

El perfil metabólico como herramienta de monitoreo de la salud, la producción y la fertilidad en el hato lechero del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid*

Jorge Gómez Oquendo**, Luis Fernando Londoño***, Valentina Madrid Pérez****

Resumen

Introducción. La evaluación de los perfiles metabólicos (PM) en la empresa ganadera se constituye en un procedimiento útil para valorar y aplicar correctivos pertinentes y, a la vez, le proporciona al técnico o propietario los medios prácticos para monitorear la salud y la reproducción del hato. **Objetivo.** Encontrar relaciones entre los PM: colesterol, hematocrito, nitrógeno ureico en sangre (BUN), nitrógeno ureico en leche (MUN), proteínas, urea, aspartato aminotransferasa (AST), calcio y magnesio, con algunos parámetros de la producción, la salud y la reproducción. **Metodología.** Se realizó el estudio en el hato del Politécnico Jaime Isaza Cadavid, ubicado en bosque húmedo montano bajo; durante un año fueron evaluados los diferentes parámetros metabólicos mediante muestras sanguíneas en 20 vacas en periparto, durante y después del parto. **Resultados.** Se obtuvo que los principales indicadores metabólicos para predecir la producción fueron colesterol ($p<0,042$) y urea con ($p<0,034$), con correlaciones estadísticamente significativas. En cuanto a la salud del hato, los PM con correlación significativa fueron la calcemia y el hematocrito; este último, además, puede ser un buen indicador del estado nutricional (en relación con los niveles de proteína del hato estudiado). Respecto al estado reproductivo (días abiertos y servicios por concepción), se indica que la condición corporal y la calcemia presentaron una relación estadística importante para predecir los desajustes metabólicos. **Conclusión.** Recomendamos la valoración de PM puesto que constituye una herramienta apropiada de fácil realización e interpretación para el técnico o productor en el seguimiento, ajuste y control de sus unidades productivas para lograr el éxito productivo esperado.

Palabras clave: producción, ganado de leche, metabolitos.

Metabolic profile as a tool to monitor health, production and fertility in Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid's dairy herd

Abstract

Introduction. The evaluation of metabolic profiles (MP) in cattle industries is a useful procedure to value and apply corrections when necessary and, simultaneously, is a tool for technicians or herd owners to monitor the health, and the reproduction. **Objective.** To find relationships between MP: cholesterol, hematocrit, blood urea nitrogen (BUN), milk urea nitrogen (MUN), proteins, urea, aspartate aminotransferase (AST), calcium and magnesium, with some production, health and reproduction parameters. **Methodology.** A study was performed on Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid's dairy herd, located in a low humid mountain forest. The metabolic parameters were evaluated throughout a year, by means of blood samples in 20 cows in peripartum, during the delivery and after it. **Results.** The main metabolic indicators to predict the production were cholesterol ($p<0,042$) and urea with ($p<0,034$), with statistically significant correlations. As for the herd's health, the MPs with a significant correlation were the calcemia and the hematocrit. The latter can also be a good indicator of the nutritional condition (related with the protein levels of the herd). Concerning the reproductive condition, (open days and conception services), the body condition and the calcemia

* Proyecto auspiciado por la Dirección de Investigaciones y Posgrados del Politécnico Colombiano JIC con el Código FN 13, Serie 1803-0125 de febrero 1 de 2008.

** Candidato a Doctor en Sanidad y Reproducción Animal. Docente Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid.

*** MV, magister en Producción Animal. Docente Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid.

**** Estudiante Ingeniería Agropecuaria. Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid.

Correspondencia: Jorge Gómez Oquendo, e-mail:jegomez52@elpoli.edu.co

Artículo recibido: 11/12/2011; Artículo aprobado: 10/05/2013

had a statistically important relationship to predict metabolic mismatches. **Conclusion.** MP evaluation is recommended because it is an appropriate and easy to apply tool for technicians and producers in the monitoring, adjusting and control of production units, aiming to be successful in the production expected.

Key words: production, dairy herds, metabolites.

O perfil metabólico como ferramenta de monitoração da saúde, a produção e a fertilidade na coqueira leiteira do Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid

Resumo

Introdução. A avaliação dos perfis metabólicos (PM) na empresa de gado se constitui num procedimento útil para valorizar e aplicar corretivos pertinentes e, ao mesmo tempo, proporciona-lhe ao técnico ou proprietário os meios práticos para monitoração a saúde e a reprodução da coqueira. **Objetivo.** Encontrar relações entre os PM: colesterol, hematócrito, nitrogênio ureico em sangue (BUN), nitrogênio ureico em leite (MUN), proteínas, ureia, aspartato aminotransferasa (AST), cálcio e magnésio,

