

# Alimentación y fertilidad en los bovinos (y III)

Vittorio Cappa

## PROTEINAS Y FERTILIDAD

Como es sabido, las proteínas alimentarias contienen fracciones más o menos degradables en el rumen por obra de las bacterias allí presentes. La mayor parte de la fracción degradable se divide en amoníaco de radicales carbónicos. Los radicales carbónicos son utilizados por las bacterias tanto para la síntesis de los aminoácidos, como para finalidades energéticas. Por el contrario, el amoníaco liberado se utiliza para la síntesis de los aminoácidos. La reutilización del amoníaco por parte de bacterias depende de la disponibilidad de la materia orgánica digerida en el rumen.

De todas formas, la actividad desaminativa es en general más veloz respecto a la síntesis proteica de las bacterias. Por ello una parte del amoníaco pasa inalterada del aparato digestivo directamente a la circulación sanguínea. La cantidad depende de la fracción degradable de las fuentes proteicas, de las proteínas contenidas en la ración, de la energía disponible a nivel de rumen, de la modalidad del suministro de la ración, etc.

Los aminoácidos absorbidos en ex-

ceso, respecto a las necesidades para el mantenimiento y para la producción, son almacenados en pequeña parte como reserva y el resto se utiliza para fines energéticos, después de haber sufrido el proceso de desaminación. El amoníaco procedente del rumen y el derivado de la desaminación del tejido son transformados en urea a nivel del hígado. Una parte de la urea retorna al rumen a través de la saliva y otra parte es eliminada con la orina y eventualmente con la leche.

Las fuentes de nitrógeno que llegan al rumen con los alimentos pueden ser las más diversas bajo el aspecto químico (fig. 11). Cada una de ellas desempeña papeles bien definidos para las relaciones entre sí existentes y en relación con la simultánea disponibilidad de energía para una óptima utilización a nivel del aparato digestivo.

De cualquier forma queda el hecho de que, más allá de estas precisiones, el término «proteínas» es considerado todavía como el punto de referencia para las diversas fuentes de nitrógeno, y por tanto, aunque no siempre corresponde a la verdad, se habla genéricamente de relación entre proteínas y fertilidad. Las proteínas pueden tener influencia

sobre la fertilidad de las vacas por presencia en la ración por defecto o por exceso, pero también por un insuficiente aporte de energía (cuadro III) (M. Brochart, 1972, *L'Élevage bovin*, n.º 3, 53-59). El suministro insuficiente de proteínas con la ración y/o una disminuida síntesis proteica a nivel del rumen conducen a una menor disponibilidad de aminoácidos, ante todo para la síntesis de las proteínas de la leche, y, como consecuencia, también para una normal actividad de otros órganos, siendo los de la reproducción primeros entre todos.

Por ello, las proteínas pueden desempeñar un papel importante al influir sobre la fertilidad, favoreciéndola o comprometiéndola. A este respecto, bastará recordar que las proteínas, o mejor los aminoácidos, son parte constituyentes de hormonas (p. ej. hormonas glicoproteicas FSH y LH) que regulan la actividad reproductora en las diversas fases del ciclo, antes y después de realizada la fecundación; las proteínas son indispensables para la formación de los tejidos en vía de desarrollo del embrión; los aminoácidos entran a formar parte de las sustancias presentes en la denominada «leche uterina», indispensable para nutrir al embrión hasta la formación de la placenta.

Dicho esto, queda claro que una carencia de proteínas, y sobre todo de «aminoácidos indispensables», puede producir su menor disponibilidad para el normal desarrollo de las funciones reproductoras antes indicadas; no se olvide el hecho de que para los procesos de «homeótesis», en la fase inicial de la lactación, dichas sustancias son empleadas por el organismo en vía prioritaria para la síntesis de las proteínas de la leche.

En vacas de raza de carne (Hereford), de las que es conocida su modesta capacidad lactífera, se ha demostrado ya —quizás de forma segura por primera vez— que un consumo redu-

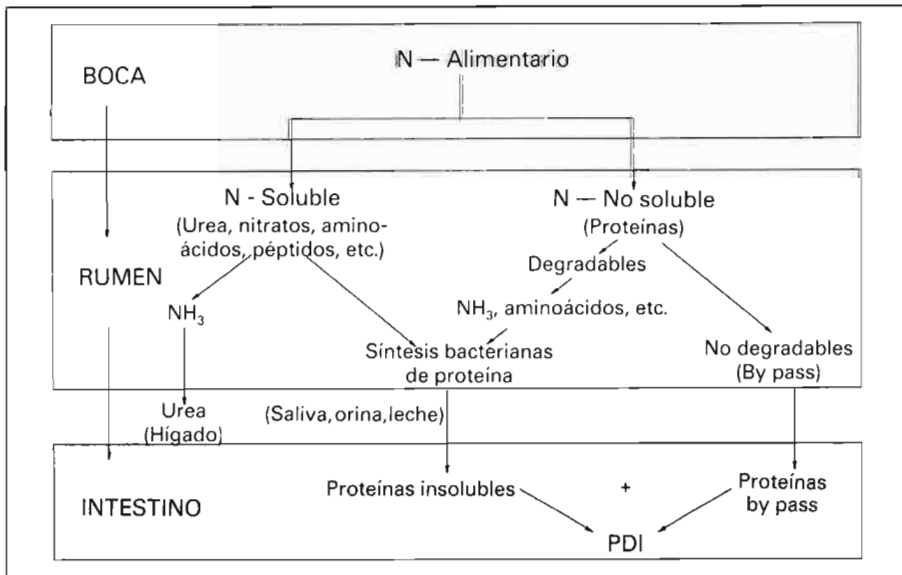
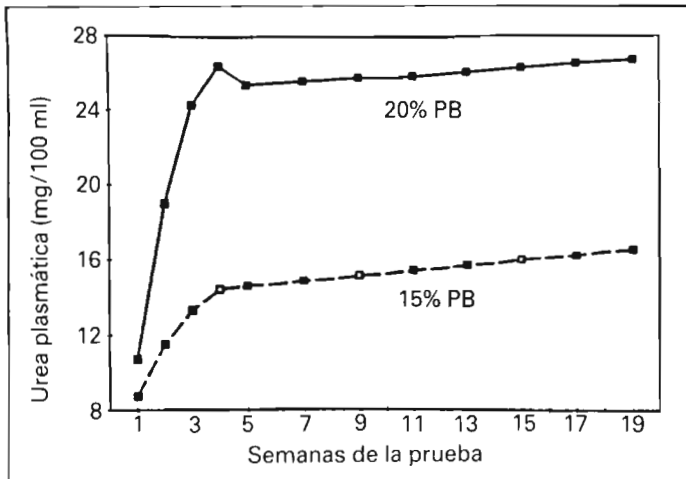
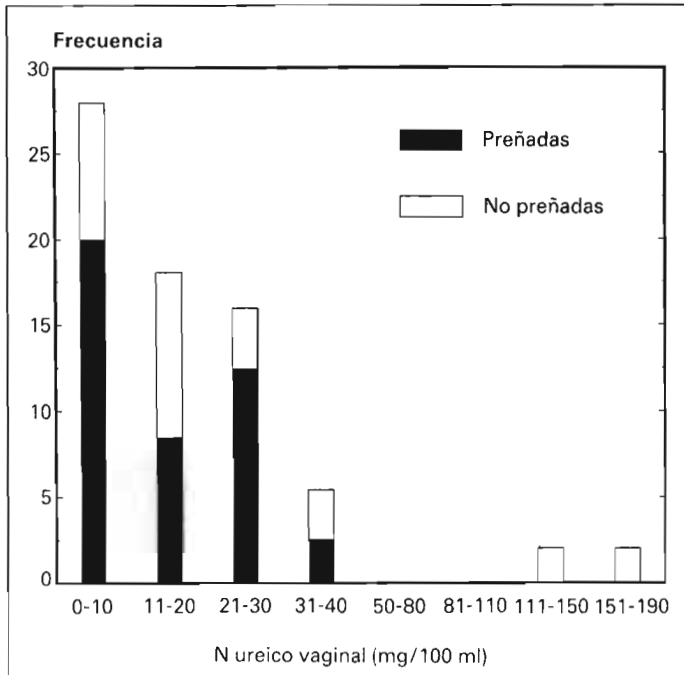


