

NUTRICIÓN ANIMAL

PERFIL METABÓLICO PARA EL DIAGNÓSTICO DE LAS ALTERACIONES NUTRICIÓN-FERTILIDAD EN HATOS LECHEROS

ALEJANDRO CEBALLOS MÁRQUEZ

M.VZ. Candidato M. Sc. Instituto de Ciencias Clínicas Veterinarias,
Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.



PERFIL METABÓLICO PARA EL DIAGNÓSTICO DE LAS ALTERACIONES NUTRICIÓN-FERTILIDAD EN HATOS LECHEROS

Si bien la única causa de infertilidad no son los desbalances nutricionales, existe relación entre el aporte de nutrientes en la ración y el comportamiento reproductivo de la vaca.



En este artículo se describen los principales constituyentes bioquímicos sanguíneos que se relacionan con el funcionamiento de las diferentes vías metabólicas del organismo, las que a su vez están reguladas por la ración consumida. Así mismo, se describe la relación que existe entre estos metabolitos y la fertilidad en hatos lecheros.

INTRODUCCIÓN

El metabolismo está determinado por el ingreso, biotransformación y egreso de los diferentes nutrientes, por lo tanto, desarrollar técnicas de laboratorio que permitan determinar la concentración de algunos constituyentes bioquímicos relacionados con el metabolismo, permitirá conocer el riesgo existente para la ocurrencia de enfermedades de la producción; además, es posible obtener en forma indirecta una aproximación al estado nutricional y potencial reproductivo de la vaca (Payne y Payne, 1987; Ingraham y Kappel, 1988).

Si bien la única causa de infertilidad no son los desbalances nutricionales, existe rela-

ción entre el aporte de nutrientes en la ración y el comportamiento reproductivo de la vaca (Curtis y col., 1985; Büttler y Smith, 1989; Hurley y Doane 1989; Swanson, 1989; Kolver y McMillan, 1994). Por lo anterior, la determinación de algunos metabolitos pondrá en evidencia la presencia de anomalías en la química sanguínea que se relacionan con la fertilidad (Payne y Payne, 1987).

La detección temprana y a tiempo de las vacas que están en alto riesgo de disminuir su potencial reproductivo, es una práctica que contribuirá a aumentar el beneficio económico de la producción de leche.

Esto es posible lograrlo con el empleo del Perfil Metabólico (PM), herramienta mediante la cual se pueden detectar precozmente las vacas que no estarán en condiciones de mantener su equilibrio en el post-parto (Miettinen y col., 1992).

El objetivo de esta revisión es describir los principales constituyentes bioquímicos sanguíneos que están relacionados con la fertilidad en hatos lecheros, los que además es posible analizar en un perfil metabólico realizado por un laboratorio clínico.

EL PERFIL METABÓLICO

Un perfil es un conjunto de estudios o análisis de laboratorio que permiten la caracterización de un individuo o grupo de ellos. El PM se refiere a la determinación de los metabolitos sanguíneos relacionados con el estado de funcionalidad de las vías metabólicas (biotransformación). Estas vías están determinadas por el consumo de nutrientes, los que toman diferentes caminos después de su ingreso al organismo; en el PM se analiza el estado de estas vías, las cuales pueden verse afectadas por los desbalances en el ingreso, transformación o egreso de los ingredientes de la ración consumida por los animales (Payne y col., 1970; Payne y Payne, 1987). El PM es un examen que debe desarrollarse en el análisis de problemas poblacionales y no de individuos en forma aislada (Payne y col., 1973; Whitaker y Kelly, 1994).

Las ventajas que ofrece el desarrollo de un PM en una población determinada son las siguientes:

- Permite determinar la funcionalidad de las vías metabólicas, las que están relacionadas con la ingestión de nutrientes en la ración.
- Es posible identificar problemas metabólicos latentes en el hato.
- Es un indicador indirecto del aporte de nutrientes en la ración.
- Es posible establecer los períodos donde hay limitaciones de tipo cualitativo y cuantitativo en el aporte de nutrientes.
- Mediante su análisis es posible detectar alteraciones metabólicas que pueden afectar el comportamiento reproductivo.

- Se puede analizar si los cambios introducidos en una dieta determinada produjeron los cambios que se estaban esperando.
- Elimina la baja especificidad que tiene la producción de leche, cambios en la condición corporal, cambios de peso, etc., para analizar cambios de dieta.
- El perfil responde los siguientes interrogantes: ¿Hay fallas en el manejo nutricional?, ¿cuál es la falla?, ¿hay fallas que están latentes y no se han detectado?

También es posible encontrar algunas desventajas y limitantes en la utilización de esta ayuda diagnóstica:

- Se presentan variaciones con el transcurso del año.
- El estado productivo del animal causa variaciones en los resultados del perfil, por esta razón es necesario tomar las muestras en grupos homogéneos.
- Hay metabolitos que están bajo estrictos mecanismos de control homeostático, por lo tanto hay poca relación entre el metabolito y la ingestión del nutriente que lo regula (Ejemplo: calcio, glucosa).
- Se requiere estandarizar técnicas que permitan el análisis de metabolitos en serie.
- Costo.

Grupos a muestrear

El número de animales a seleccionar debe ser representativo del hato, por lo cual se sugiere que el número no sea inferior a siete animales por cada grupo, lo que asegura que

la muestra sea suficiente para que se dé variación entre los individuos y para que haya significancia estadística (Rowlands y Pocock, 1976). Los grupos a muestrear serían:

- **Lactancia:** vacas que están dentro de las primeras cuatro semanas de lactancia. También se pueden incluir vacas que están en el pico de producción (Stehr, 1994¹).
- **Vacas parto:** son las vacas que han sido secadas, las muestras se toman por lo general al final de este período, ya que es allí donde hay mayor riesgo de enfermedades metabólicas. El día del secado también es posible obtener la muestra para verificar en qué estado se seca un grupo de vacas (Stehr, 1994 -*op. cit.*-)

La muestra debe tomarse con anticoagulante, el que dependerá de los análisis que se van a solicitar, por ejemplo para glicemia, el anticoagulante de elección es el fluoruro de sodio (Wittwer y col., 1986; Ingraham y Kappel, 1988). Cuando no se requiera el análisis de hemoglobina, las muestras se toman sin anticoagulante. La cantidad de sangre que se requiere es por lo general 10 ml, suficiente para el análisis de la mayoría de los metabolitos. La muestra debe remitirse al laboratorio lo más pronto posible, ojalá dentro de las siguientes 24 horas de obtenida la muestra.