com alguns parâmetros da produção, a saúde e a reprodução. **Metodologia.** Realizou-se o estudo na coqueira do Politécnico Jaime Isaza Cadavid, localizado em bosque úmido montano sob; durante um ano foram avaliados os diferentes parâmetros metabólicos mediante mostras sanguíneas em 20 vacas em pré-parto, durante e depois do parto. **Resultados.** Obteve-se que os principais indicadores metabólicos para predizer a produção foram colesterol ($p < 0,042$) e ureia com ($p < 0,034$), com correlações estatisticamente significativas. Quanto à saúde da coqueira, os PM com correlação significativa foram a calcemia e o hematócrito; este último, ademais, pode ser um bom indicador do estado nutricional (em relação com os níveis de proteína da coqueira estudada). Com respeito ao estado reprodutivo (dias abertos e serviços por concepção), indica-se que a condição corporal e a calcemia apresentaram uma relação estatística importante para predizer os desajustes metabólicos. **Conclusão.** Recomendamos a valoração de PM já que constitui uma ferramenta apropriada de fácil realização e interpretação para o técnico ou produtor no seguimento, ajuste e controle de suas unidades produtivas para conseguir o sucesso produtivo esperado.

Palavras importantes: produção, gado de leite, metabólitos.

Introducción

En la actualidad, los sistemas de producción más tecnificados, la exigencia de alta producción de los bovinos obtenidos a través del mejoramiento genético ha favorecido la presencia de enfermedades asociadas a la producción (enfermedades metabólicas), que afectan la salud y la reproducción, y generan pérdidas económicas importantes al sector ganadero.

Ante la problemática citada, es importante contar con una correcta evaluación diagnóstica nutricional, basada en el análisis en conjunto de los registros disponibles, la evaluación de las instalaciones y animales, el análisis de la ración y la realización de perfiles metabólicos^{1, 2}.

Un análisis específico de sueros sanguíneos de un hato determinado le permitió al técnico obtener una importante información que le ayuda a diagnosticar y tomar decisiones del estado nutricional y de salud de ese hato en

estudio, y conocer al mismo tiempo la presencia o no de factores de riesgo que inciden en el desempeño productivo y reproductivo de esa población animal.

El éxito para lograr producciones elevadas depende de la interacción de factores como el manejo, la infraestructura, el medioambiente, la sanidad, genética y la nutrición; esta última y el manejo adecuado de la alimentación son, tal vez, los factores que más inciden para la prevención o presentación de las afecciones descritas. A su vez, una correcta evaluación diagnóstica nutricional está basada en el análisis en conjunto de los registros disponibles, la evaluación de las instalaciones y animales, el análisis de la ración y la realización de perfiles metabólicos¹. De ahí la importancia de valorar los hatos mediante los perfiles metabólicos que se constituye en una valiosa herramienta para prevenir y controlar las posibles alteraciones de la salud en los animales que puedan afectar la producción y sostenibilidad del proyecto e in-

cluso pone en peligro la vida de los animales y, por ende, la viabilidad de la empresa ganadera.

La analítica sanguínea se muestra como la luz que ilumina el agujero cuando se nos presenta un dilema y a menudo es usada de forma indiscriminada para tratar de encontrar respuestas a esos problemas. Cuando las pruebas metabólicas se usan de forma coordinada con otras como el índice de condición corporal y valoración de las raciones, entonces pueden ser útiles a la hora de los análisis y toma de decisiones del estatus nutricional y sanitario de la vaca lechera³.

En el presente trabajo, se pretende estudiar el comportamiento metabólico, productivo y reproductivo durante un año de un hato ubicado en el trópico alto, dedicado a la producción de leche, y conocer las relaciones que puedan existir entre los distintos factores dentro del estudio, y plantearlas como herramienta de monitoreo en el comportamiento sanitario, reproductivo y productivo de ese hato.

Metodología

El estudio se realizó en la Granja Román Gómez Gómez, del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, ubicada en el municipio de Marinilla, vereda La Primavera a 2.050 msnm, bosque húmedo, montano bajo (bh BM), según la clasificación Holdridge⁴, con una temperatura promedio de 17 °C, precipitación anual de 1.800 a 2.000 mm.

Se dispuso de una población de 20 bovinos, discriminados así: 14 de ellos de la raza Holstein Freisan, 2 de ellos, animales F1 (Sahiwall x Holstein) y 4 de ellos, animales Bon x Holstein. Los animales fueron divididos en tres grupos según su etapa productiva, así:

Grupo 1. Vacas en periodo no lactante (6 a 8 semanas antes del parto)

Grupo 2. Vacas paridas entre la primera y tercera semana del parto

Grupo 3. Vacas entre la sexta semana postparto hasta los 7 meses de gestación.

A los anteriores grupos se les tomó muestra sanguínea para PM: (hemograma completo, urea, bilirrubina, AST, proteínas totales, BUN,

MUN, calcio y magnesio) en tres ocasiones: el día cero de inicio del trabajo, a los 180 días y a los 360 días de iniciado el trabajo. La primera y la tercera evaluación metabólica fueron acompañadas del respectivo análisis bromatológico y edafológico de las praderas donde se encontraban estos bovinos.