Fig. 11. Fuentes de nitrógeno (N) para el rumiante.



**Fig. 12.** Urea plasmática de vacas alimentadas con raciones de moderado (15%) o alto (20%) contenido proteico (Howard, 1987).



**Fig. 13.** Frecuencia de las concentraciones de nitrógeno ureico en la mucosa vaginal en el momento de la inseminación de vacas que han concebido o no después de las intervenciones fecundativas (Claypool *et al.*, 1980).

cido de proteína bruta puede influir sobre el rendimiento reproductor (S. Sasser Gart *et al.*, 1988, *J. Anim. Sci.*, 66, 3.033-3.039), con una prolongación del intervalo parto-primero celo y un menor número de gestaciones obtenidas. También en las vacas de leche un déficit proteico puede ser causa de una reducida fertilidad.

Encontrar hoy en las raciones de vacas de leche una carencia de proteínas es más bien raro. Por el contrario, es mucho más fácil observar un exceso. Esto ocurre, por ejemplo, en las zonas donde predomina como forraje exclusivo de la ración la alfalfa, cuyo rico aporte de proteínas difícilmente se puede corregir con el uso de pienso concentrados, aunque sean elegidos entre los más pobres en estas sustancias (maíz, cebada, etc.); o bien por la incapacidad por parte del ganadero de preparar raciones suficientemente equi-

libradas. Pero más frecuentemente porque se elige suministrar en exceso las proteínas conociendo, aunque empíricamente, sus propiedades galactopoiéticas, propiedades que por otra parte están ampliamente demostradas (I. Bruckental *et al.*, 1989, *Anim. Prod.*, 48, 319-329).

En otras palabras, se apunta a obtener producciones más elevadas de leche, sin considerar los efectos colaterales negativos que se pueden tener sobre otras funciones del organismo, como por ejemplo la de reanudación de una normal actividad reproductora. Así pues, aumentar el aporte de proteínas con la ración puede significar un incremento de leche, pero también un efecto negativo sobre la fertilidad.

Como consecuencia de una mayor cantidad de proteínas en la ración se tiene regularmente una correspondiente elevación de los niveles de urea (fig.

12) hemática (H. J. Howard *et al.*, 1987, *J. Dairy Sci.*, 70, 1.563-1.571). En algunos casos se puede observar un aumento también del amoníaco:

- a) Cuando la concentración en el aparato digestivo es muy elevada y el amoníaco puede pasar, a través de la cavidad peritoneal, a la circulación periférica y a otros tejidos por simple difusión (W. J. Visek, 1984, *J. Dairy Sci.*, 67, 481-498).
- b) Cuando la producción en exceso no permite al hígado su completa transformación en urea. El suministro de una elevada cantidad de proteínas puede influir negativamente sobre la fertilidad a través de sus metabolitos, de modo directo o indirecto.

Directamente: con la concentración elevada de amoníaco y/o de urea en el tracto reproductor, creando un ambiente no óptimo para la concepción.

<b>Cuadro III</b>					
<b>Efectos de los diversos aportes entre energía y prótidos digestibles de la ración sobre la fertilidad de las vacas (M. Brochart, 1972)</b>					
		Prótidos digestibles			
		Carencia	Equilibrio	Exceso	
Unidad forrajera	Carencia	46,8 1,95	43,2 1,98	35,7 1,82	% de no retornos en 3 meses N.º de inseminaciones por gestación
	Equilibrio		74,4 1,39	45,2 1,94	% de no retornos en 3 meses N.º de inseminaciones por gestación
	Exceso		67,2 1,52	40,8 2,04	% de no retornos en 3 meses N.º de inseminaciones por gestación