Análisis

Los análisis que se solicitan son diversos y se han incluido varios metabolitos para ser analizados, en general se pretende evaluar

el estado de las vías metabólicas relacionadas con el aporte de proteína, energía y minerales.

El perfil metabólico estándar desarrollado por el laboratorio de Patología Clínica Veterinaria de la Universidad Austral de Chile incluye la determinación de hemoglobina, β -hidroxibutiratos, urea, proteínas totales, albúmina, globulinas, calcio, fósforo, magnesio y aspartato amino transferasa (AST); estos metabolitos son suficientes para evaluar el estado metabólico de las vías energéticas, proteicas y minerales.

PROCESAMIENTO DE LOS RESULTADOS

Los resultados se presentan en términos de promedio y desviación estándar (DE) para la variable analizada (Rowlands y Pocock, 1976).

Aproximadamente el 95% de la población se agrupa alrededor de la media poblacional, los individuos con valores alterados, sólo son unos pocos, por lo que es posible fijar como límite de referencia la media poblacional \pm dos DE. Un cambio que le indique al técnico que hay alteración en el metabolito analizado, se presenta cuando la variación en términos de DE (valor H) en el grupo de animales es igual o mayor a dos. Cuando se trata de analizar individuos en forma aislada, el cambio expresado en DE debe ser igual o mayor a tres (Rowlands y Pocok, 1976).

Presentación de los resultados

Los resultados se presentan empleando el valor de H, el cual representa las DE por encima o por debajo de la media poblacional. El valor H es una estimada más confiable para presentar los resultados, ya que elimina

1 STEHR, W. MV. Dr. agr. 1994. Comunicación personal. Universidad Austral de Chile.

las variaciones que se pueden presentar por el manejo de predios o por variaciones entre los individuos muestreados. Además, unifica los resultados en una sola unidad de medida (Rowlands y Pocock, 1976).

También se emplea para la presentación de los resultados un histograma, en el cual se representa el valor de H; de esta forma se entregan gráficamente las diferencias que hay entre la media poblacional y la media del grupo muestreado en unidades de DE (Wittwer y Böhmwald, 1986).

BALANCE ENERGÉTICO Y SU RELACIÓN CON LA FERTILIDAD

El período post-parto se caracteriza por el inicio de la producción de leche, la disminución en el consumo voluntario y el aumento del requerimiento nutricional, por lo que en las primeras semanas post-parto se presenta un balance energético negativo obligando a la vaca a hacer uso de sus reservas corporales para mantener un equilibrio entre lo que necesita y lo que consume (Bauman y Currie, 1980).

El déficit de energía, acentuado con el inicio de la lactancia, es un factor asociado con el aumento de días abiertos, número de servicios por concepción y retardo en el reinicio de la actividad ovárica post-parto; se ha asociado con el aumento en la incidencia de retención de placenta (Harrison y col., 1990; Miettinen, 1990c; Ferguson, 1991; Nebel y McGilliard, 1993).

El metabolismo energético es un proceso complejo que complica un poco la elección de un indicador confiable de su estado. Sin embargo, se describen algunos constituyentes bioquí-



micos sanguíneos que se relacionan con la evaluación del balance energético.

Glucosa

Es un metabolito que ofrece poca utilidad como indicador del metabolismo energético, ya que existen mecanismos hormonales que tratan de mantener la glicemia frente al exceso o déficit en el ingreso o egreso; sin embargo, bajo condiciones de campo es posible

encontrar vacas hipoglicémicas (Payne y Payne, 1987; Calamari y col., 1989).

La disminución en la concentración de glucosa se ha asociado con algunos signos relacionados con infertilidad (Calamari y col., 1989). Se han encontrado casos de anestro y retención de placenta en vacas Holstein-Friesian hipoglicémicas (Payne y col., 1970; Chassagne y Barnouin, 1992). Así mismo, la involución uterina se tarda más tiempo en vacas hipoglicémicas, las cuales además presentan ovarios quiescentes (Miettinen, 1990a). También se ha asociado la disminución de la glicemia con el período abierto y el número de servicio por concepción, encontrándose que la disminución de la glucosa aumenta los días abiertos y el número de servicios por concepción (Miettinen, 1990a).

El rango de referencia encontrado para la glicemia en hatos lecheros de la VIII a la X Región de Chile, fue de 2,20-4,40 mmol/l (Wittwer y col., 1987). Kaneko (1989) señala que una concentración de glucosa adecuada fluctúa entre 2,50 y 4,16 mmol/l.

A pesar de las conclusiones que se han obtenido donde se relaciona la disminución en la glicemia con la fertilidad hay otros resultados que prueban lo contrario, en los cuales se ha visto que la glucosa es un metabolito que no muestra una asociación consistente con la fertilidad potencial que pueda desarrollar una vaca (Parker y Blowey, 1976).

Cuerpos cetónicos

La movilización de las reservas de grasa induce la formación de cuerpos cetónicos como mecanismo compensatorio del déficit de energía en el post-parto (Lean y col., 1992). Por lo anterior, el análisis de la con-

centración de cuerpos cetónicos (ácido acetoacético y ácido β -hidroxibutírico) constituye un indicador confiable del balance energético (Kaneko, 1989; Harrison y col., 1990; Miettinen, 1990b; Whitaker y Kelly, 1994).

El balance energético en el post-parto temprano tiene gran influencia sobre el intervalo parto-concepción, mientras que el balance energético ejerce más influencia en el lapso parto-primer servicio cuando el puerperio está finalizando. La primera inseminación post-parto en vacas con cetosis clínica se realizó más tarde ($93,1 \pm 23,9$ días) que en vacas no cetóticas ($71,8 \pm 18,8$ días) (Miettinen, 1990c).

También se ha encontrado que el balance energético negativo está asociado con el aumento en el número de servicios por concepción (1,69) y un menor porcentaje de concepción al primer servicio (40%), frente a los mismo parámetros en vacas que no desarrollan cetosis (servicios por concepción: 1,14; concepción al primer servicio: 75%) (Miettinen, 1990c).

El tiempo transcurrido desde el parto a la primera ovulación también es otro parámetro que se ve afectado por el balance energético negativo. Vacas con déficit energético ovularon 14 días más tarde que vacas en balance positivo; así mismo el déficit energético favorece la presentación de ciclos irregulares sin que se afecte la manifestación del calor (Ferguson, 1991).