Durante todo el periodo de estudio se implementó un seguimiento sobre el comportamiento productivo y reproductivo donde se registró la producción de leche individual, los parámetros individuales de reproducción (días abiertos y servicios por concepción), pesos individuales, ganancias y pérdidas de peso, dietas, condiciones de temperatura y precipitación en el área de estudio.

Al momento de la evaluación del hato se valoraron los animales en su comportamiento y condición corporal. Las vacas fueron evaluadas mediante examen físico: pezuñas y resto de extremidades, pelaje, aspecto general, comportamiento y actividad masticadora; también fue estudiado el manejo, presencia de concentrado desperdiciado o granos enteros de cereales en las heces y tamaño de la fibra.

Mediante venipunción coccígea y sistema vacutainer, a cada animal se le recolectó sangre 10 mL en tubos con anticoagulante (EDTA), y sin él, al momento de la recolección de la muestra, se valoró la condición corporal del animal (escala 1-5).

El suero y el plasma sanguíneo se obtuvieron mediante centrifugación a 2.500 rpm durante cinco minutos y se almacenaron a -20°C hasta el momento de los análisis. Utilizando técnicas enzimáticas colorimétricas específicas se analizaron los siguientes metabolitos: urea, colesterol, (BUN), (MUN), proteína total, (AST), calcio, magnesio y el hematocrito.

En los análisis estadísticos inicialmente se aplicaron estadísticas descriptivas, luego se hallaron relaciones y correlaciones de Pearson entre los metabolitos y los factores de producción y reproducción; además, se realizaron las respectivas Anovas con $p < 0,05$, con el fin de encontrar diferencias significativas entre los diferentes metabolitos estudiados y las variables de producción, salud y reproducción en el hato

estudiado. Para tal efecto se utilizó el paquete estadístico SAS 9.0.

Resultados

En la tabla 1, se presentan los análisis de varianza por periodo de muestreo para las diferentes variables de la investigación.

Como se puede observar, se presentaron diferencias estadísticas en producción de leche entre los periodos 1 y 3, encontrándose un promedio de producción de leche significativamente inferior en el periodo 3, correspondiente al mes de diciembre. El promedio de concentración de MUN fue significativamente más

bajo en el periodo 2 correspondiente al mes de agosto respecto a los periodos 1 y 3 (febrero y diciembre respectivamente). Referente a la concentración de urea en sangre, ésta presentó un promedio significativamente más alto en el periodo 1, correspondiente al mes de febrero. La concentración de colesterol y la actividad de la enzima AST en plasma presentaron diferencias significativas entre los tres periodos, presentando su mayor valor en el periodo 2, seguido del periodo 1, y presentando su menor valor en el periodo 3. Respecto a las concentraciones de proteínas plasmáticas, el periodo 1 presentó el menor valor en relación a los demás periodos. En la figura 1 se ilustran las variaciones estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre periodos de muestreo.

Tabla 1. Análisis de varianza por periodo de muestreo para las diferentes variables de la investigación

Variable/periodo	1 Febrero	2 Agosto	3 Diciembre	*p	**C.V.
Producción	12.27a	10.20a	8.90b	0.0435	29.51894
MUN	17.96a	12.67b	19.03a	<.0001	19.80204
BUN	48.85a	23.88b	27.06b	<.0001	21.58472
Colesterol	145.71b	180.40a	95.53c	<.0001	15.18906
AST	75.57b	156.46a	56.20c	<.0001	24.18303
Mg	2.23a	2.35a	2.29a	0.4542	11.05271
Proteínas totales en suero	6.58b	7.27a	7.67a	0.0002	9.021774
Condición Corporal	3.08a	2.88a	3.07a	0.2158	11.58616
Calcio	9.26a	8.42b	8.55b a	0.0965	9.033587
Hematocrito	25.72a	28.99a	27.46a	0.1160	15.04106

* Letras diferentes en la misma fila indican diferencia significativa con $P \leq 0.05$

* p: probabilidad de cometer error tipo 1

** Coeficiente de variación

Variables con diferencias significativas entre periodos de muestreo

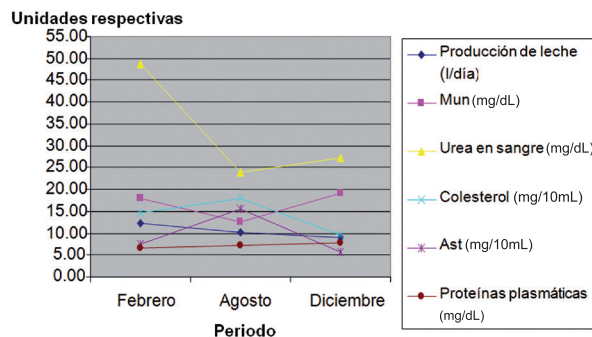


Figura 1. Variaciones estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre periodos de muestreo

En la tabla 2, se presentan los análisis de varianza por nivel de producción (superior al promedio, inferior al promedio y secas), para las diferentes variables de la investigación.