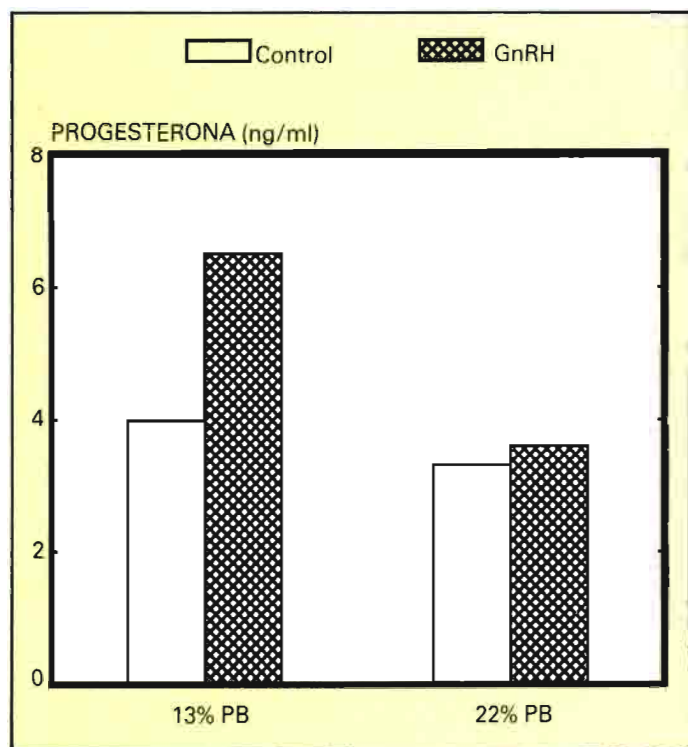


Fig. 14. Variaciones hemáticas de progesterona como consecuencia de inoculaciones de GnRH en vacas alimentadas con raciones con el 13 o el 22% de proteínas (Swanson, 1989).

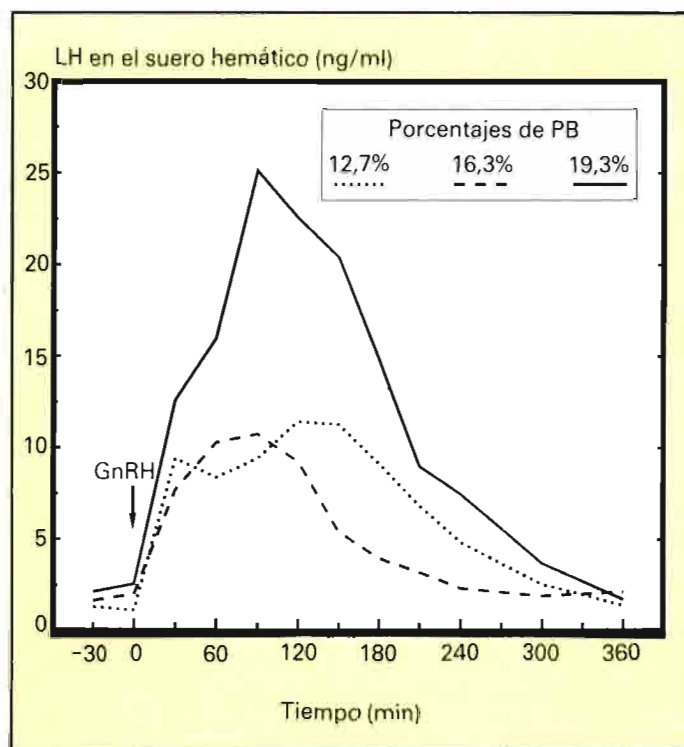


Fig. 15. Efecto de la inyección intramuscular de GnRH (100 ng) en vacas lecheras en cuya ración estaban presentes diversos porcentajes de proteína bruta (Jordan *et al.*, 1979).

Indirectamente: interfiriendo sobre la actividad endocrina (particularmente sobre las hormonas de la reproducción), sobre el metabolismo energético y mineral y actuando sobre el sistema inmunitario.

Por lo que respecta al modo directo se observa, en efecto, en las vacas que han recibido una cantidad más alta de proteínas que otras una mayor concentración de urea a nivel de la mucosa vaginal (D. J. Carroll *et al.*, 1988, *J. Dairy Sci.*, 71, 3.470-3.481), o en las secreciones uterinas (D. W. Johnson *et al.*, 1986, *J. Dairy Sci.*, 69 (suppl.), 242-243).

La presencia de estas sustancias (NH<sub>3</sub> y urea) en exceso puede aumentar el pH a nivel del aparato reproductor femenino y reducir la motilidad y la supervivencia de los espermatozoides (Visek, *ibídem*), con efectos sobre la concepción (fig. 13) (D. W. Claypool *et al.*, 1980, *J. Dairy Sci.*, 63, 833-837). Así, altos niveles de amoníaco o de urea pueden ser tóxicos a espermatozoides y ovocélulas; el amoníaco parece inhibir el ciclo del ácido cítrico en los espermatozoides y comprometer su motilidad si están diluidos con una solución isotónica de urea (E. R. Jordan *et al.*, 1983, *J. Dairy Sci.*, 66, 1.854-1.862).

En relación a la interferencia indirecta sobre la fertilidad del exceso de proteínas, veámos ante todo la relación con la actividad endocrina.

Y aquí retornamos al concepto anteriormente expresado (véase energía y fertilidad) en lo referente al ciclo estral como consecuencia de la interacción entre hormonas secretadas por el trinomio hipotálamo-hipófisis-ovarios.

Las proteínas y sus metabolitos pueden también influir en la actividad hormonal de estas glándulas endocrinas. Los efectos de diferentes niveles de proteína sobre las hormonas de la reproducción han sido objeto de numerosas investigaciones, pero los resultados no son siempre concordes y, por ello, no se pueden considerar definitivos. La diversidad de los resultados obtenidos puede derivarse de múltiples factores, como: el nivel de proteína y de energía de la ración, el tipo de proteína, la raza, la edad y el número de ciclos estrales después del parto, y otros más. Por ésto son resultados sólo indicativos y de estímulo para ulteriores investigaciones. Pero consideremos brevemente algunos de estos experimentos.

También en este caso, la progesterona y la hormona luteinizante (LH) son las hormonas más estudiadas para

ver el efecto de las proteínas sobre la fertilidad de las vacas. La elección, como ya se ha dicho, está motivada por el hecho de que estas dos hormonas están estrechamente ligadas entre sí. La LH estimula el estallido del folículo y la ovulación, y la organización y la actividad del cuerpo lúteo (secreción de progesterona). La progesterona desarrolla complejas actividades para la realización de la gestación: influye en el paso del embrión al útero a través del conducto ovárico, en la producción de la «leche uterina» por parte de las glándulas del endometrio y en el mantenimiento en el útero de un ambiente adecuado para una normal gestación (J.D. Ferguson *et al.*, 1988, *J. Dairy Sci.*, 72, 747-766).

En las vacas en lactación, alimentadas con altos niveles de proteínas y sometidas a inoculaciones de GnRH, se han observado concentraciones más bajas de progesterona (L. W. Swanson, 1989, *J. Dairy Sci.*, 72, 805-814) (fig. 14) y más altas de LH (E. R. Jordan *et al.*, 1979, *J. Animal Sci.*, 48, 1.154-1.158) (fig. 15). Resultado que puede estar justificado por el sistema «feed back» ovarios-hipotálamo-hipófisis, ésto es: la producción de LH no se ralentiza al ser producida la progesterona en cantidades más reducidas. En tales

AHORA

¡SI!

