar la condición energética, proteica y mineral de los animales, posibilitando así analizar cambios y realizar ajustes que puedan ser imprescindibles para minimizar la prevalencia e incidencia de enfermedades durante el período de transición (6).

Un perfil metabólico se define como una serie de pruebas analíticas específicas, ejecutadas en combinación y utilizadas como una herramienta diagnóstica orientada a evaluar la salud del rebaño. Es un examen complementario utilizado en la evaluación y diagnóstico de las “enfermedades de la producción”. El mismo, indica el grado de adecuación de las principales vías metabólicas relacionadas con energía, proteína y minerales, así como la funcionalidad de órganos vitales para la producción, como es el hígado (9), o el grado de salud o bienestar de los animales (3).

La producción de leche en regiones tropicales tiene lugar principalmente en sistemas de pastoreo, usando suplementos basados en cereales en diferentes porcentajes, de acuerdo al mérito genético y a la fase productiva de la lactación. Bajo similares condiciones de manejo, la alta variación genética individual será responsable de la regulación homeostática durante el período de transición (10).

El objetivo del presente trabajo fue establecer y comparar el perfil metabólico de energía, proteínas, mineral y de salud en vacas Holstein en transición pre y posparto de la principal región productora de leche en Paraguay.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras provinieron de 6 tambos de alta productividad con vacas en producción ubicados en el Departamento de Caaguazú, distrito de Dr. J.E. Estigarribia o "Campo 9", Colonia Sommerfel. Km 210 sobre ruta 7 José Gaspar Rodríguez de Francia (25°22'11.34" Sur y 55°41' 47" Oeste). Su altitud es 313 msnm y con un clima templado (media de 22°C, mínima de 0°C y máxima de 40°C) y con precipitaciones abundantes (1560 mm al año).

Se seleccionaron 30 vacas de la raza Holando (Holstein) 5 vacas de cada uno de los 6 tambos, clínicamente sanas, con edad comprendida entre 3 a 4 años con condición corporal de 3,5 a 4,5 al inicio del ensayo 2 semanas antes de la fecha probable de parto. De las mismas vacas se obtuvieron muestras en el posparto, las vacas eran de segunda y tercera parición, con una producción de 20 a 30 L/día, con condición corporal de 2,5 a 3,5. Las muestras fueron obtenidas en los meses de junio y julio del año 2013.

La alimentación de las vacas preparto fue a base de pastoreo directo *Brachiaria* spp., y suplementadas con balanceado preparto con 17% de proteína bruta, ensilaje de maíz planta entera y sal mineral pre parto, ambos *ad libitum*. Después del parto la dieta consistió en pastoreo con pasturas de *Panicum* spp y suplementadas con balanceado "alta producción" con 20% de proteína bruta (PB) (1 kg por cada 3 litros de leche producida); ensilaje de maíz húmedo; burlanda de maíz (subproducto industrial del proceso de destilación del alcohol a base de maíz, con alto contenido proteico hasta 36%), fardo seco de *Brachiaria* spp; y sal mineral vacas lactantes en saleros, los cuatro últimos *ad libitum*.

De las 30 vacas se obtuvieron muestras de sangre, mediante punción de la vena coccígea en dos ocasiones, dos semanas previas a la fecha probable de parto, y entre la 3 y 4 semanas postparto, ambos períodos correspondientes a los períodos de transición preparto y postparto respectivamente (9). Cada muestra de sangre fue distribuida en dos tubos,

1 mL en un tubo con EDTA y 9 mL en un tubo para obtención de suero. Las muestras fueron mantenidas a 4°C y transportadas al laboratorio dentro de las 24 h.

Las muestras de sangre fueron procesadas en los Laboratorios de Patología Clínica y Ciencias Fisiológicas de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Nacional de Asunción, determinándose la concentración de los siguientes analitos: urea, método de ureasa Berthelot modificado a 37°C (600 nm); proteína total, método de Biuret a 25°C (560 nm); albúmina, método Verde de Bromocresol a 25°C (560nm); globulina por diferencia entre proteína total y albúmina.