Como se puede observar, se presentaron diferencias estadísticas en cuanto a la condición corporal entre el grupo de vacas en producción y las vacas secas, presentando una condición corporal significativamente más alta las vacas secas (figura 2).

En la tabla 3 se presentan los parámetros estadísticos para las regresiones exploradas entre las diferentes variables estudiadas.

Se presentaron relaciones directamente proporcionales y estadísticamente significativas entre la concentración de urea en sangre y la concentración de nitrógeno ureico en leche (MUN), entre la producción de leche y la concentración de colesterol en sangre, entre la producción de leche y la concentración de urea en sangre y entre la actividad de la AST en

sangre y los niveles plasmáticos de colesterol. Se presentaron relaciones inversamente proporcionales y estadísticamente significativas entre el nivel de urea en sangre y la actividad AST en sangre, entre la producción de leche y la concentración de proteínas totales en sangre, entre la producción de leche y valor de hematocrito y entre la actividad AST en sangre y el MUN. Las demás regresiones exploradas no presentaron relación estadísticamente significativa.

La figura 3, muestra las regresiones estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre algunas variables del estudio y la producción de leche.

En esta figura, las líneas rectas corresponden a la línea de tendencia de cada regresión lineal. Como se puede observar, se presentaron regresiones directamente proporcionales entre la producción de leche y la urea plasmática, y entre producción de leche y el colesterol plasmático. Las relaciones inversamente proporcionales se presentaron entre la producción de leche y el hematocrito, y entre la producción de leche y las proteínas totales en plasma.

Tabla 2. Análisis de varianza por nivel de producción de leche para las diferentes variables de la investigación

Variable/Nivel	Producción > promedio	Producción < promedio	Vacas Secas	*p	**C.V.
MUN	16.52a	16.43a	-	0.9531	26.14008
Urea	33.8 1a	31.75a	32.83a	0.9032	40.61781
BUN	15.76a	14.84a	15.33a	0.9104	40.51224
Colesterol	153.45a	134.40a	121.56a	0.1221	28.59252
AST	98.10a	93.33a	98.44a	0.9557	52.80166
Mg	2.31a	2.31a	2.22a	0.6214	11.13750
Proteína	7.25a	7.22a	7.00a	0.7176	10.97992
Condición Corporal	2.87b	2.96b	3.41a	0.0002	9.721663
Calcio	8.70a	8.42a	8.78a	0.6456	9.747234
Hematocrito	25.99a	28.52a	29.21a	0.1030	14.99534

* Letras diferentes en la misma fila indican diferencia significativa con $P \leq 0.05$

* p: probabilidad de cometer error tipo 1

** Coeficiente de variación

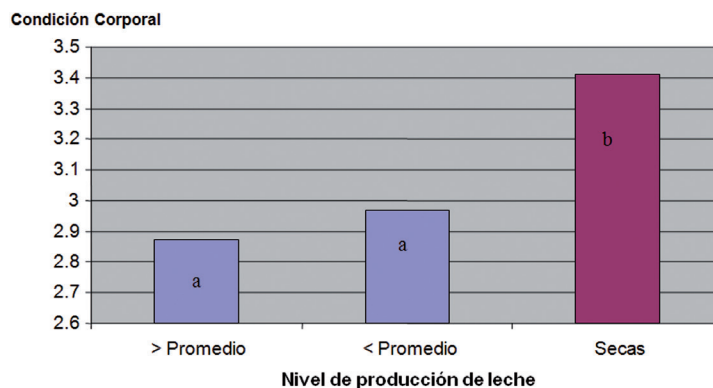


Figura 2. Variaciones en condición corporal acorde al nivel de producción de leche

Tabla 3. Parámetros estadísticos para las diferentes regresiones exploradas entre las variables estudiadas

Variable independiente	Variable dependiente	*p	** β
Condición corporal	Hematocrito	0,887345998	0,270547945
Condición corporal	Proteína total	0,510718482	-0,223609822
Urea	AST	0,048382793	-1,139858118
CC	Colesterol	0,163094524	-24,95148089
Urea	MUN	0,0358306	0,125981768
Producción	CC	0,818042167	-0,003506334
Producción	MUN	0,753120982	0,070528948
Producción	Proteína total	0,048777079	-0,072698649
Producción	Hematocrito	0,041967148	-0,42684904
Producción	Ca plasmático	0,235260557	0,07392614
Producción	Mg Plasmático	0,51552361	0,00892769
Producción	AST	0,9179206	0,241019453
Producción	Colesterol	0,042349225	4,358433202
Producción	Urea	0,034499901	1,295714752
AST	MUN	0,000135629	-0,05764082
AST	Colesterol	0.00000643	0.5155379