DIFORTIN

ESTA DE VUELTA

#### DIFORTIN

#### "EL HIERRO DEXTRANO"

Debido a que la leche de la madre aporta solamente una séptima parte del hierro que necesita el lechón, es necesaria la administración de DIFORTIN para prevenir o tratar la anemia ferropénica obteniéndose así un mayor desarrollo.

Tras la aplicación intramuscular de DIFORTIN



el complejo hierro dextrano se asimila de una forma rápida y completa, llegando inmediatamente a los tejidos hepáticos, donde se libera el hierro del complejo que se aprovecha para la producción de hemoglobina.

La rápida absorción y alta eficacia del DIFORTIN mejoran la rentabilidad de sus lechones.

#### DESDE EL NACIMIENTO

Complejo hierro-dextrano de 100mg/ml.  
Presentación: envase de 100ml.



COLABORANDO EN LINEA ASCENDENTE



VEPROL ESPAÑA, S.A.  
Ronda de Poniente, 9 28760 Tres Cantos, Madrid.  
Tel.: 803 67 44, fax: 803 44 39

condiciones es evidente el estado de hipofertilidad, ya que la mayor presencia de LH no tiene correspondencia con la formación, después de la ruptura del folículo, de un cuerpo lúteo normal.

De todas formas es difícil establecer cuáles son las motivaciones de estos resultados entre sí tan contrastantes, porque los conocimientos sobre las vías de acción de las proteínas sobre la actividad de las hormonas son escasos. Por ejemplo, la reducida producción de progesterona puede ser una consecuencia de la acción de la urea o del amoníaco sobre el desarrollo del cuerpo lúteo.

Como ha sido indicado por Jordan en 1979 (ibídem), se ha visto que los cuerpos lúteos de vacas que han recibido una integración nitrogenada bajo forma de urea eran más pequeños y frágiles que los de las vacas que habían recibido la integración bajo forma de harina de soja, y los cuerpos lúteos del primer grupo han producido menos progesterona que los del segundo grupo.

Otro modo de acción indirecta de las proteínas sobre la fertilidad está representado por la variación en la ración de la relación proteínas: energía. Por ejemplo, cuando en presencia de un correcto aporte de energía hay un exceso de proteínas. En semejantes condiciones se verifica un déficit energético indirecto. Por una parte se tiene un mayor gasto energético necesario para transformar en urea las concentraciones elevadas de amoníaco; por otra parte, la presencia de proteínas en exceso lleva a aumentar la producción de leche y, por efecto homeorético, la síntesis de las sustancias que la componen. En ambos casos se sustrae energía para el desarrollo de otras funciones orgánicas, entre las que no es la última la de una normal reanudación de la actividad reproductora, actuando principalmente, como ya se ha visto, sobre el sistema endocrino.

Según algunos autores (Ferguson, ibídem), la presencia en la ración de cantidades diversas de proteínas degradables (PD) y proteínas no degradables o by-pass (PND) puede explicar de manera más funcional, respecto a las proteínas totales, o proteínas brutas (PB), los efectos de los rendimientos reproductores.

En función de la producción de leche en las VLAP (vacas de elevada producción de leche), las PND deben estar presentes en la ración en cantidades más elevadas en la fase inicial de la lactación (aproximadamente el 47% de las proteínas suministradas), para después disminuir en las fases que siguen (aproximadamente el 35%). Esto en relación con las necesidades reales de las vacas de fuentes de nitrógeno utilizables a nivel del rumen y otras disponibles como aminoácidos en el intestino delgado. Una pérdida del equilibrio en la relación entre estas dos fracciones proteicas lleva, de todas formas, a una subutilización del nitrógeno. Y si la relación es a favor de la PD, aumenta la producción potencial de  $\text{NH}_3$  y de urea, con los efectos negativos sobre la fertilidad ya descritos. Esto se observa, por ejemplo, en el caso de que para aumentar el porcentaje de proteínas totales del 17 al 21%, se haga uso de harina de pescado (Bruckental, ibídem). Esta última, rica sobre todo en PND, influye de manera limitada sobre la disponibilidad de N a nivel del rumen. Lo demuestra también el hecho de que la harina de soja tratada con formaldehído, y por tanto con una reducida degradabilidad de la fuente proteica, aunque aumentada en la ración, favorece la fertilidad (Y. Folman *et al.*, 1981, *J. Dairy Sci.*, 64, 759-768).

Un efecto indirecto sobre la fertilidad, debido a un exceso de proteínas, podría ejercerse al condicionar la presencia de algunos minerales en las secreciones uterinas durante el ciclo estral. En tales condiciones se tiene una disminución de las cantidades de P, Mg y K (Jordan, 1983, ibídem). No está muy claro ni es fácilmente definible cuál es la importancia de la presencia de estos minerales en relación con la fertilidad. Podrían favorecer el metabolismo celular y contribuir, por tanto, a la supervivencia y vitalidad de espermatozoos, óvulos y embriones en las primeras fases de desarrollo.

Un exceso de proteínas alimentarias podría ser causa de una disminución de las defensas inmunitarias del organismo. La elevada concentración de  $\text{NH}_3$  podría comprometer la eficiencia del sistema inmunitario a través de una reducción de la actividad de los macrófagos y de los glóbulos blancos, favoreciendo así la aparición de estados infla-

matorios a nivel del útero (metritis) o retrasando los procesos de curación con evidentes consecuencias sobre la actividad reproductora (Carroll, ibídem).

### Vitaminas, minerales y fertilidad

Las vitaminas y los minerales son requeridos para las funciones indispensables que éstos desarrollan a nivel del metabolismo celular, destinadas al mantenimiento, al crecimiento y a la producción del animal. Asimismo, muchos de estos principios nutritivos tienen también papeles específicos en la reproducción, que se explican durante la pubertad, los ciclos sexuales, la gestación, el parto y la lactación.