El β -hidroxibutirato (BHB), mediante el método enzimático cinético a 37°C (340 nm); colesterol, método CHOD-PAP a 37°C (505 nm); calcio, por el método o-Cresoftaleína-complexona a 25°C (600 nm); fosfato inorgánico, por el método Fosfomolibdato a 25°C (340 nm); magnesio, por el método Magnesio calmagita a 25°C (535 nm); hemoglobina, por el método Cianometahemoglobina (535 nm); Aspartato aminotransferasa (AST; EC 2.6.1.1), por el método Federación Internacional de Química Clínica (IFCC) mod. sin fosfato piridoxal a 37°C (340 nm) (11).

Se utilizaron kits reactivos Randox (Reino Unido) para BHB y kits Human (Alemania) para las demás determinaciones, las mismas fueron realizadas utilizando fotómetro semiautomático Biosystems BTS 350 (España) y los resultados se expresan en el Sistema Internacional de Unidades (SIU).

Para cada analito se obtuvieron los valores promedio y desviación estándar (DE) en ambos períodos estudiados y se compararon ambos períodos utilizando la prueba de "t" de Student (12); utilizando para el análisis el paquete estadístico InfoStat (versión estudiantil) (13). Se consideró la diferencia estadísticamente significativa cuando $p < 0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores de las concentraciones sanguíneas de los analitos estudiados y que corresponden a los perfiles proteico, energético, mineral y de salud o bienestar animal se presentan en las Tablas 1, 2, 3 y 4.

Tabla 1. Concentraciones séricas ($x \pm DE$) de urea, proteína total y albúmina para el preparto y postparto del período de transición en vacas Holstein..

Período de Transición	Urea (mmol/L) Media $\pm$ DE	Proteína total (g/L) Media $\pm$ DE	Albúmina (g/L) Media $\pm$ DE
Preparto	6,4 $\pm$ 2,5	84 $\pm$ 8,1	38 $\pm$ 7,1
Postparto	8,5 $\pm$ 1,4	71 $\pm$ 9,9	27 $\pm$ 8,9
Estadístico T	T= 3,99	T=5,38	T=5,56
probabilidad	p= 0,0002	p< 0,0001	p< 0,0001

* Se usó la corrección de Satterwait si las varianzas no fueron homogéneas para un nivel de significación del 5%.

Analizando el perfil proteico (Tabla 1) dos semanas antes de la fecha probable de parto; que corresponde al período de transición preparto, la media de las concentraciones séricas de urea, proteína total y albúmina se encontraron dentro del Intervalo de Referencia (IR) publicado por Wittwer (2012) que son: urea 2,6 a 7,0 mmol/L, proteína total 66 a 90 g/L y albúmina 29 a 41 mmol/L (9).

La media de la concentración sérica de urea aumentó en el posparto ($p=0,0002$), encontrándose por encima del IR (9) 3 a 4 semanas después del parto. La uremia es un marcador de respuesta rápida, sensible y específico de la sincronía de la proteína degradable (RDP) con la energía disponible en el rumen (RDP:E^o). Su mayor utilidad es en el diagnóstico de asincronía ruminal producto de una ingesta elevada de RDP o escasa en energía, situaciones en que incrementa su concentración en sangre (3,9). Las vacas en este estudio fueron alimentadas con balanceados con 17% de PB en el preparto y 20% de proteína bruta en el posparto, además se le alimentó con burlanda de maíz *ad libitum* que puede tener 36% de proteína. El aumento de urea se puede observar posterior a la ingesta de alimentos (15).