Durante el déficit energético hay una elevación de ácidos grasos no esterificados (AGNE) como consecuencia de la movilización de grasa para compensar el desbalance energético. La elevación de los AGNE se ha asociado con un aumento del número de

TABLA 1. Efecto de los cuerpos cetónicos en la fertilidad de vacas lecheras, Acetoacetato (AA), β -hidroxibutirato (HB), intervalo parto-primer servicio (AI), intervalo parto-concepción (PC), servicios por concepción (SC) y porcentaje de concepción (PP).

GRUPO	AA mmol/l	HB mmol/l	AI Días	PC Días	SC	PP %
Normal	0.05	0.33	70.5	80.0	1.2	75
Cetosis subclínica	0.19	1.01	75.8	101.6	2.0	44
Cetosis clínica	0.35	1.34	78.0	100.3	1.9	40
HB normal			70.7	79.5	1.2	77
HB elevado			78.6	103.3	2.0	33

Adaptado de: Miettinen, 1990a

días a la primera ovulación post-parto, irregularidades en el ciclo estral e interrupción de la actividad cíclica (Ferguson, 1991).

En la Tabla 1 se resumen los efectos que tiene sobre la fertilidad el aumento de los cuerpos cetónicos, se observa que las vacas que estaban con déficit energético tuvieron un comportamiento reproductivo inferior a las vacas que están en balance energético.

La determinación de cuerpos cetónicos puede hacerse cualitativa o cuantitativamente en sangre, suero, plasma, leche u orina. El método cualitativo está basado en la utilización del nitroprusiato de sodio, el cual al reaccionar con el acetoacetato o acetona produce un cromógeno de color púrpura; esta prueba es sensible al acetoacetato, pero poco sensible al ácido β -hidroxibutírico (Kaneko, 1989). La técnica comúnmente se denomina test de Rothera y puede emplearse a nivel de campo utilizando como muestra cualquier fluido (sangre, suero, leche, orina), para lo cual se requieren los siguientes reactivos:

- Nitroprusiato de sodio: 1 g
- Sulfato de amonio: 20 g
- Carbonato de sodio: 20 g
- Pulverizar y mezclar hasta lograr un preparado homogéneo.

Esta mezcla se deposita en un tubo de ensayo hasta una altura de 5 mm, se añaden 2 ml de la muestra. En caso de ser positiva la presencia de cuerpos cetónicos, se produce inmediatamente una coloración púrpura (Wittwer y Böhmwald, 1986). Esta preparación se puede mantener en varios tubos de ensayo para hacer la prueba a nivel de campo.

La concentración de cuerpos cetónicos debe ser inferior a 10 mg/dl y de ácido β -hidroxibutírico menor a 0.46 mmol/l (Wittwer, 1995²).

2. WITTWER, F. MV. M. V. Sc. 1995. Comunicación personal. Universidad Austral de Chile.

Colesterol

La producción de las hormonas esteroides (Ejemplo: progesterona, estrógenos) depende de la producción de colesterol en el organismo, el cual puede absorberse desde el intestino o ser sintetizado en la mayoría de los tejidos a partir del acetato, cuyo principal precursor en la dieta es la fibra (Kaneko, 1989; Murray y col., 1992).

La fase luteal del ciclo estral se caracteriza por una reducción en la concentración sanguínea de colesterol, el tejido luteal capta y utiliza el colesterol para producir progesterona (Talavera y col., 1985). La producción de progesterona es por lo tanto regulada por la presencia y disponibilidad de colesterol, el que estando disminuido podría afectar la producción de progesterona con los consecuentes efectos sobre la fertilidad (Grummer y Carroll, 1988; Wiltbank y Niswender, 1992).

En consideración a lo anterior, la disminución en la concentración de colesterol puede provocar graves alteraciones en el comportamiento reproductivo del hato, en un efecto mediado por la escasa producción de las hormonas necesarias para el funcionamiento adecuado del ciclo.

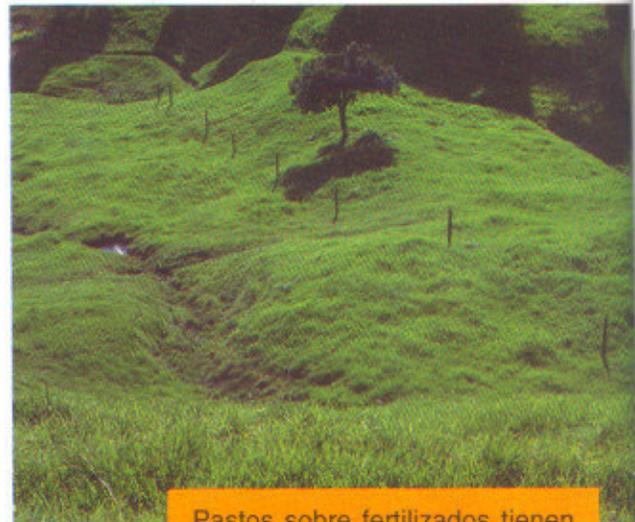
La concentración sérica de colesterol puede variar con el estado productivo del animal. En las primeras dos semanas de lactancia hay una disminución en la concentración de colesterol que puede considerarse como anormal; así mismo, la ración también puede provocar variación en la colesterolemia (Park y col., 1980; Talavera y col., 1985; Contreras y col., 1991).

Para determinar colesterol se emplean diferentes métodos, siendo de uso común el

colorimétrico enzimático (CHOD-PAP); la concentración plasmática fluctúa entre 3.0 y 5.0 mmol/l (Wittwer, 1995 -*op. cit.*-), pudiendo ser hasta un 27% inferior en vacas en las primeras semanas post-parto (Contreras y col., 1991).

BALANCE PROTEICO Y SU RELACIÓN CON LA FERTILIDAD

La proteína de la dieta influencia notablemente el desempeño reproductivo. Dietas deficitarias en proteína degradable, proteína no degradable y nitrógeno no proteico (NNP) inducen una disminución en la secreción de LH y FSH, retardan el reinicio de la actividad cíclica post-parto, se producen fallas en la ovulación y se disminuye el índice de concepción (McClure, 1994).



Pastos sobre fertilizados tienen altos contenidos de proteína.

El exceso de proteína en la ración es posiblemente la causa más común de las alteraciones de la fertilidad asociadas con el consumo de sustancias nitrogenadas (Swanson 1989).

Este efecto posiblemente se deba a la toxicidad de los compuestos nitrogenados o el amoníaco sobre el útero y las estructuras allí contenidas; la causa también puede estar originada en el efecto hipoglicemiante que se produce cuando hay una elevada concentración de proteína cruda en la dieta (McClure, 1994).