Dirigiremos la atención en particular hacia aquellas vitaminas (A, D, E) y minerales (calcio, fósforo, selenio, cobre, manganeso, zinc) que, individualmente o en diferentes conexiones entre sí, presentan una reconocida participación más directa en la actividad reproductora. Esto no impide que también las otras vitaminas hasta ahora conocidas desempeñen su papel en el mantenimiento de una normal condición de fertilidad. Por ejemplo, a la vitamina C (ácido ascórbico) se le reconoce una función importante en el desarrollo del folículo ovárico y en la actividad del cuerpo lúteo. Pero a la vitamina C no se le da mucha importancia en cuanto es sintetizada en los tejidos del organismo y en general no necesita su ulterior suministro. Sin embargo, esta situación se ha vuelto a considerar últimamente y no se excluye la utilidad de una integración de la ración con esta vitamina también. En tal caso es preciso recordar que un suministro por vía oral es del todo inútil, ya que el ácido ascórbico es destruido por la micropoblación presente en el rumen (V. Cappa, 1958, *Rivista di Zootecnia*, N. 7-8). Por tanto, es necesario intervenir por vía parenteral o utilizar una vitamina protegida.

Las vitaminas del grupo B son con frecuencia cofactores en muchas vías metabólicas y son requeridas, además de para el mantenimiento y el crecimiento, para la reproducción y el desarrollo fetal. Tiamina (B1), riboflavina (B2), piridoxina (B6), biotina (H), cobalamina (B12), niacina (vit. PP), ácido

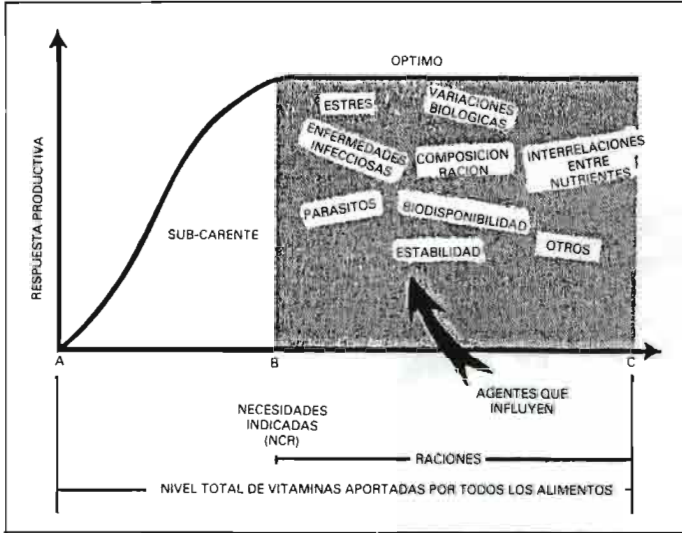


Fig. 16. Factores que pueden influir sobre las necesidades de vitaminas (L.R. Mc Dowell, *Feedst*, 61, (3), 17; 1989).

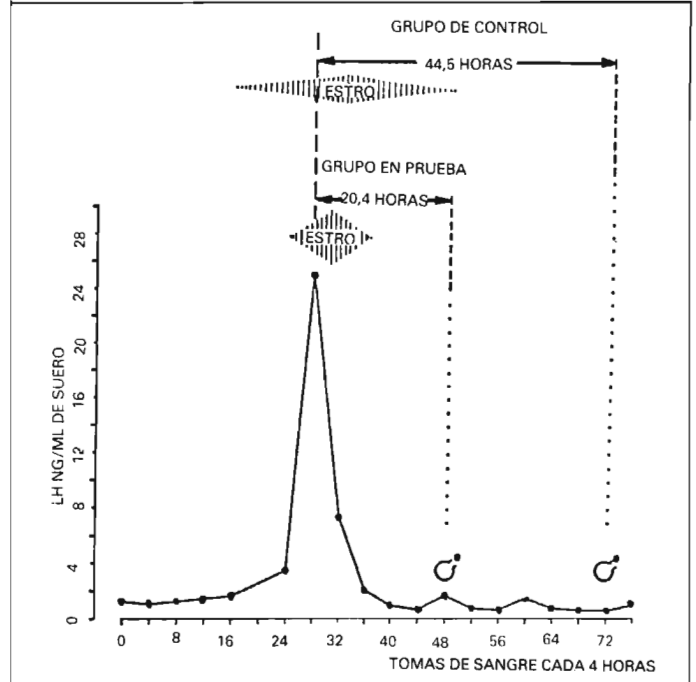


Fig. 17. Intensidad de calor e intervalos entre el pico LH preovulatorio y la ovulación en terneras con o sin aporte de  $\beta$ -caroteno (Lotthammer, 1979).

pantoténico, colina y ácido fólico desarrollan varios papeles en diversos momentos de la actividad reproductora; no obstante, sus funciones y las cantidades requeridas no han sido todavía bien definidas.

Los rumiantes en general no necesitan de un suministro externo de vitaminas del grupo B, porque son suficientes las sintetizadas a nivel del rumen. Esto vale también para la vitamina K. Sin embargo se pueden observar deficiencias cuando, por ejemplo, están presentes en los alimentos agentes antimicrobianos, o en raciones ricas en cereales (almidón) que, favoreciendo un estado de acidosis láctica, reducen la actividad de la población microbiana ruminal y, por tanto, las síntesis vitamínicas.

La funcionalidad óptima del aparato reproductor puede estar limitada por carencias vitamínicas, especialmente si éstas se verifican en períodos particularmente críticos para la vaca, como: la pubertad, el parto y el pico de lactación, o en el caso de particulares condiciones en las que la vaca se pueda encontrar (fig. 16).

**Vitamina A.** Desde hace mucho tiempo son conocidas las disfunciones que se pueden observar a nivel del aparato reproductor como consecuencia de una carencia de vit. A en la vacas (Swanson, *ibídem*). Recientemente ha aumentado también el interés por un reconocido papel específico de la pro-

vitamina A,  $\beta$ -caroteno, en la actividad reproductora.

La vitamina A, al explicar su principal actividad epitelio-protectora, evitando con su presencia el proceso de queratinización de las células epiteliales a nivel de todos los órganos, desarrolla ciertamente una función reguladora sobre la reproducción.