* p: probabilidad de cometer error tipo 1

** β: Coeficiente de regresión

Unidades respectivas

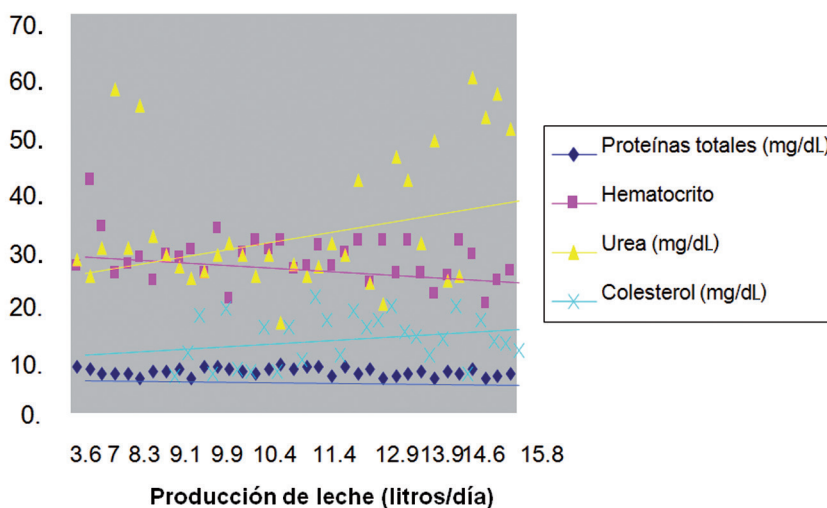


Figura 3. Regresiones entre producción de leche, proteínas totales, hematocrito, urea y colesterol

En la figura 4, se observa que se presentó una relación directamente proporcional entre la urea en sangre y el MUN. De igual modo, se observó una relación inversamente proporcional entre la urea y la AST en sangre.

En la figura 5 se muestran las regresiones estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre la AST, MUN y Colesterol plasmático.

Como se observa en la figura 5, se presentó una relación directamente proporcional entre AST y el colesterol. De otra forma se presentó una relación inversamente proporcional entre AST y el MUN.

Discusión

Análisis de varianza por periodos de muestreo

Como se presentó en los resultados (tabla 1), los valores de MUN fueron 17.96, 12.67 y 19.03 mg/dL, en los periodos estudiados, respectivamente; para Eicher⁵, el valor de MUN debe oscilar entre 8 y 14 mg/dL; como puede apreciarse sólo en el periodo 2 los valores de MUN se encontraron en el rango ideal. Se presentaron diferencias significativas para MUN y

urea en sangre entre los diferentes periodos de muestreo; además al realizar la regresión entre estas dos variables se encontró una relación significativa directamente proporcional, lo que ha sido reportado por otros autores bajo condiciones similares de producción, es así como *Montoya y otros*⁶ reportaron una correlación entre estas dos variables de 0,65. Los valores de MUN y Urea dependen directamente de la cantidad de proteína cruda ingerida por el animal. Cuando el animal tiene un exceso de proteína degradable en rumen, se genera amonio que tiene que ser convertido a urea por el hígado de la vaca; de éste, difunde a todo el líquido extracelular, llegando a ser capturado por la glándula mamaria, cuantificándose como MUN⁷.

Respecto a las proteínas totales en suero, en febrero se presentaron los valores más bajos de este indicador, en relación a agosto y diciembre. Estos valores pueden ser explicados por la oferta forrajera existente en este periodo, la cual fue de menor cantidad y calidad, además de una mayor producción de leche debido a una menor cantidad de días en lactancia, lo que origina unos valores de proteínas séricas más bajos. A la par que se encontraron niveles bajos de proteínas séricas, se presentaron valores altos de Urea y MUN; todo esto pudo ser debido a la utilización de proteínas corporales como

fuentes de energía, ya sea como sustratos gluconeogénicos o como combustibles, en ambos casos se genera amoníaco que debe ser convertido en Urea; elevando de esta manera su concentra-

ción en sangre y en leche. Resultados similares fueron reportados por Torres y Valencia⁸, quienes encontraron niveles elevados de amoníaco hepático en relación al balance energético negativo.

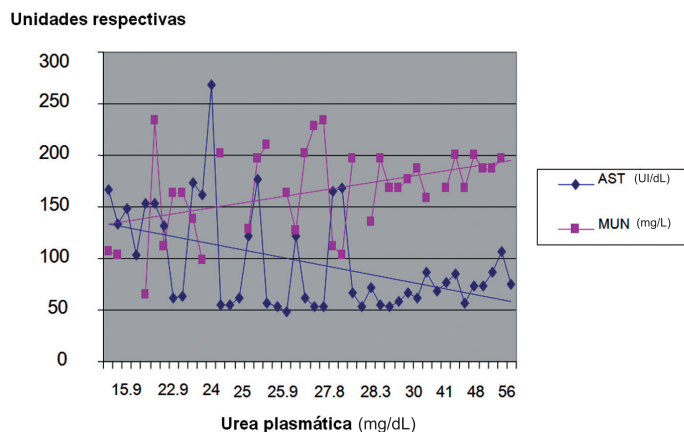


Figura 4. Regresiones estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre la urea plasmática, AST y MUN.