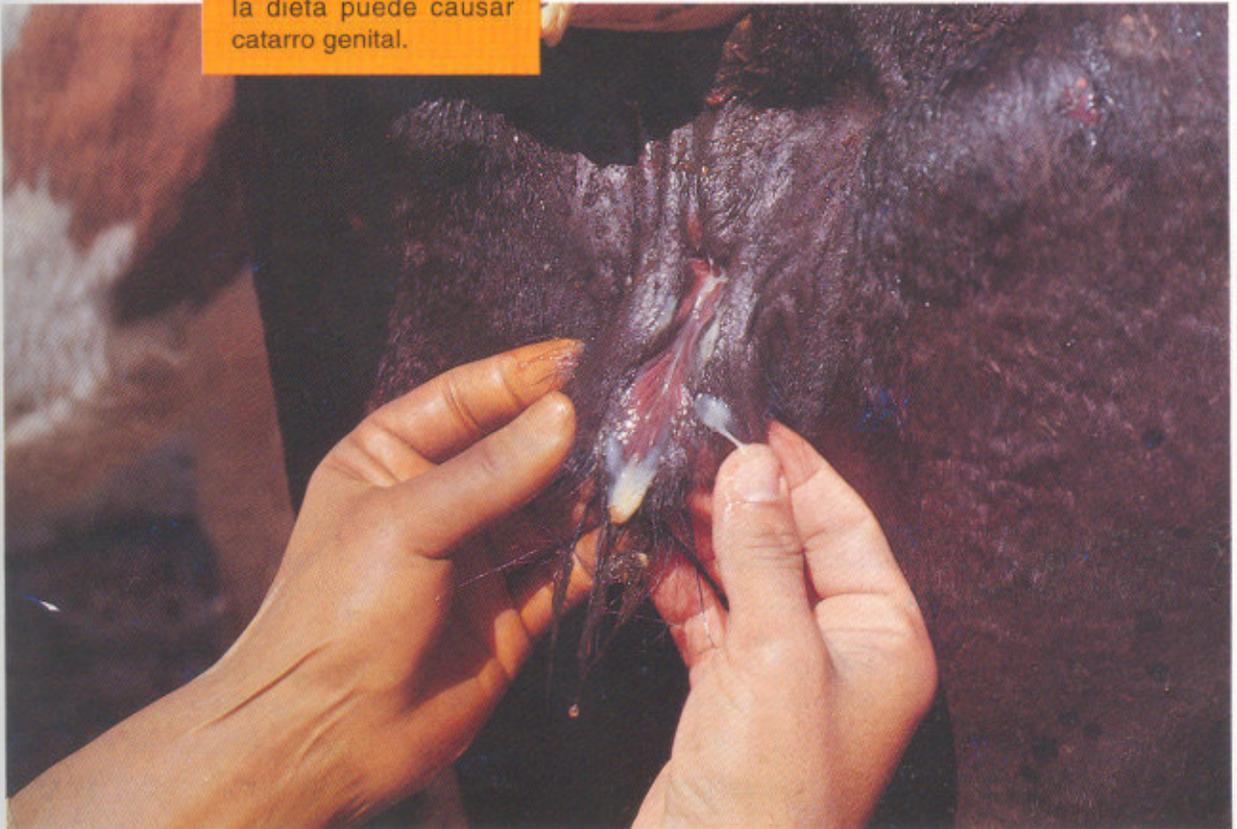
El metabolismo proteico puede evaluarse mediante el análisis de urea, albúmina, globulinas y proteínas totales. La urea responde en forma inmediata frente a los cambios en la proteína cruda de la ración, mientras que los cambios en la albúmina se tardan más para presentarse; las globulinas permiten tener un acercamiento al estado inmunológico del animal (Payne y Payne, 1987).

El exceso de proteína en la dieta puede causar catarro genital.

Urea

El rumiante desdobra las proteínas en amoníaco y urea, las cuales rápidamente pasan a la circulación sanguínea contribuyendo en forma directa a aumentar la uremia; así, el análisis de este metabolito refleja el balance de la proteína cruda o nitrógeno de la ración consumida; también, la uremia es un indicador indirecto del balance energético de la dieta, ya que el metabolismo de la proteína a nivel ruminal depende del aporte de carbohidratos, por lo tanto su déficit producirá una elevación de la uremia (Payne y Payne, 1987; Miettinen, 1990b).

El aumento en el flujo ruminal de proteína cruda puede causar una elevación en la concentración sanguínea de amoníaco y



urea, además este aumento se extiende a los tejidos y fluidos reproductivos; también el amoníaco origina desarreglos en el metabolismo intermediario, sistemas endocrinos y cuerpo lúteo (Chalupa y Ferguson, 1989; McClure, 1994).

La urea es un compuesto tóxico para el espermatozoide y el ovocito, además puede causar aborto cuando se inyecta directamente en el amnios (Chalupa y Ferguson, 1989). La uremia elevada ha sido asociada con la presencia de catarrros genitales y cambios en el contenido de minerales en las secreciones uterinas (Dehning, 1988). En novillas con concentraciones de urea mayores a 5.7 mmol/l, tuvieron al menos un 30% de reducción en el porcentaje de concepción frente a aquellas con concentraciones menores; también hubo mortalidad embrionaria en aquellas novillas que recibieron un alto contenido de proteína en la dieta (Elrod y Bütler, 1993; Elrod y col., 1993). El pH uterino se disminuye en respuesta al elevado consumo de proteína cruda en la ración y ha sido asociado a la disminución en la fertilidad (Tabla 2) (Elrod y col., 1993).

TABLA 2. Cambios en el pH uterino, sanguíneo, salivar y urinario al día 7 del ciclo como respuesta a raciones con la proteína balanceada, alta proteína no degradable (PND) y alta proteína degradable (PD).

FLUIDO	PROTEÍNA BALANCEADA	DÍA 7 DEL CICLO	
		ALTA PND	ALTA PD
Uterino	7.13	6.95	6.85
Sangre	7.38	7.36	7.34
Saliva	8.32	8.16	8.19
Orina	8.07	7.97	8.04

Adaptado de: Elrod y col., 1993.

La uremia baja también es un factor asociado a la disminución en los índices de fertilidad. Concentraciones de urea tan bajas como 2.5 mmol/l o menos, están asociadas con un aumento en los días transcurridos desde el parto al primer servicio, también hubo una disminución en la concepción al primer servicio (Miettinen, 1990b). Una concentración de urea menor a 3.0 mmol/l al momento del secado y en los primeros días post-parto está asociada más con disturbios en la concepción que con el reinicio de la actividad ovárica (Miettinen y col., 1992).