La uremia evidenciada en el posparto podría deberse a asincronía ruminal por una ingesta elevada de proteínas asociada al elevado contenido de proteínas del balanceado y la burlanda de maíz, más que a una carencia de energía ya que en el estudio no se evidenció un balance energético negativo o BEN. El 40% y 87% de las vacas incluidas en este trabajo presentaron concentraciones séricas elevadas de urea en el preparto y posparto respectivamente, debiéndose revisar los intervalos de referencia para vacas lecheras de la región para interpretar mejor los resultados.

Ningún animal presentó hipoalbuminemia en el preparto, sin embargo, el 57% de las vacas presentó hipoalbuminemia en el posparto. Las medias de las concentraciones séricas de proteína y albúmina disminuyeron significativamente durante el período de transición posparto ($p<0,0001$). Las mismas se encontraron dentro y bajo el IR publicado por Wittwer (2012) (9).

La albuminemia es un marcador de respuesta lenta (2 semanas) frente a una disminución en la síntesis hepática de albúmina, producto de carencias en la dieta o un desgaste por sostener altas producciones lácteas (3,9). La síntesis de la proteína en la leche reduce la síntesis de otras proteínas y por eso la concentración de la albúmina disminuye a medida que la lactación aumenta (16). La sensibilidad de la albúmina es limitada y su especificidad baja, ya que otras alteraciones orgánicas como la disfunción hepática cursan con hipoalbuminemia (3,9). Los resultados de este estudio indican que la síntesis de proteína de la leche, disminuyó la síntesis de albúmina en las vacas en la 3ra a 4ta semana de lactación, ya que no se evidenciaron alteraciones hepáticas.

Los resultados obtenidos en el perfil proteico no coinciden con los de Campos *et al* (2012) (10) donde no fueron encontradas diferencias en las concentraciones medias de los valores de urea ($p>0,05$) en los momentos preparto y posparto, ni con Alvarenga *et al* (2015) (6) y donde las concentraciones séricas medias de proteína total y albúmina no presentaron diferencias ($p>0,05$) en los períodos estudiados. Sin embargo, coinciden parcialmente con los resultados de Campos *et al* (2012) (10) en los resultados de las medias de las concentraciones de proteína total con diferencias entre períodos ($p<0,05$). Esto podría explicarse por la transición en el proceso de adaptación al nuevo estado fisiológico del animal. En cuanto la lactancia progresa, los requisitos disminuyen, y así el animal puede llegar a la homeostasis (17). En general, los valores bajos de proteína total pueden mostrar un déficit relativo en la entrada de la proteína en la dieta de los animales, lo que reduce la disponibilidad de aminoácidos para la síntesis de proteína microbiana. Menor síntesis de proteína bacteriana genera menor cantidades de precursores para la síntesis de la albúmina en el hígado. Por otro lado, la uremia tiene efectos negativos sobre la integridad del hígado, el tejido mamario y el comportamiento reproductivo

con la disminución de las tasas de preñez y una elevación del pH uterino después del estro (10).

Al analizar el perfil energético (Tabla 2), se observa que la media de las concentraciones séricas de β -hidroxibutirato se encontró dentro del IR publicado por Wittwer 2012 y 2015 que son; pre parto <0,5 mmol/L y lactancia <1 mmol/L (3,9) en ambos momentos estudiados, dentro del período de transición. La media de BHB aumentó levemente ($p=0,11$) en el postparto.

Tabla 2. Concentración sérica de β -hidroxibutirato y colesterol, ($x \pm DE$) durante dos momentos del período de transición en vacas Holstein.

Período de Transición	β -hidroxibutirato (mmol/L) Media $\pm$ DE	Colesterol (mmol/L) Media $\pm$ DE
Preparto	0,46 $\pm$ 0,3	2,1 $\pm$ 0,4
Postparto	0,57 $\pm$ 0,2 ^a	3,3 $\pm$ 1,2
Estadístico T	T=1,64	T=5,08
Probabilidad	p= 0,11	p< 0,0001

* Se usó la corrección de Satterwait si las varianzas no fueron homogéneas para un nivel de significación del 5%.