Su influencia ha sido estudiada sobre todo en pequeños animales (ratas, ratones, etc.), pero no faltan los resultados de investigaciones realizadas también sobre los bovinos, los cuales presentan una cierta importancia. En las vacas de leche, los mayores efectos de una carencia de vit. A se encuentran en la fase inicial y avanzada de la gestación. En la primera fase desempeña ciertamente un papel importante en la supervivencia y desarrollo del embrión. Su insuficiente presencia puede ser causa de la llamada «mortalidad embrionaria». En el ulterior curso de la gestación, siempre por deficiencia, puede aumentar la incidencia de abortos y, después del parto, la de retención de la placenta, nacimiento de terneros débiles o muertos y nacimiento de algunos casos de terneros afectados de ceguera. La prolongada alimentación pobre en vitamina A y en carótenos puede reducir la eficiencia reproductora, a través de una disminución de la actividad de la hipófisis, de los ovarios y de los testículos (J. H. Byers *et al.*, 1956, *J. Dairy Sci.*, 39, 1.556-1.564).

En los machos, la deficiencia de vit. A está asociada con la degeneración del epitelio germinal del testículo y consiguiente reducción de la espermatogénesis (L.A. Maynard *et al.*, citado por Hurley).

Los mecanismos reales mediante los cuales la vit. A influye en los órganos reproductores no han sido todavía bien precisados, salvo los genéricos, ya citados, de defensa de la integridad de los epitelios y de estímulo, directo o indirecto, de las funciones de los ovarios y de los testículos, entendidos como órganos productores de hormonas y de gametos femeninos y masculinos respectivamente.

La vitamina A se acumula en el hígado en el 90% por lo menos de la presente en el organismo.

El mayor metabolito activo de la vit. A es el «retinol», que es secretado por el hígado ligado a una proteína, la «retinol-binding-protein» (RBP). La secreción hepática de RBP depende de retinol ligado (W.L. Hurley *et al.*, 1989, *J. Dairy Sci.*, 72, 784-804).

La determinación de RBP en la sangre es considerada indicativa de la acumulación de vit. A en el organismo y la concentración de RBP ligada a la actividad reproductora.

En las células «blanco», el retinol se liga a una RBP propia de la célula, y esto da la posibilidad de evaluar el papel de la vit. A en la reproducción, puesto que dichas células «blanco» han

# MAGNAPAC PLUS

GRASA BY-PASS Y METIONINA BY-PASS



... INCLUSO EN ALIMENTACION  
HAY CLASES

**NOREL**  
SLA

Jesús Aprendiz, 19 - 1º A y B  
28007 MADRID.

Tel: 501 40 41 (8 líneas)  
Fax: 501 46 44 - Telex: 45977 NRL-E



sido evidenciadas a nivel del aparato reproductor masculino (testículos y glándulas accesorias) (M. Kato *et al.*, 1985, *J. Biol. Chem.* 260, 4.832) y femenino (ovarios, útero) (D.E. Ong *et al.*, 1982, *J. Biol. Chem.*, 257, 13.385).

En los 15 últimos años se han publicado los resultados de muchas investigaciones referentes a los efectos que el  $\beta$ -caroteno tiene en la actividad reproductora de la vaca distintamente de los de la vit. A. Diversos autores indican que no existe ningún efecto sobre la reproducción, mientras que otros han obtenido resultados positivos. Estos es debido a las diferentes situaciones en las que se han llevado a cabo las investigaciones en relación con los animales, la alimentación y las condiciones de explotación.

Generalmente se afirma que el  $\beta$ -caroteno puede influir sobre la actividad

reproductora aumentando la intensidad del estro, favoreciendo el porcentaje de concepciones y disminuyendo el número de intervenciones para gestaciones comprobadas, y reduciendo el intervalo parto-concepción y la incidencia de los quistes ováricos (J. Ascarell *et al.*, 1985, *Anim. Prod.* 40, 195; K. H. Lotthammer, 1979, *Feedstuffs*, 51, 16).

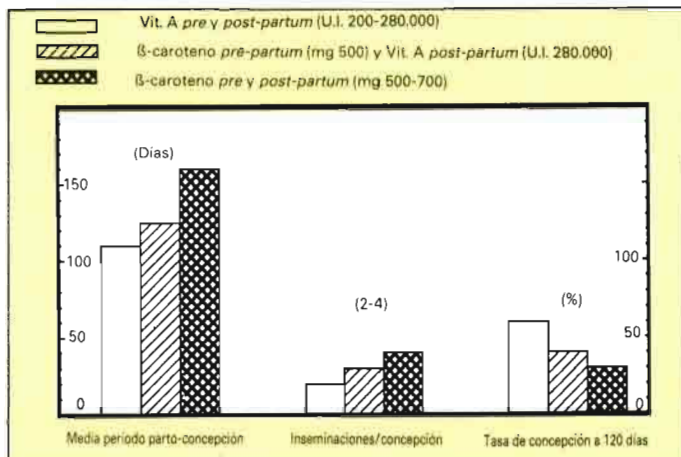


Fig. 18. Fertilidad en vacas tratadas con Vit. A y/o con  $\beta$ -caroteno (al día) (L. W. Swanson, 1989, *J. Dairy Sci.*, 72, 805-814, modificado).

El efecto comprobado con mayor precisión parecería ser el de tener, en carencia de  $\beta$ -caroteno aún con una normal presencia de vit. A en la ración, una desviación de 24 h de la ovulación en el momento del estro. En consecuencia, fecundando a la vaca siguiendo las indicaciones normales, o sea en la segunda fase del estro, resultaría difícil el encuentro entre el espermatozoo y el óvulo (Lotthammer, *ibidem*), (fig. 17).

Otros autores, con el empleo de  $\beta$ -caroteno, no han observado ventajas sobre la fertilidad de vacas pluríparas de alta producción (Y. Folman *et al.*, 1987, *J. Dairy Sci.*, 70, 357-366) (fig. 18).

De todas formas, en la base de la oportunidad o no de una integración de la ración con  $\beta$ -caroteno queda el hecho de que es necesario ante todo establecer si la vaca es carente de este

# SE TUESTA simplemente al vapor uniformemente.

Lineas de tratamiento hidrotérmico para cereales y leguminosas.

**BOCCHI**  
SYSTEM

Via Matteotti, 26 - Z.I. - 40057 CADRIANO (Bologna) - Italia  
Tel. 051/766363 (4 linee r.a.) - Fax 051/766686



principio nutritivo. Esto se puede comprobar mediante control hemático de los carotenos, que pueden representar un fiel espía de las cantidades suministradas con los alimentos.

Es verosímil, por tanto, pensar que los efectos positivos de una integración con  $\beta$ -caroteno se tienen sólo en aquellas explotaciones en las que se observa, mediante control hemático, una real carencia de esta «vitamina».