Entre las concentraciones de urea en sangre y en leche hay una estrecha relación, lo cual permite que la determinación de este metabolito en muestras de leche sea un indicador confiable de la uremia; además, las implicaciones que tendría para la fertilidad son las mismas que al analizar urea en sangre (Opitz, 1989; Miettinen, 1990b).

La concentración de urea en leche proveniente de tanques de enfriamiento de 24 hatos estaba relacionada con la fertilidad de los hatos estudiados, es así como hatos con concentraciones bajas de urea en leche tuvieron un índice de fertilidad de Berchtold (IFB) de 41.9; mientras que en hatos con concentraciones de urea altas en la leche el IFB fue de 33.1. Así mismo cuando la concentración de urea en leche fue menor a 4.0 mmol/l el porcentaje de concepción al primer servicio fue de 73.8; pero, al aumentar la concentración a 7 mmol/l el porcentaje de concepción bajó al 50.7 (Gallardo, 1994).

La urea puede determinarse mediante varios métodos especialmente los colorimétricos siendo más utilizado el Ureasa-Berthelot, también pueden utilizarse algunos métodos semi-cuantitativos simples (Wittwer

y Böhmwald, 1986). El rango de referencia para la uremia es de 2.6 - 7.7 mmol/l (Wittwer, 1995 -*op. cit.*-). La determinación en leche se hace empleando el mismo método previa extracción de la materia grasa de la leche (Opitz, 1989), encontrándose un rango de 2.5 - 7.4 mmol/l⁻¹ (Wittwer y col., 1993).

MINERALES Y VITAMINAS Y SU RELACIÓN CON FERTILIDAD

Si bien son varios los minerales y vitaminas que están relacionados con el desempeño reproductivo en bovinos, el perfil metabólico estándar sólo considera la determinación de calcio, fósforo y magnesio; en algunas oportunidades se ha incluido el análisis de sodio, potasio y cobre (Payne y col., 1970; Wittwer y col., 1987, 1988).

El efecto que sobre la reproducción ejercen los minerales y vitaminas bien sea como consecuencia del déficit o exceso en la ración ha sido revisado recientemente (Hurley y Doane, 1989). En el Cuadro 1 se resumen los efectos de la nutrición mineral y vitamínica sobre la reproducción.

La deficiencia de minerales y vitaminas puede causar abortos.

CUADRO 1. Alteraciones reproductivas producidas por el efecto de la nutrición mineral y vitamínica en bovinos.

DESCRIPCIÓN	DEFICIENCIA	EXCESO
Abortos, natimortos, terneros débiles.	Manganeso, iodo, cobre, selenio, calcio, fósforo, cobalto. Vitaminas: A, D, E.	
Anestro, estro, silente.	Cobalto, iodo, manganeso, cobre, fósforo. Vitamina A.	
Efecto sobre el embrión: (trastornos de la nidación, mortalidad embrionaria).	Manganeso, cobre, cobalto. Vitamina A.	Flúor
Afecciones en el post-parto: Distocias, retención de placenta, retardo en la involución uterina, catarros genitales.	Selenio, magnesio, fósforo, cobalto, iodo, calcio, sodio, manganeso, Vitaminas: A, D, E.	Calcio, fósforo, potasio, sodio.

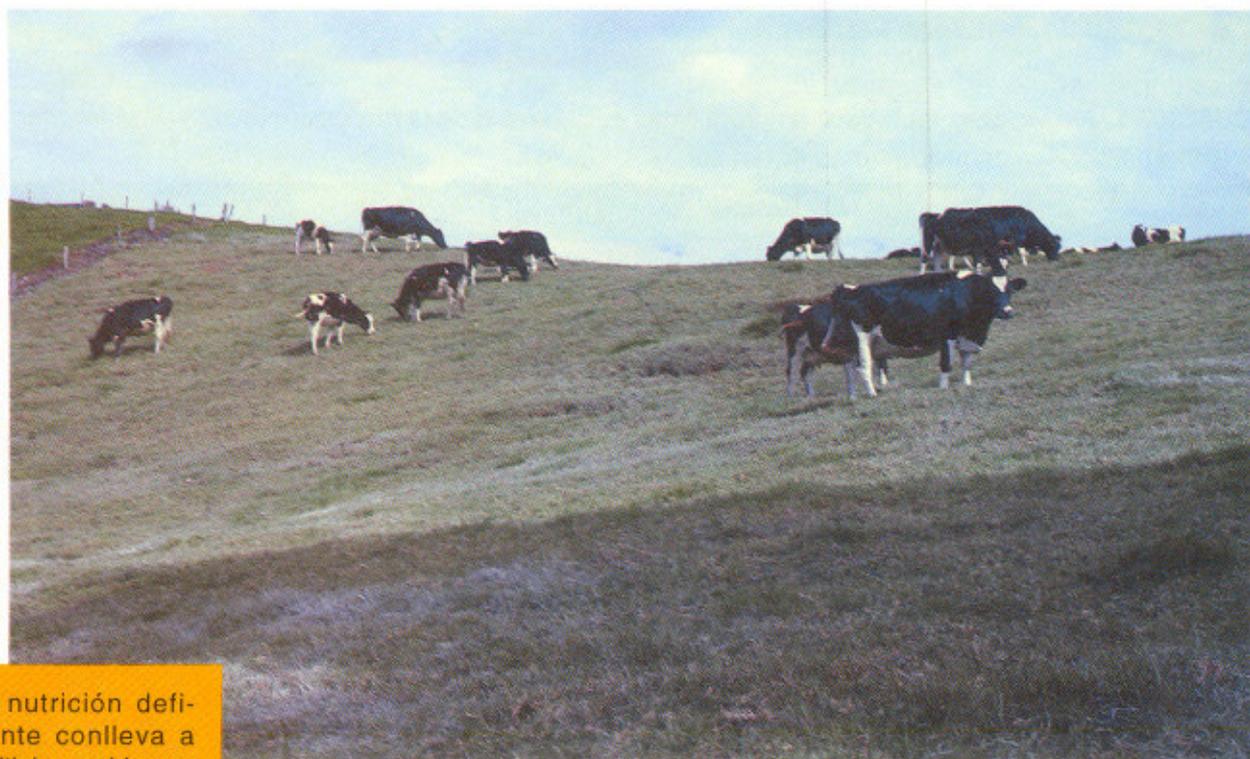
Adaptado de : Dehning, 1988; Ferguson, 1989; McClure, 1994.