El BHB es un buen marcador de respuesta rápida del grado de síntesis de cuerpos cetónicos asociado a la movilización de lípidos producto del Balance Energético Negativo (BEN); es un analito de alta sensibilidad, especialmente en vacas en lactancia, pero con limitada especificidad por la absorción de butirato ruminal (3,9). La concentración de ácidos grasos libres (NEFA) refleja la magnitud de movilización de lípidos de las reservas y refleja el consumo de materia seca, mientras que el BHB refleja la completa oxidación de lípidos en el hígado (18).

Los resultados de este trabajo no coinciden con Alvarenga *et al* (2015) (6) donde las concentraciones medias de BHB presentaron aumento ($p<0,05$) en el período postparto en relación con el preparto. En dicho rebaño ocurrió BEN de baja intensidad, ya que los animales no presentaron concentraciones de NEFA elevados. La intensidad de BEN está relacionada con la intensidad de movilización de NEFA y consecuentemente la producción de BHB (6). Sin embargo, coinciden con los resultados de Weschenfelder *et al* (2010) (19), donde los promedios de BHB están dentro del IR para los grupos preparto y lactancia (20).

La colesterolemia es un indicador de consumo de la ración y de aporte de fibra en la dieta,

por lo que su disminución se asocia a baja ingesta. Las concentraciones medias de colesterol en ambos momentos estudiados dentro del período de transición, se encontraron dentro del IR publicado por Wittwer (2015) (3) para el preparto y postparto. Sin embargo la media de colesterol aumentó significativamente ($p<0,0001$) en el postparto con relación al preparto como es de esperarse. Su concentración aumenta notoriamente con el aumento de consumo en el postparto requiriéndose IR para preparto 1,7 a 4,3 mmol/L y postparto (lactancia) 2,7 a 5,3 mmol/L (3,9).

Los resultados de este estudio coinciden con los de Ceballos *et al* (2002) (16) y Alvarenga *et al* 2015 (6) donde se observaron valores medios más bajos en el preparto con relación al postparto ($p<0,05$). La disminución en la síntesis de colesterol en el preparto ocurre cuando hay restricción en la alimentación, llevando a menor concentración de insulina y aumento de glucagón y cortisol. El aumento de las concentraciones de colesterol en el postparto es por aumento del consumo de alimentos, con incremento de la captación de lípidos por el hígado y mejora del BEN (6). Los valores medios de BHB y colesterol séricos se encontraron dentro del IR (3,9) en los momentos del período de transición preparto y postparto estudiados lo que nos permite inferir un correcto balance energético.

Con respecto al perfil mineral (Tabla 3), la media de la concentración sérica de calcio total preparto se encontró por encima del IR publicado por Wittwer (2012) que es 2,0 a 2,6 mmol /L (9) y dentro del rango de referencia publicado por Kaneko (2008) que va de 2,43 a 3,10 mmol/L (21) y disminuyó ($p=0,0003$) para ubicarse dentro del IR (9,21) 3 a 4 semanas después del parto.

Tabla 3. Concentración sérica de calcio, fosfato inorgánico y magnesio ($x \pm DE$) durante dos momentos del período de transición en vacas Holstein.

Período de Transición	Calcio (mmol/L) Media $\pm$ DE	Fosfato inorgánico (mmol/L) Media $\pm$ DE	Magnesio (mmol/L) Media $\pm$ DE
Preparto	2,9 $\pm$ 0,4	2,0 $\pm$ 0,4	0,8 $\pm$ 0,3
Postparto	2,6 $\pm$ 0,3	1,7 $\pm$ 0,4	1,3 $\pm$ 0,1
Estadístico T	T=3,83	T=3,31	T=7,42
Probabilidad	p= 0,0003	P=0,002	p< 0,0001

* Se usó la corrección de Satterwait si las varianzas no fueron homogéneas para un nivel de significación del 5%.