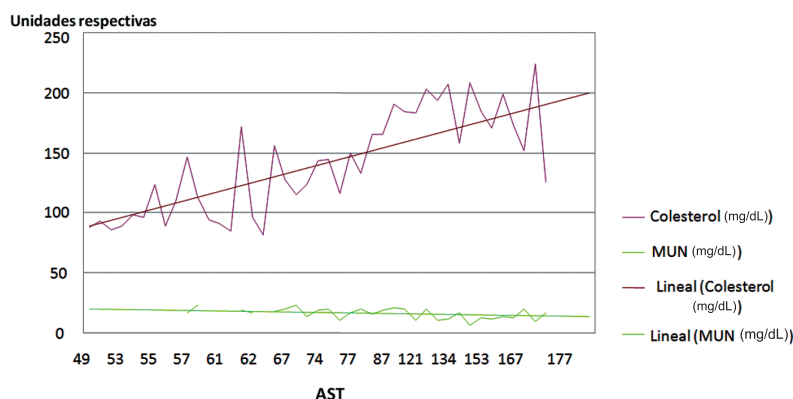


Figura 5. Regresiones estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre la AST, MUN y Colesterol plasmático

Respecto al colesterol plasmático, éste presentó diferencias entre todos los periodos evaluados, presentando los niveles más bajos en diciembre, incrementándose en febrero y encontrándose los valores más altos en agosto. Según Andrade⁹, los niveles de colesterol se ven afectados por los días en lactancia, la condición nutricional de los animales, la edad y el estrés. En esta investigación, los valores de

colesterol se vieron afectados por la oferta forrajera y la producción de leche, lo cual afectó la condición nutricional de los animales, dado que los valores más bajos de colesterol se encontraron en los meses de diciembre y febrero, coincidiendo con una menor precipitación y una menor oferta forrajera. Esta situación es de esperar que origine animales con niveles más bajos de colesterol y a su vez menor balance de energía, lo que fue reportado por Galvis y otros¹⁰.

Teniendo en cuenta los valores encontrados para el hematocrito (figura 3); éste no pasó el límite de 30 en las muestras y en los diferentes periodos estudiados; esto permite deducir un hematocrito bajo de acuerdo con los parámetros normales de 40 a 45^{11,12}, a la vez, incide en forma inversa en la producción de leche, teniendo en cuenta que se requiere para movilizar los nutrientes vía sanguínea y existe una relación estrecha entre el hematocrito con la proteína⁹; igualmente afecta la salud de los animales en su homeostasia al verse deteriorada la presión ósmótica y coloidal dada por las proteínas¹². En este estudio se pudo corroborar que la zona donde se ubica la finca, es endémica a la presencia de hemoparásitos (fiebre de garrapatas) y varios animales de la granja en diferentes épocas han sufrido de este problema de salud; lo que ratifica un estado de salud desfavorable para la producción (animales portadores y/o asintomáticos especialmente en su sistema cardiovascular).

La condición corporal no presentó variaciones dentro de los tres periodos estudiados, sin embargo esta variable presentó diferencias significativas entre grupos de diferente producción lechera, siendo significativamente más alta en el grupo de vacas secas 3.41 respecto a las vacas en producción; las cuales tuvieron condición corporal promedio de 2.87 y 2.96 para las vacas con un nivel de producción superior al promedio e inferior al promedio respectivamente. Resultados similares han sido reportados por Galvis y otros¹³, quienes evaluaron el

cambio en la condición corporal entre el parto y el día 52 posparto, estos autores reportaron un promedio de condición corporal más alto al parto, disminuyendo en la medida en que los días en lactancia aumentan. Estos mismos autores reportaron variaciones en el balance de energía que estuvo acorde con la condición corporal. De este modo, podemos afirmar que la condición corporal es un reflejo del balance de energía que ha presentado el animal en el periodo inmediatamente anterior, es así como las vacas secas presentan una mayor condición corporal debido a un exceso de energía en relación a sus requerimientos; pues éstas al no producir leche presentan un excedente de energía que puede disponer para sus reservas corporales¹⁴.

Como se observa en la tabla 4, los coeficientes de correlación entre las variables reproductivas Días Abiertos (DA) y Servicios por Concepción (SC), con magnesio y el indicador de producción de leche son bajos (-0,0292 y 0,048) respectivamente, por lo tanto se considera que no presentaron una relación significativa entre estas variables. Por el contrario se presentaron relaciones con una significancia media entre las variables reproductivas y las variables: proteína en sangre (0,162), colesterol (-0,162) y calcio (-0,292). La variable días abiertos se relacionó de una manera significativa con la condición corporal (0,325) y la producción (0,310). Los servicios por concepción se relacionaron significativamente con la condición corporal (0,307) y con la proteína (0,162).