**Vitamina E y selenio.** Se ha solido considerar juntos a estos dos principios nutritivos por la relación entre sí existente a nivel de los tejidos. Se puede decir que uno actúa en función protectora del otro retrasando los efectos de una posible deficiencia.

Ambos desarrollan una actividad antioxidante para protección de sistemas biológicos celulares. El selenio está implicado en la actividad de la glutatión peroxidasa (GSH-Px) (L. Calamari *et al.*, 1984, *Atti S.I.S. Vet.*, XXXVIII, 395-398) y la vitamina E actúa como antioxidante liposoluble.

Las carencias de vit. E y selenio son más conocidas como causa de la llamada enfermedad del músculo blanco (miodistrofia) en los terneros y en los corderos. También era conocida como vitamina de la fertilidad, pero limitadamente en animales de laboratorio (ratones y ratas).

En las ovejas, la integración de la ración con Se y vit. A aumenta las contracciones del útero (Hurley, *ibidem*). Este efecto sería reconocido también en las vacas, que en período de deficiencia de estos principios nutritivos parecerían tener una prolongación del período de involución uterina, posible causa en un segundo tiempo de procesos inflamatorios a nivel de este órgano y riesgo de quistes ováricos (J. H. Harrison *et al.*, 1984, *Hoard's Dairyman*, 158-159).

Además de esto, la glutatión peroxidasa parece proteger a los óvulos de un posible efecto de oxidación antes de la ovulación, influyendo así en la subsiguiente fertilización.

Pero hoy está más reconocido el efecto de la vit. E y del Se sobre la retención de placenta en los bovinos. La integración de la ración con estos dos elementos en el período que precede al parto —por tanto período seco para las vacas— reduce la incidencia

de la retención de placentaria en las explotaciones donde este proceso dismetabólico es frecuente en presencia de raciones con insuficiente aporte de vit. E y Se. Recuérdese que el Se, por su elevado grado de toxicidad y por su limitado «range» entre cantidad útil y cantidad tóxica, está admitido sólo hace unos años en la alimentación de nuestros animales como integrador.

El mecanismo mediante el cual Se y vit. E pueden influir en la actividad reproductora es principalmente el antioxiante, pero también el que les implica indirectamente en la síntesis de las prostaglandinas. El Se se acumula preferiblemente a nivel de placentomas, ovarios, hipófisis y suprarrenales (Harrison, *ibidem*).

**Vitamina D, calcio (Ca) y fósforo (P).** Como para otras funciones biológicas, también para la reproducción se consideran juntos estos tres principios nutritivos. En efecto, su acción a nivel de varios tejidos está íntimamente ligada. Es opinión difundida que la vit. D. desarrolla su actividad también sobre los órganos de la esfera reproductora, como ovarios, útero, placenta y testículos, actuando sobre el metabolismo del Ca intracelular y sobre las proteínas que ligan el Ca para el transporte (Hurley, *ibidem*).

Otros metabolitos de la vit. D pueden tener papeles específicos en órganos de la reproducción.

El tejido placentario, por ejemplo, metaboliza el 25-hidroxi D<sub>3</sub> en 1,25-dihidroxi D<sub>3</sub> y en 24,25-dihidroxi D<sub>3</sub>, de los cuales es conocido el papel desarrollado en el mantenimiento de la homeostasis del Ca, favoreciendo la absorción del Ca intestinal y regulando su metabolismo en los huesos. Una función más precisa del Ca se desarrolla a nivel del aparato reproductor.

Una reducida presencia a nivel hemático, que puede ser espía de su menor disponibilidad, retrasa la involución del útero después del parto y aumenta la incidencia de retenciones de placenta y de prolapso uterino (C.A. Risco *et al.*, 1984, *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 185, 1.517). Estos efectos pueden ser también la consecuencia de hipocalcemia, causa de paresia puerperal. En semejantes casos, el suministro de calcio, por ejemplo como

carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>), en las primeras semanas de lactación puede resultar útil. Es necesario al mismo tiempo considerar que un exceso de Ca puede tener efectos negativos indirectos sobre la actividad reproductora, causando una deficiencia secundaria de P, Mg, Zn, Cu y otros oligoelementos por una menor absorción intestinal (J. O. L. King, 1971, *Vet. Rec.*, 89, 320-324). En tales situaciones es conveniente prever también un aumento de la integración de la ración con estos minerales. Sea por un exceso de Ca como por un defecto de P en la ración, este último elemento puede influir sobre la fertilidad. La deficiencia de P puede inducir anomalías en el ciclo sexual, a nuestro, disminución de la actividad ovárica, aumento de la incidencia de quistes foliculares y en general disminución de la cuota de concepciones.

También variaciones de la relación Ca: P pueden influir en el rendimiento reproductor. Una relación elevada puede no incidir sobre la fertilidad a condición de que la cantidad de P de la ración satisfaga las necesidades de las vacas (V. Cappa *et al.*, 1972, *Atti S.I.S. Vet.*, XXVI, 368-371). Se puede observar una normal actividad reproductora con relaciones entre 1,5:1 y 5:1. La relación Ca: P es, por tanto, menos importante que el nivel de integración (J. Gaines, 1989, *Vet. Med.*, 997-1.002).

**Vitaminas del grupo B.** El papel de estas vitaminas es importante para el organismo en cuanto intervienen como cofactores en las principales vías metabólicas. Todas las vitaminas indispensables para el crecimiento lo son también para la actividad reproductora y para el desarrollo del feto.

Salvo particulares situaciones (estrés alimentario, disfunciones del aparato digestivo, etc.), las cantidades sintetizadas a nivel del rumen son suficientes para cubrir las necesidades. No obstante, especialmente en las vacas de alta producción, puede ser ventajosa la integración de la ración con niacina, colina y tiamina (B<sub>1</sub>), particularmente en función del papel que estas vitaminas desempeñan a nivel del aparato reproductor (B. E. Brent *et al.*, 1984, *J. Animal Sci.*, 59, 813-822; R. A. Erdman *et al.*, 1984, *J. Dairy Sci.*, 67, 410-415).

**Oligominerales.** Frecuentemente los

forrajes, que son la base de la ración, no contienen suficientes cantidades de oligoelementos (cobre, manganeso, zinc, iodo, cobalto, selenio) que pueden tener funciones importantes en la reproducción. Además, la utilización de estos minerales por parte del animal es todavía ampliamente desconocida. No obstante, las funciones desarrolladas sobre la actividad reproductora han sido estudiadas y para algunos de ellos son suficientemente conocidos los efectos (Hurley, *ibídem*). Por ejemplo, recordaremos que el manganeso (Mn) participa en la síntesis de las hormonas ováricas y estimula la producción del colesterol, influyendo así indirectamente en la síntesis de las hormonas esteroideas (testosterona, estradiol, progesterona).