CONCLUSIÓN

El perfil metabólico es una herramienta que permite caracterizar grupos de individuos con respecto al funcionamiento de sus vías metabólicas, las que están influenciadas por el ingreso, egreso y transformación de los diferentes nutrientes contenidos en la ración. El perfil metabólico en ningún momento debe constituir el todo en el establecimiento de la causa de los problemas de fertilidad en un hato lechero; pero, sí es una ayuda que permite un acercamiento directo cuando la causa de estas alteraciones está relacionada con la nutrición que reciben las vacas. Lo anterior en relación con que la nutrición está influyendo en forma directa sobre el comportamiento reproductivo potencial y exhibido por las vacas en un momento determinado. Mediante el análisis de algunos constituyentes bioquímicos sanguíneos es posible co-

nocer cuál es el riesgo que existe no sólo de que se presenten enfermedades de la producción (enfermedades metabólicas), sino también de las alteraciones de tipo reproductivo. La glucosa, cuerpos cetónicos, colesterol, urea, calcio, fósforo, selenio y β carotenos, son algunos de los metabolitos y minerales que se han relacionado con la infertilidad en bovinos lecheros, siendo posible medirlos en la mayoría de los laboratorios clínicos.

Conocer a tiempo cuál es el riesgo que existe de la eventual ocurrencia de trastornos de la fertilidad relacionados con la nutrición, permitirá tomar a tiempo las medidas correctivas adecuadas y necesarias para su prevención; además, la prevención es un factor clave para disminuir en parte las pérdidas originadas por infertilidad logrando así un proceso cada vez más productivo y rentable.



La nutrición deficiente conlleva a múltiples problemas metabólicos.

NOTA DEL EDITOR

Adicionamos al presente artículo un trabajo de campo realizado en el norte de Antioquia por Carmen Cadena y Omar Gómez como tesis para optar el título de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de Antioquia en 1989, bajo la dirección del profesor Hemerson Moncada.

RESULTADOS DE CAMPO

Tomando en cuenta las diferencias que se dan entre vacas y novillas, entre los diferentes estados fisiológicos (gestación avanzada, parto muy reciente y varias semanas post-parto) y haciendo consideración de la condición corporal de los animales en el momento de realizar el examen, resulta no-

TABLA 4. Valores de Referencia.

NÚMERO DE LA MUESTRA	STATUS	ESTADO FISIOLÓGICO	FECHA I.A. PARTO	PRODUC. PROMED. (L)	CONDICIÓN CORPORAL	GRASA LECHE %	BETA CAROTENOS g/100 cl	QUÍMICA SANGUÍNEA							
								AST U.I	BILIRR. Microg/L	UREA Milimol/L	GLU-COSA Milimol/L	Mg Milimol/L	Ca Milimol/L	P Milimol/L	RELACIÓN Ca : P
1	Vaca 2o. parto	Próx. parir	16-7-88 26-4-89	21	2.5	3.1	1200	46 +	4.62 +	5.96 +	3.61	2.5	2.55	1.29 - (-)	1.97 : 1
2	Novilla 1o. parto	Próx. parir	19-7-88	14	3.0	5.0	1400	81 +++	5.13 + (+)	7.99 ++	2.78 -	2.3	2.22 -	1.81 - (-)	1.22 : 1
3	Novilla 1o. parto	Próx. parir	3-8-88	10	3.0	3.4	1000	78 +++	4.62 +	3.66	3.33	2.4	2.42	1.78 - (-)	1.35 : 1
4	Novilla 1o. parto	Recién parida (1 día)	21-4-89	13	2.0	2.8	1400	84 +++	6.67	9.66 +++	1.89 - (-)	1.9	1.85 - (-)	1.36 - (-)	1.36 : 1
5	Novilla 1o. parto	Recién parida (1 día)	21-4-89	8	2.5	3.9	1200	95 ++++	4.62	8.82 +++	1.39 -	2.6	1.95 -	1.65 - (-)	1.18 : 1
6	Vaca 5o. parto	Recién parida (6 días)	16-4-89	20	3.0	3.6	600	52 ++++	6.5	7.66 ++ (+)	0.83 ---	1.8	2.27	1.91	1.18 : 1
7	Vaca 2o. parto	Recién parida (42 días)	10-3-89	18	3.0		1400	94 ++++	4.28	9.49 +++	0.94 ----	2.1	2.05 (-)	1.36	1.5 : 1
8	Novilla 1o. parto	Lactancia (45 días)	7-3-89	16	3.0		1200	110 ++++	4.45	7.33 ++	0.99 ----	2.3	1.7 --	1.29 -- (-)	1.31 : 1
9	Novilla 1o. parto	Lactancia (47 días)	5-3-89	18	3.0		1400	77 +++	3.93	9.49 +++	4.05	2.1	1.97 - (-)	1.55 --	1.27 : 1
10	Vaca 2o. parto	Lactancia (65 días)	17-2-89	22	3.5		1000	129 ++++	3.42	8.49 ++ (+)	1.83 ---	1.9	2.1 -	1.58	1.32 : 1
11	Vaca 2o. parto	Lactancia (93 días)	19-1-89	18	2.5		800	96 ++++	3.59	8.66 ++ (+)	1.78 --	0.95	1.35 ---	1.42 -	0.95 : 1
12	Vaca 2o. parto	Vacía	23-2-89 17-3-89 27-9-88	24	2.5		1400	102 ++++	4.45	12.49 ++++	1.28 ---	1.8	2.15 --	1.29 --	1.66 : 1
13	Vaca 2o. parto	Gestante	25-11-88 30-1-89 21-6-88	18	3.0		1400	87 +++	3.76	9.66 +++	1.67 ---	2.8	2.0 -	1.29 --	1.55 : 1
14	Novilla 1o. parto	Gestante	7-1-89 18-2-89 19-9-88	10	3.5		1200	91 +++	3.59	9.32 +++	2.39 -	1.9	1.92 --	2.1	0.91 : 1
15	Vaca 2o. parto	Lactancia (120 días)	19-2-88	10	2.5		800	158 ++++	4.45	8.66 ++ (+)	2.94 -	2.0	2.15 -	1.97	1.09 : 1

1 Muestra 1 y 3. Mostraron abundante fibrina en suero.
+(-) Valores superiores (inferiores).

++(-) Valores excedidos (deficientes)
+++ (-) Valores francamente excedidos (francamente deficientes)

TABLA 5. Valores seroquímicos de referencia en bovinos.