Tabla 4. Coeficientes de correlación entre variables reproductivas (días abiertos y servicios por concepción) y perfiles metabólicos (proteína, colesterol, calcio y magnesio) y los indicadores condición corporal (C.C.) y producción

	Proteína	Colesterol	Producción	C.C.	Ca	Mg
DA	0,244	-0,162	0,310	0,325	-0,292	-0,029
SC	0,162	-0,273	0,048	0,307	-0,385	-0,313

Respecto a los días abiertos, éstos se relacionaron de forma directa con la producción y la condición corporal, lo que indica que las vacas con mayor producción y mayor condición corporal presentaron mayor número de días abier-

tos. Estos resultados están acordes con varios autores que reportan una demora en el reinicio de la actividad ovárica, prolongando el anestro y retardando la nueva concepción^{15,16}. Estos fenómenos son más frecuentes en las vacas

de mayor producción lechera debido a sus exigencias fisiológicas y a la movilización de reservas corporales¹⁷. Por el contrario la producción de leche se relacionó de modo inverso con la condición corporal, es decir, las vacas de mayor producción de leche, presentaron una menor condición corporal, lo que está de acuerdo con Bauman y Currie, quienes indican que las vacas de mayor producción lechera recurren a la movilización de reservas corporales para sustentar los aumentos en su producción lechera¹⁴.

Por su parte, los servicios por concepción tuvieron una relación directa con la condición corporal, indicando que las vacas con mayor número de servicios presentaron mayor condición corporal, lo que es de esperarse; pues las vacas con mayor número de servicios, generalmente presentan un mayor número de días en leche, disminuyendo la producción de leche y aumentando paulatinamente la condición corporal¹⁴. Por el contrario, los servicios por concepción se relacionaron de forma inversa con los niveles de calcio y magnesio en sangre. Lo que significa que las vacas con mayor número de servicios por concepción presentaron menores niveles sanguíneos de calcio y magnesio. La explicación fisiológica de estas relaciones puede basarse en el papel que desempeñan ambos minerales en la contractilidad del músculo liso y en la señalización hormonal; ambos mecanismos importantes para la funcionalidad del útero y los ovarios. Algunos autores como Smith¹⁸ de la Universidad de Cornell, reportaron una disminución en la tasa de concepción al primer servicio y un aumento de la frecuencia de ovarios quísticos en vacas con hipocalcemia. Por otra parte, Townsend¹⁹ menciona que el potasio induce a la hipocalcemia; ya que su nivel medio en los forrajes excede los requerimientos y esto altera el balance ácido-base en el metabolismo hacia la alcalosis propiciando desajustes en la homeostasis y la salud del animal²⁰. Además, Kerhli, Nonnecke y Roth²¹ y Kimura, Reinhardt y Goff²² mencionan que existe una fuerte asociación entre la hipocalcemia y enfermedades puerperales, por ejemplo, vacas con hipocalcemia tienen 6.5 veces más probabilidades de presentar distocias, 3.2 veces más probabilidades de tener retención de placenta, 6 veces más de desarrollar metritis y 3.4 veces más probabilidades de

sufrir desplazamiento de abomasun. Por otra parte, la hipocalcemia disminuye la secreción de insulina y con ello sobreviene alteraciones en las ondas foliculares; provocando trastornos mayores de toda la actividad reproductiva de la vaca, citados por Cavestani y otros²³.

Conclusiones

Teniendo presentes los resultados en relación a los metabolitos evaluados y la sanidad, se pudo apreciar que el hematocrito mostró valores inferiores a 30 y además la calcemia en los tres periodos estudiados estuvieron por debajo de los límites normales; coincidiendo con bajos niveles de producción de los animales y en general del hato. Esta situación en particular para el hematocrito puede ser debida a la infestación con hemoparásitos, lo que concuerda con el hecho de que la finca ha sido epidemiológicamente endémica para vectores como garrapatas y moscas. Se concluye que en particular el hematocrito es un metabolito importante en la evaluación no sólo sanitaria, sino también que aporta información relevante en las relaciones con la producción y el estado nutricional del hato ganadero.

Las variables que más se correlacionaron con la producción fueron: colesterol ($p < 0,042$) y urea ($p < 0,034$) presentando correlaciones estadísticamente significativas; por lo que se recomiendan como buenos indicadores o herramientas que permiten al técnico o productor realizar seguimiento y evaluación del estado nutricional y perfil metabólico del hato, los cuales inciden directamente en la producción láctea.

Respecto a las relaciones entre reproducción e indicadores metabólicos, se puede concluir que los días abiertos y servicios por concepción presentaron coeficientes de correlaciones estadísticamente significativas con la condición corporal de (0,325) y (0,307) respectivamente. E igualmente, los niveles de calcio indicaron una relación significativa con los días abiertos y los servicios por concepción.

En la presente investigación se deduce que el monitoreo y los respectivos ajustes de la nutrición a través de los indicadores metabólicos,

constituye una importante herramienta para que el productor mejore los parámetros de salud y reproducción y de esta manera aumente la eficiencia productiva, y con ello, pueda lograr competitividad de su hato ganadero.