El período de transición en las vacas se caracteriza por cambios endocrinos y homeostáticos destinados a mantener la calcemia con un mínimo de variación (22). La disminución de la concentración de calcio en la sangre en el puerperio se debe a la mayor movilización de este mineral a la glándula mamaria para la síntesis de calostro (23). Por lo tanto, en esta etapa, la capacidad del animal para mantener la homeostasis del Ca se pone a prueba (24).

Los resultados de esta investigación coinciden con los de Wageman 2012 (25) que reporta que la calcemia fue menor en la categoría lactancia que en el parto ($p < 0,05$) en el período 1986-2002 en el sur de Chile (25), sin embargo no coinciden con los resultados de Alvarenga *et al* (2015) (6) y Campos *et al* 2012 (10) donde no hubo diferencia ($p > 0,05$) en las concentraciones séricas medias de calcio entre los momentos de colecta de muestras (6,10).

La calcemia es un indicador de utilidad sólo frente a cuadros clínicos o subclínicos de hipocalcemia, pues su intenso control hormonal tiende a mantener constante la concentración sanguínea, por lo que su sensibilidad para detectar desbalances nutricionales es baja (3,9), aunque últimamente se ha descrito la importancia de controlar las calcemias ($\text{Ca} < 8,0 \text{ mg/dL}$) en el período de transición por su asociación con procesos inflamatorios al inicio de lactancia (3), debido a que si los mecanismos para mantener la concentración normal de calcio en la sangre fallan, la vaca presenta después del parto un alto riesgo de cursar con hipocalcemia o, en casos menos graves, una reducción de la ingesta de alimentos, hipomotilidad ruminal e intestinal, menor producción de leche y una mayor susceptibilidad a las enfermedades infecciosas y metabólicas (24). La reducción de la ingesta de materia seca, debido a problemas con la homeostasis de calcio, es un agravante del factor del balance energético negativo (18).

La media de las concentraciones de fosfato inorgánico (Pi) se encontró dentro del IR; 1,1 a 2,3 mmol/L (9) en ambos momentos estudiados. El valor medio de Pi disminuyó significativamente ($p = 0,002$) en el posparto con respecto al parto.

Se observaron los valores más bajos de Pi en el posparto lo que indica que al inicio de la lactancia hay un cambio de dirección del Pi presente en la sangre hacia la glándula mamaria. El riesgo de

deficiencias de P aumenta en el inicio de la lactancia cuando se movilizan Ca y Pi a través de la resorción ósea para satisfacer la demanda de esos nutrientes (10).

Los resultados de este trabajo coinciden con los de Wageman 2012 (25) que señalan que la fosfatemia es más elevada al parto que en la lactancia ($p < 0,05$) (25), pero no coinciden con los resultados de Alvarenga *et al* (2015) (6) donde no hubo diferencia ($p > 0,05$) en los valores medios de Pi entre los períodos estudiados (6,10).

La fosfatemia es un marcador sensible y de respuesta rápida frente a situaciones de desbalances nutricionales de P, siendo su especificidad limitada (3,9).

En la leche la relación Calcio:Fósforo es casi 1:1. Entretanto, la relación Ca:Pi óptima en los alimentos para la absorción es 2:1, la misma que existe en los huesos (26). En el presente trabajo la relación Ca:Pi en el período de transición parto y posparto fue 1,5:1 lo que coincide con el trabajo de Wageman 2012 (25) donde la media Ca:Pi fue similar en las categorías parto y lactancia.

Las medias de las concentraciones séricas de Ca y Pi encontrados en este estudio se encuentran dentro del IR (21 y 9 mmol/L respectivamente) y reflejan el aporte de nutrientes suministrada en la dieta, sobre todo en la administración de suplementos de minerales.

La media de las concentraciones séricas de Magnesio (Mg) se encontró dentro del IR; 0,7 a 1,1 mmol/L (9,21) en el parto aumentando significativamente ($p < 0,0001$) por sobre el IR (9,21) en el posparto. Lo que coincide con los resultados de Wageman (2012) (25) donde se observó una menor magnesemia y un mayor porcentaje de grupos con hipomagnesemia en la categoría parto que lactancia ($p < 0,05$).