SUSTANCIA	EDAD Y ESTADO DE GESTACIÓN O DE LACTANCIA	CONCENTRACIÓN	
		Micromol/L	Milg/100 cc
Fósforo (Inorgánico)	Terneritas y novillas preñadas	> 2.2. (-2.7)	> 7.2 (-8)
	Primerizas		
	Hasta 2a. semana post-parto	1.7 - 2.1	5.3 - 6.5
	A partir de la 3a. semana post-parto	2.0 - 2.4	6.0 - 7.0
	Vacas		
	Antes del parto	> 1.6 (-2.1)	> 5.0 (-6.5)
	Hasta 2a. semana post-parto	> 1.3	> 4.0
	A partir de la 3a. semana post-parto	1.6 - 2.1	5.0-6.5
Calcio	Antes del parto	> 2.4	9.6
	Hasta 2a. semana post-parto	> 2.2	> 8.8
	A partir de la 3a. semana post-parto	> 2.3	> 9.2
Magnesio	Independientemente de edad y estadio	> 0.75	> 1.8
Urea	Alrededor del parto	2.0 - 5.0	12.0 - 30
	En los restantes estadios	2.5 - 6.0	35
Glucosa	Antes del parto	3.0 - 4.0	55.0 - 70
	Hasta 5a. semana post-parto	> 2.5	> 45
Beta-carotenos		Micromol/L	Mg/100
	2a. semana antes hasta 3a. semana después del parto	> 1.9	> 100
	En los restantes estadios	> 3.7	> 200
		Color amarillo	
Bilirrubina	Antes del parto	< 4.5	< 0.25
	Hasta 2a. semana post-parto	< 7.0	< 0.45
	A partir de la 3a. semana post-parto	< 5.0	< 0.30
AST (GOT)		U/l	
	Antes del parto	< 35	-
	Hasta 3a. semana post-parto	< 45	-
	A partir de la 4a. semana post-parto	< 35	-
GLDH	Independientemente del estadio	< 10	-

Fuente: LOTTHAMMER.

table que casi todos los valores de glucosa se encuentren desde ligeramente deficientes hasta muy deficientes, en tanto que los de urea fluctúan entre ligeramente excedidos y muy excedidos (Tablas 4 y 5) con respecto a los valores de referencia contenidos en la literatura universal.

Los valores de bilirrubina por su parte se muestran en su mayoría normales, mientras que los de AST (SGOT) exhiben notables incrementos con respecto a los valores de referencia.

Los valores serológicos de los minerales, aún cuanto menos contundente en su expresión, demuestran también algunas características importantes: en contraposición a valores normales de magnesio, los de calcio y fósforo se presentan disminuidos, pero lo más llamativo de ellos es la marcada tendencia a que la relación Ca:P sea muy estrecha en todos los animales, independientemente de su estado fisiológico.

Los niveles de Beta-carotenos podrían juzgarse desde altos hasta muy altos.

Del examen clínico-ginecológico practicado a los mismos animales seleccionados para colectar las muestras de sangre para los análisis seroquímicos, vale la pena resaltar que casi todos (como ocurre en general en el hato de producción) tenían heces muy líquidas y estrías anulares en los cascos. Era también llamativo el color rojizo del pelo en tres de esos animales.

A una vaca que presentó fiebre de leche poco después del parto se le notó un olor ligeramente dulzón luego de frotar la piel y su involución uterina estaba retardada. De los demás animales se puede afirmar que esta-

ban reasumiendo la actividad ovárica dentro de los períodos fisiológicos: el examen ginecológico no reveló otras alteraciones patológicas.

BIBLIOGRAFÍA

- BAUMAN, D.D. y W.B. CURRIE. Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: A review of mechanisms involving homeostasis and homeorheis. *In*: J. Dairy Sct 63 (1980): 1514-1529.
- BUTLER, W.R. y R.D. SMITH. Interrelationships between energy balance and post-partum reproductive function in dairy cattle. *In*: J. Dairy Sct. 72 (1989): 767-783.
- CADENA CARMEN y SALINAS OMAR. Efectos de la fertilización orgánica en suelos sobre la salud general y reproductiva de un hato lechero en el norte de Antioquia. Medellín: Universidad de Antioquia. Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, 1989. P 122 - 126. Tesis. Universidad de Antioquia. Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, 1989.
- CALAMARI, L., G. BERTONI, M.G. MAIANTI y V. CAPPA. Sull' utilita di nuovi parametri ematochimici nella valutazione del profilo metabolico delle lattifere. *In*: Zoot. Nutr. Anim. 15 (1989): 191-210.
- CHALUPA, W. y J.D. FERGUSON. 1989. El impacto de la nutrición en la reproducción de las vacas lecheras. *En*: 50°. aniversario de la conferencia sobre Nutrición Animal de la Universidad de Minnesota. Bloomington, Minnesota, USA.
- CHASSAGNE, M. y J. BARNOUIN. Circulating PGF-2 and nutritional parameters at parturition in dairy cows with and without retained placenta: relation to prepartum diet. *In*: Theriogenology. 38 (1992): 407-418.