Referencias bibliográficas

1. ADAMS, R.S.; *et al.* Use and limitations of profiles in assessing health or nutritional status of dairy herds. En: J. Dairy Sci. 1978. Vol. 61, p. 1671-1679.
2. VAN SAUN, R. J. y WUSTENBER, M. Metabolic profiling to evaluate nutritional and disease status. En: Bovine Practitioner. 1997. Vol. 31, p. 37-42.
3. KANEKO, J. J. Clinical biochemistry of domestic animals. 4th. San Diego: Academic Press, Inc. 1989.
4. HOLDRIDGE, L.R. Life Zone Ecology. Tropical Science Center. San José, Costa Rica. Traducción del inglés por Humberto Jiménez Saa: «Ecología Basada en Zonas de Vida». San José, Costa Rica: IICA, 1982.
5. EICHER, R. Evaluation of the metabolic and nutritional situation in dairy herds: Diagnostic use of milk components. 23rd World Buiatrics Congress, Quebec City, Canada. 2004
6. MONTOYA, N. F; PINO, I. D. y CORREA, H. J. Evaluación de la suplementación con papa (*Solanum tuberosum*) a vacas Holstein lactantes. En: Rev. Col. Cienc. Pec. 2003. Vol. 17, N° 3, p. 241 – 49.
7. CORREA, H. J. y CUELLAR, A. Aspectos claves del ciclo de la urea con relación al metabolismo energético y proteico en vacas lactantes. En: Rev. Col. de Cienc. Pec. 2003. Vol. 17, p. 29 - 38.
8. TORRES, J. y VALENCIA, D. Efecto de niveles crecientes de nitrógeno no proteico dietario sobre la concentración de precursores gluconeogénicos en hígado bovino. Tesis Zootecnista. Universidad Nacional de Colombia, 2006.
9. ANDRADE, N. Manual de Patología en animales domésticos. Bogotá: Universidad del Tolima, 2009. 380 p.
10. GALVIS, R. D.; CORREA, H. J, y SOLER, W. Interacciones entre el balance nutricional, los indicadores del metabolismo energético y proteico y las concentraciones plasmáticas de insulina, e IGF-1 en vacas en lactancia temprana. En: Rev. Col. de Cienc. Pec. 2003. Vol. 16, N° 3, p. 237 - 248
11. DUKES, F. Fisiología de Los Animales Domésticos. Tomo I. México: Edit. Salvat, 1979. p.187
12. GUYTON, M. Fisiología. 5^a ed. USA: McGraw-Hill Panamericana, 2003. 689 p.
13. GALVIS, G. R.; AGUDELO, D.Y. y SAFFON, A. Condición corporal, perfil de lipoproteínas y actividad ovárica en vacas Holstein en lactancia temprana. En: Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. 2007. Vol. 20, N°1, p. 16-29.
14. BAUMAN, D. E. y CURRIE, W. B. Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: A review of mechanisms involving homeostasis and homeorresis. En: J. Dairy Sci. 1980. Vol. 63, p. 1514-1529.
15. RECABARREN, S. E. Anestro postparto: posible intermediación de señales metabólicas sobre la secreción de gonadotropinas en vacas lecheras. 2003. Url dicponible en: www.chillan.udec.cl/ .
16. HENAO, R. G. Reactivación ovárica postparto en bovinos. Revisión. En: Revista Facultad Nacional de Agronomía. 2001. Vol. 54 Nos. 1 y 2, p. 1285-1302.
17. WESTWOOD, C.T.; LEAN, I. J. y GARVIN, J. K. Factors influencing fertility of Holstein dairy cows a multivariate description. En: J. Dairy Sci. 2002. Vol. 85, p. 3225-3237.
18. SMITH, R. D. Factors Affecting Conception Rate. En: Dairy Integrated Reproductive Management. IRM-10. Ithaca, NY: Cornell University. 1980.
19. TOWNSEND, J. (). Anionic salts and DCAD – an option for potassium and calcium forages in transition dairy cow rations, 2003. Url disponible en: www.agry.purdue.edu/ForageDay/anionic.pdf
20. MCNEILL, D.M.; *et al.* (). Nutritional strategies for the prevention of hypocalcaemia at calving for dairy cows in pasture –based systems. En: Aust. J. Agric Res. 2003. 53: 755-770
21. KERHLI, M. E.; NONNECKE, J. R. y ROTH, J. A. Alterations in bovine peripheral blood lymphocyte function during the periopartum period. En: Am J. Vet Rest. 1998. Vol. 50, p. 215-220
22. KIMURA, K.; REINHARDT, T. A. & GOFF, J. P. Parturition and hypocalcaemia blunts calcium signals in immune cells of dairy cattle. En: Dairy Sci. 2006. Vol. 89, p. 2588-2595
23. CAVESTANY, D. & NAVA, G. Estrategias de manejo reproductivo para una mejora de la fertilidad del ganado bovino. 2010 [Consultado 18 de Septiembre de 2010]. Url disponible en: Engormix.com.