El mantenimiento de la concentración plasmática de Mg depende del flujo constante de este mineral desde la dieta ofrecida al animal más que de la movilización desde otros compartimentos de reserva como el sistema esquelético (10). La magnesemia es un marcador sensible, específico y de respuesta rápida del balance metabólico nutricional de Mg (3,6).

El menor valor de la magnesemia en el preparto, se debería a diferencias en la ración de estas vacas con respecto a las dietas de lactancia y a un menor uso de estrategias de suplementación (25). La hipermagnesemia en el postparto se debería a una mayor ingesta (9) asociada al consumo de la mezcla mineral en este período de producción.

Tabla 4. Valores sanguíneos de hemoglobina, globulina, y actividad sérica de la enzima AST ($\bar{x} \pm DE$) durante dos momentos del período de transición en vacas Holstein.

Período de Transición	Hemoglobina (g/L) Media $\pm$ DE	Globulina (g/L) Media $\pm$ DE	AST (U/L) Media $\pm$ DE
Preparto	102 $\pm$ 13,4	46 $\pm$ 9,5	49 $\pm$ 25
Postparto	90 $\pm$ 9,5	45 $\pm$ 10,5	77 $\pm$ 17
Estadístico T	T=3,96	T=0,43	T=5,12
Probabilidad	p= 0,0002	p= 0,67	p< 0,0001

* Se usó la corrección de Satterwait si las varianzas no fueron homogéneas para un nivel de significación del 5%.

Analizando el perfil de salud y bienestar animal (Tabla 4) los valores medios sanguíneos de hemoglobina se encontraron dentro del IR; 98 a 130 g/L (9) en el preparto. Sin embargo, la media de hemoglobina en el postparto disminuyó significativamente ($p=0,0002$), encontrándose en este período por debajo del IR (9). La demanda de aminoácidos para la síntesis de la proteínas de la leche, reduce la síntesis de otras proteínas y por eso la concentración de hemoglobina disminuye a medida que la lactación avanza (16).

La hemoglobinemia es un indicador sensible del estado general de salud de los animales y por ende de su bienestar, ya que cuadros de anemia se presentan en animales con carencias nutricionales crónicas, cuadros tóxicos o alteraciones orgánicas (3,9). El 37% y 77% de los animales incluidos en este estudio presentaron valores bajos de hemoglobina en el preparto y postparto respectivamente, debiéndose revisar los intervalos de referencia para la región antes de descartar carencias nutricionales.

Las concentraciones medias de globulina sérica se encontraron dentro del IR publicado por Wittwer 2012; 28 a 52 U/L (9) en los momentos estudiados preparto y postparto durante el período de transición; siendo los valores muy similares ($p=0,67$).

La globulinemia es un indicador de la presencia de cuadros infecciosos en el rebaño,

encontrándose aumentada en animales con mastitis, metritis y pododermatitis, entre otras causas (3,9). Los animales incluidos en este trabajo no evidenciaron presencia de cuadros infecciosos.

La media de la actividad sérica de la AST se encontró dentro del IR <110 U/L (9) en los momentos preparto y postparto estudiados. La media de la actividad sérica de esta enzima tuvo un incremento significativo ($p<0,0001$) durante el período de transición postparto. La actividad sanguínea de la enzima AST es marcador moderado de daño hepático (3,9). La AST es una enzima hepatocelular, también se ubica en células musculares y otras (27).

La actividad plasmática de AST aumenta rápidamente, de 6 a 8 h posterior al daño hepático y habitualmente su incremento es proporcional a la severidad del daño celular, retornando a valores fisiológicos en pocos días. Por ello, su actividad plasmática aumenta de forma marcada en enfermedades agudas, mientras que un aumento leve puede indicar enfermedades hepáticas crónicas. La actividad plasmática de AST elevada se observa en vacas con hepatitis infecciosa y tóxica, cirrosis, colestasis y lipidosis hepática; también se observó liberación de AST desde el hepatocito durante estadios de recuperación de injurias (27).