El papel desarrollado por el cobre, (Cu) en la reproducción no está completamente claro, pero parecería estar sobre todo asociado a la supervivencia y al establecimiento de los blastocistos. Tanto es así que su insuficiente aporte sería causa de mortalidad embrionaria. Es requerido para la síntesis de la hemoglobina que, si está presente en bajos niveles en el organismo, puede estar asociada a una reducción de concepciones y a la presencia de celos silenciosos.

Las necesidades de cobre dependen de los niveles de molibdeno (Mo), porque el Mo inhibe la absorción del cobre. Lo ideal es tener en la ración al menos una relación Cu: Mo de 4:1 (Gaines, *ibídem*). Es por tanto importante conocer la cantidad de estos dos minerales presentes en los alimentos. También el azufre (S) puede interferir en la absorción del Cu. El Cu asociado con el Mg parece tener un efecto de sinergismo sobre la fertilidad que no se encuentra con la integración de los diferentes minerales (R. H. Ingraham *et al.*, 1987, *J. Dairy Sci.*, 70, 167-180). La explicación del fenómeno resulta poco clara.

Para el zinc (Zn) no se tienen referencias muy precisas, aunque genéricamente se afirma que su deficiencia en la dieta puede ser causa de fertilidad reducida. En los machos reproductores, el Zn es indispensable para una normal espermatogénesis, mientras que en las vacas influye en la actividad de la FSH y de la LH.

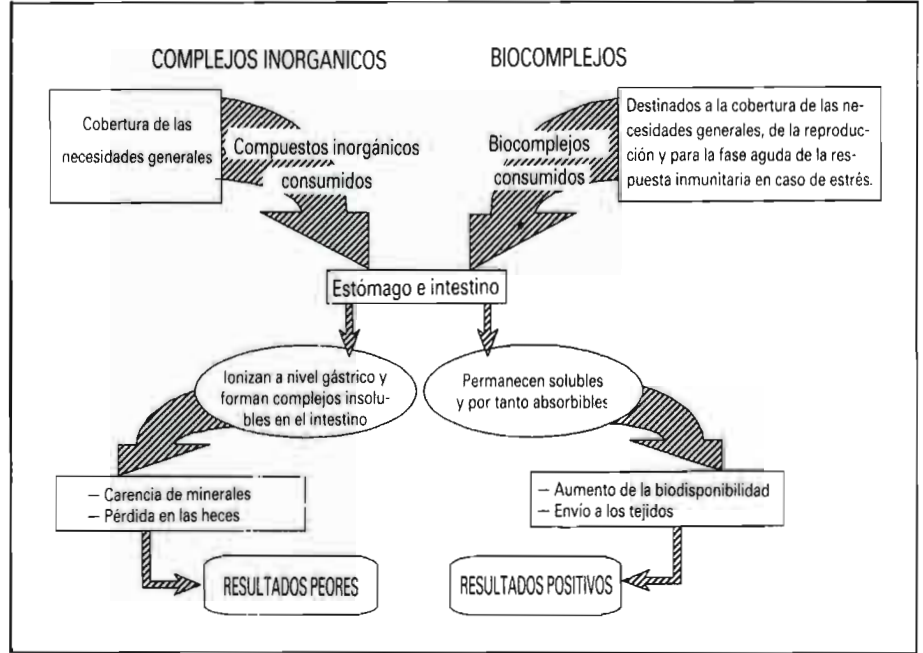


Fig. 19. Comportamiento en el aparato digestivo de minerales quelatos o no (Jacques, 1991).

El iodo (I) desarrolla su actividad en la reproducción a través de las hormonas tiroideas, ya que como consecuencia de su deficiencia en la ración se tienen alteraciones en la glándula tiroides. Su carencia antes del parto puede ser causa de retención placentaria, y, después del parto, de formación de quistes ováricos.

El cobalto (Co), finalmente, desarrolla su actividad sobre la reproducción indirectamente a través de la vitamina B<sub>12</sub>, de cuya síntesis es elemento indispensable a nivel del rumen por obra de la microflora.

En conclusión, vitaminas y minerales pueden influir sobre la actividad reproductora, tanto de los machos como de las hembras. Para la vit. A se reconoce sobre todo la capacidad de influir sobre la fertilidad garantizando una eficiente reproducción, mientras que para las vitaminas D, E y C se reconoce que pueden igualmente desarrollar un papel importante. En algunas circunstancias, también las vitaminas del grupo B pueden influir sobre el rendimiento reproductor.

Para los minerales, la insuficiente presencia en la ración de Ca, P, Cu, Mn, Zn, I, Mo y Se puede tener efectos sobre la reproducción. Sin embargo, para la mayor parte está todavía lejos la certeza de establecer específicos papeles que cada uno de ellos pueda desarrollar en la función reproductora.

Algunos minerales indispensables para el organismo pueden ser poco utilizados (por ejemplo el Mn sólo en el 10-18%), en cuanto son inactivados o ligados con compuestos insolubles (p. ej. con fitina, Ca, etc.) en el aparato digestivo, especialmente en el rumen, y eliminados directamente con las heces. Cuando un compuesto mineral se pone en contacto en el estómago con el ambiente ácido, se liberan los iones individuales (Mn ó Zn, etc.). Al pasar al intestino y con la neutralización del quimo ácido, se forma a menudo complejos minerales insolubles, que no pueden ser absorbidos y son excretados. Esto está en relación con su carga eléctrica negativa o positiva. La neutralización de dichas cargas eléctricas mediante quelación con sustancias orgánicas (p. ej. aminoácidos) (K. Jacques *et al.*, 1991, *Feed and Feeding*, 1, 16-17) permite una mayor utilización hasta 300-500 veces, con la ventaja de un empleo netamente inferior de dichos minerales y mayor garantía de cobertura de las necesidades reales (fig. 19). Investigaciones realizadas a este fin han demostrado la validez de la operación (J. E. Manspeaker *et al.*, 1987, *Vet. Med.*, 951-956). La protección impide a ciertos minerales, como Cu y Fe, producir la destrucción de algunas vitaminas (la A, p. ej.) mediante activación de procesos oxidativos.