- CONTRERAS, P.A., F. WITTEWER y W. STEHR. Composición sanguínea, peso y producción de leche durante los tres primeros meses de lactancia en vacas Friesian de tres genotipos. *En: Atch. Med. Vol. 23 (1991): 85-91.*
- CURTIS, C.R., H.N. ERB, C.J. SNIFFEN, R.D. SMITH y D.S. KRONFELD. Path analysis of dry period nutrition, postpartum metabolic and reproductive disorders, and mastitis. *In: J. Dairy Sct. 68 (1985): 2347-2360.*
- DEHNING, R. 1988. Interrelaciones entre nutrición y fertilidad. Series monográficas No. 3. CIICADEP. Santafé de Bogotá, D.C.
- ELROD, C.C. y W.R. BUTLER. Reduction of fertility and alteration of uterine pH in heifers fed excess rumanally degradable protein. *In: J. Anim. Sct. 71 (1993): 694-701.*
- ELROD, C.C., M. Van AMBURGH y W.R. BUTLER. Alterations of pH in response to increased dietary protein in cattle are anique to the uterus. *In: J. Anim. Sct. 71 (1993): 702-706.*
- FERGUSON, J.D. Nutrition and reproduction in dairy cows. *In: Vet. Clin. North Am.: Food Anim. Pract. 7 (1991): 483-507.*
- GALLARDO O., P.A. 1994. Determinación de urea en leche de estanques prediales y su asociación con la actividad reproductiva en rebaños bovinos. Tesis, M.V. Universidad Austral de Chile, Escuela de Medicina Veterinaria. Valdivia, Chile.
- GRUMMER, R.R. y D.J. CARROLL. A review of lipoprotein cholesterol metabolism: Importance to ovarian. *In: J. Anim. Sct. 66 (1988): 3160-3173.*
- HARRISON, R.O., S.P. FORD, J.W. YOUNG, A.J. CONLEY y A.E. FREEMAN. Increased milk production versus reproductive and energy status of producing dairy cows. *In: J. Dairy Sct. 73 (1990): 2749-2758.*
- HURLEY, W.L. y R.M. DOANE. Recent developments in the roles of vitamins and minerals in reproduction. *In: J. Dairy Sct. 72 (1989): 784-804.*
- INGRAHAM, R.H. y KAPPEL. Metabolic profile testing. *In: Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract. 4 (1989): 391-411.*
- KANEKO, J.J. Clinical biochemistry of domestic animals. 4th. ed. San Diego: Academic Press. Inc., 1989.
- KOLVER, E.S y K.L. McMILLAN. Variation in selected blood plasma constituents during the post-partum and breeding periods in dairy cows. *In: New Z. Vet. J. 42 (1994): 161-166.*
- LEAN, I.J., M. L. BRUSS, R.L. BALDWIN y H.F. TROUTT. Bovine ketosis: II. Biochemistry and prevention. *In: Vet Bull. 62 (1992): 1-14.*
- McCLURE, T.J. Nutritional and metabolic infertility in the cow. Wallingford: C A B International, 1994.
- MIETTINEN, P.V.A. Metabolic balance and reproductive performance in Finnish dairy cows. *In: J. Vet. Med. Serie A. 37 (1990): 417-424.*
- MIETTINEN, P.V.A. 1990. Metabolic balance in the prediction of reproductive performance in dairy cows. Dissertation Ph. D. Kuopio, Finland. University of Kuopio.
- MIETTINEN, P.V.A. 1990. Nutrition and reproductive performance in Finnish dairy cows. *In: XVI World Buiatries Congress. Salvador, Bahia, Brasil.*
- MIETTINEN, P.V.A. V.A. RAINIO, S.A. KUKKONEN y J.J. SETALA. Milk acetone in relation to cattle fertility. *In: Fertilitat. 8 (1992):*

- 54-58. MURRAY, R.K., P.A. MAYES, D.K. GRANNER y V.W. RODWELL. 1992. Bioquímica de Harper. 12 ed., México D.F.: Manual Moderno, 1992.
- NEBEL, R.L. y M.L. MCGILLIARD. Interactions of high milk yield and reproductive performance in dairy cows. In: J. Dairy Sci. 76 (1993): 3257-3268.
- OPITZ H., H.A. 1989. Concentraciones de urea en leche total predial y su relación con la concentración de urea en sangre de vacas. Tesis. M.V. Universidad Austral de Chile, Escuela de Medicina Veterinaria. Valdivia, Chile.
- PARKER, B.N.J. y R.W. BLOWEY. Investigations into the relationship of selected blood components to nutrition and fertility of the dairy cow under commercial farm conditions. In: Vet. Rec. 98 (1976): 394-404.
- PARK, C.S., G.R. FISHER y N. HAUGSE. Effect of dietary protein and sunflower meal on blood serum cholesterol of dairy heifers. In: J. Dairy Sci. 63 (1980): 1451-1454.
- PAYNE, J.M. y S. PAYNE. The metabolic profile test. Oxford University Press, 1987.
- PAYNE, J.M., S.M. DEW, R. MANSTON, y M. FAULKS. The use of metabolic test in dairy herds. In: Vet. Rec. 87 (1970): 150-158.
- PAYNE, J.M., G.J. ROWLANDS, R. MANSTON y S.M. DEW. A statistical appraisal of the results of metabolic profile test on 75 dairy herds. In: B. Vet. J. 129 (1973): 370-381.
- ROWLANDS, G.J. y R.M. POCOCK. Statistical basis of the Compton metabolic profile test. In: Vet. Rec. 98 (1976): 333-338.
- SWANSON, L.V. Discussion - interactions of nutrition and reproduction. In: J. Dairy Sci. 72 (1989): 805-814.
- TALAVERA, F., C.S. PARK y G.L. WILLIAMS. Relationship among dietary lipid intake, serum cholesterol and ovarian function in Holstein heifers. In: J. Dairy Sci. 60 (1985): 1045-1051.
- WHITAKER, D.A. y J.M. KELLY. 1994. Use and interpretation of metabolic profiles in dairy cows. In: I Curso de Divulgación en Técnicas de RIA y Evaluación de Metabolitos Sanguíneos y Cinéticas Digestivas Relacionadas en la Nutrición y Reproducción en Bovinos. Maracay, Venezuela.
- WILTBANK, M.C. y G.D. NISWENDER. Functional aspects of differentiation and degeneration of the steroidogenic cells of the corpus luteum in domestic ruminants. In: Anim Repr. Sci. 28 (1992): 103-110.
- WITWER, F. y H. BOHMWALD. Manual de patología clínica veterinaria. Valdivia: Universidad Austral de Chile, 1986.
- WITWER, F., H. BOHMWALD y R. KLAASEN. Efecto del tiempo, temperatura de conservación y del anticoagulante (EDTA/NaF) en muestras para perfiles metabólicos. In: Arch. Med. Vet. 18 (1986): 43-51.
- WITWER, F., H. BOHMWALD, P.A. CONTRERAS y J. FILOZA. Análisis de los resultados obtenidos en rebaños lecheros en Chile. En: Arch. Med. Vet. 19 (1987): 35-45.
- WITWER, F., H. BOHMWALD, P.A. CONTRERAS, R. ENRIQUE y R. FUCHSLOCHER. Concentraciones de zinc y cobre en forrajes y suero sanguíneo de 40 predios lecheros de la X región - Chile. En: Arch. Med. Vet. 20 (1988): 118-125.
- WITWER, F., J.M. REYES, H. OPITZ, P.A. CONTRERAS y H. BOHMWALD. Determinación de urea en muestras de leche de rebaños bovinos para el diagnóstico de desbalance nutricional. In: Arch. Med. Vet. 25 (1993): 165-172.