El aumento en la actividad plasmática de la enzima AST en posparto, se asociaría a una mayor presentación de lipidosis hepática en el postparto temprano (20). Se descarta que este aumento sea debido a hepatopatías ya que los valores se encuentran dentro de los márgenes de referencia (2).

CONCLUSIÓN

La determinación de analitos sanguíneos durante el periodo de transición de vacas lecheras de la principal zona productora de leche de Paraguay permitió establecer que su condición metabólica de energía, mineral y salud, es acorde con los estándares definidos para vacas Holstein de otras regiones. Se observaron cambios en las concentraciones sanguíneas de la mayoría de los analitos evaluados (disminución en el postparto respecto a sus valores preparto para proteínas, albúmina, Ca, P y hemoglobina y aumento de urea, colesterol, Mg y AST) permaneciendo sin cambios solo los valores de BHB y globulinas, hecho que se asocian a los cambios homeostáticos propios del paso de la condición de gestación a lactancia.

BIBLIOGRAFÍA

1. IICA. Producción de leche en Paraguay [sede Web]. Asunción: El observatorio. IICA. (acceso 10 de febrero de 2016). Disponible en: <http://www.iica.org.py/observatorio/producto-paraguay-leche-produccion.htm>
2. Cupertino CF, Neto EP, Barcellos MP, Sena FP, Lenz D, Barion G. Avaliação do perfil metabólico em vacas leiteiras de alta produção no período de transição. PUBVET (Londrina). 2011; 5 (18): Ed. 165, Art. 1115.
3. Wittwer F. Marcadores bioquímicos sanguíneos en el diagnóstico y control de trastornos metabólicos en vacas lecheras. II Simpósio Nacional da Vaca Leiteira. Anais. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2015. p. 34 – 62.
4. Samanc H, Gvozdic D, Fratric N, Kirovski D, Djokovic R, Sladojevic Z, Cincovic M. Body condition score loss, hepatic lipidosis and selected blood metabolites in Holstein cows during transition period. AnimSci Pap & Rep. 2015; 33 (1): 35-47
5. Sundrum A. Metabolic disorders in the transition period indicate that the dairy cows' ability to adapt is overstressed. Animals (Basel, CH). 2015; 5 (4): 978 – 1020.
6. Alvarenga E A, Moreira G H, Facury E J, Leme F O, Coelho S G, Molina L R, Lima J A, Carvalho A U. Avaliação do perfil metabólico de vacas da raça Holandesa durante o período de transição. Pesq. Vet. Bras (RJ). 2015; 35 (3): 281 - 290.
7. Chapinal N, LeBlanc SJ, Carson ME, Leslie K, Godden S, Capel M, Santos J, Overton M, Duffield T. Herd-level association of serum metabolites in the transition period with disease, milk production, and early lactation reproductive performance. J. Dairy Sci. 2012; 95: 5676–5682.
8. Karimi M T, Ghorbani G R, Kargar S, Drackley J K. Late-gestation heat stress abatement on performance and behavior of Holstein dairy cows. J. Dairy Sci. 2015; 98: 6865–6875.
9. Wittwer F. Manual de Patología Clínica Veterinaria. 2ª ed. Valdivia: América; 2012.
10. Campos R, García K, Hernández E, Giraldo L. Protein and mineral metabolites for dairy cows during the transition period under tropical conditions. Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín. 2012; 65(2): 6719-6728.
11. Burtis C, Brunis D. Tietz Fundamentals of Clinical Chemistry and Molecular Diagnostics. 7a ed. Philadelphia: Saunders; 2014.
12. Martínez-González M, Sánchez-Villegas A, Faulín J. Bioestadística amigable. 2a ed. Navarra: Díaz de Santos; 2008.
13. Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Software estadístico InfoStat [Internet]. Córdoba: Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina. (acceso 20 de agosto de 2015). Disponible en: <http://www.fca.proed.unc.edu.ar/mod/book/view.php?id=2907>
14. Noro M, Wittwer F. Interrelaciones entre ureagénesis y gluconeogénesis hepática en rumiantes alimentados con elevado contenido de nitrógeno. Vet. Méx (cd. Méx.). 2012; 43 (2): 143 - 154.
15. Noro M, Borkert J, Hinostroza G, Pulido R, Wittwer F. Variaciones diarias de metabolitos sanguíneos y su relación con el comportamiento alimenticio en vacas lecheras a pastoreo primaveral. Rev Cie FCV-LUZ (Maracaibo). 2011; 21(2):125-130.
16. Contreras P. Indicadores do metabolismo proteico utilizados nos perfis metabólicos de rebanhos. En: González FD, Barcellos J, Patiño HO, Ribeiro LA. Perfil metabólico en ruminantes: Seu uso em nutrição e Doenças nutricionais. Porto Alegre: Gráfica UFRGS; 2000. p. 23-29.
17. Ceballos A, Villa N, Bohorquez A, Quinceno J, Jaramillo M, Giraldo G. Análisis de los resultados de perfiles metabólicos en lechería en el trópico alto del eje cafetero colombiano. Rev Col Cienc Pec (Col.). 2002; 15 (1): 26-35.
18. LeBlanc S. Monitoring metabolic health of dairy cattle in the transition period. Journ. Repr. Develop. 2010; 56: 29-35.
19. Noro M, Barboza C S. Cetosis en rebaños lecheros: presentación y control. SpeiDomus. 2012; 8 (17): 48-58.
20. Weschenfelder M, Barboza C, Wagemann C, Böhmwald H, Chihuailaf R, Wittwer F, Noro M. Presentación de desbalances energéticos y alteraciones hepáticas en rebaños lecheros de Chile durante 1986 – 2010. En: XXXV Congreso Sociedad Chilena de Producción Animal; 2010 Oct 27– 9; Coyaique, Chile; 2010. p. 179-180.
21. Kaneko J, Harvey J, Bruss M. Clinical Biochemistry of Domestic Animals. 6a ed. San Diego: Academic Press; 2008.
22. Ceballos A, Villa N, Betancourth T, Roncancio D. Determinación de la concentración de calcio, fósforo y magnesio en el periparto de vacas lecheras en Manizales, Colombia. Rev Col Cienc Pec (Col). 2004; 17 (2): 125 – 133.
23. Wu W, Liu J, Xu G, Ye J. 2008. Calcium homeostasis, acid-base balance, and health status in periparturient Holstein cows fed diets with low cation anion difference. Livestock Sci. 2008; 117(1): 7-14.
24. Goff JP. The monitoring, prevention and treatment of milk fever and subclinical hypocalcemia in dairy cows. Vet Journ (USA). 2008; 176 (1): 50–57.
25. Wagemann C. Desbalances minerales en grupos de vacas lecheras en el Sur de Chile: Estudio retrospectivo en perfiles metabólicos. (Tesis Magíster en Salud Animal). Valdivia, Chile: Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Veterinarias; 2012.
26. González FHD. Indicadores sanguíneos do metabolismo mineral em ruminantes. En: González FD, Barcellos J, Patiño HO, Ribeiro LA. Perfil metabólico en ruminantes: Seu uso em nutrição e Doenças nutricionais. Porto Alegre: Gráfica UFRGS; 2000. 31-51.
27. Noro M, Cid P, Wagemann C, Arnés V, Wittwer F. Valoración diagnóstica de enzimas hepáticas en perfiles bioquímicos sanguíneos de vacas lecheras. Rev. MVZ (Córdoba, Col). 2013; 18 (2): 3474 – 3479.