

CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO DE LA CARENCIA SUBCLÍNICA DE COBRE Y ZINC EN EL GANADO VACUNO DE MONTAÑA

Contribution to the study of subclinical deficiency of copper and zinc in mountain cattle

Lavin, S.*

* Departamento de Patología Médica. Facultad de Veterinaria. Universidad Autónoma de Barcelona.

Recibido: 2 septiembre
Aceptado: 11 diciembre

RESUMEN

Realizamos un estudio de las posibles carencias de cobre y zinc que pudieran existir en el ganado vacuno de raza Pardo-Alpina criado en dos zonas del N. O. de la montaña de la provincia de León, cuyo heno de hierba contiene niveles de cobre y zinc inferiores al límite de carencia. Primeramente realizamos una exploración de los animales, anotando los síntomas relacionados con una posible carencia, recogiendo a continuación una serie de muestras para determinar su contenido en cobre y zinc y poder así relacionarlos con la concentración de dichos elementos en la dieta y con los síntomas clínicos.

La decoloración del pelo alrededor de ojos y hocico es el síntoma predominante de la carencia de cobre observado en la zona muestreada. Los animales que presentan estos síntomas, se caracterizan por consumir una ración con niveles de cobre inferiores a las necesidades mínimas, así como por tener una concentración de cobre en el pelo inferior a 7 ppm, considerado como límite de carencia. Esta alteración desaparece en parte o completamente después de que el ganado vacuno lleva varios meses saliendo al pasto.

Cuando se aporta un corrector mineral al alimento en cantidades superiores a las prescritas, los niveles de cobre en el plasma y pelo, así como los de zinc en leche y pelo son significativamente inferiores a los existentes cuando se aporta un concentrado, aunque el corrector tenga niveles de estos oligoelementos más altos que el concentrado.

De todas las muestras analizadas, tanto para el cobre como para el zinc, solamente en heces existen diferencias significativas entre los grupos de animales que consumen alimentos con distintas concentraciones de estos elementos minerales, por lo que la determinación de la concentración de cobre y zinc en heces nos puede servir como indicador del nivel de estos oligoelementos en la dieta.

Palabras clave: Cobre. Zinc. Oligoelementos. Ganado vacuno.

SUMMARY

We carried out a study about the possible deficiency of copper and zinc which could be present in the cattle belonging to the Pardo-Alpina breed and reared in two areas in the N. O. of the mountain located in the region of León. The hay contains there copper and zinc levels that are inferior to the deficiency limit. First, we examine the animals, writing down the symptoms linked to a possible deficiency; afterwards we gather a collection of samples in order to determine their copper and zinc contents. Therefore, we are able to relate them to the concentration of these elements in the diet as well as to the clinical symptoms.

The decoloration of the hair around the eyes and snout is the prevailing symptom of the deficiency of copper observed in the sampled area. The animals which present these symptoms eat a diet with copper levels inferior to the minimum needs and have a concentration of copper in the hair inferior to 7 ppm, which is

* Tesis Doctoral realizada en el Departamento de Patología General, Médica y de la Nutrición de la Facultad de Veterinaria de la Universidad de León. Directores: Profesor Dr. don Paulino García Partida y Profesor Dr. don Moisés Puente Castro.

considered as the deficiency limit. This alteration, partly or completely disappears when the cattle is grazing for several months.

When adding a mineral profeeder to the food in quantities which are superior to the prescribed ones, the copper levels in the plasma and in the hair as well as those of zinc in the milk and in the hair are significantly inferior to the existent ones when a concentrate is added, even though the profeeder has levels of these trace elements which are higher than in the concentrate.

Taking into account all the samples analysed, both for the copper and zinc, there are only significant differences in the faeces between the groups of animals that eat food with different concentrations of these mineral elements, so that the determination of the copper and zinc concentration in the faeces can be used as a marker of the level of these trace elements in the diet.

Keywords: Copper. Zinc. Trace elements. Cattle.

INTRODUCCIÓN

Las explotaciones de ganado vacuno tienden actualmente a un mayor aprovechamiento de los recursos naturales, que en muchas ocasiones constituyen el único alimento para el animal. Esto tiene lugar sobre todo en la zona norte de nuestro país. Donde la alimentación se basa casi exclusivamente en heno durante los meses de invierno y forraje durante el resto del año, complementada en ocasiones con algún tipo de concentrado.

Esta forma de alimentación conlleva la aparición de deficiencias en elementos nutritivos cuando las dietas no están correctamente equilibradas, entre las cuales una de las más importantes es la carencia en elementos minerales, caracterizada por limitar la utilización de otros nutrientes y por una disminución de las producciones animales (PAULAIS, 1978).

En todo el mundo son numerosos los autores que han investigado la localización geográfica de estas deficiencias, siendo el cobre y el cinc algunos de los elementos más estudiados por ser responsables de una parte importante de las carencias minerales en el ganado vacuno. Como ejemplo más claro tenemos los trabajos del INRA en Francia, organismo que ha confeccionado un mapa de zonas carenciales en minerales (BELLANGER *et al.*, 1973; LAMAND y PERIGAUD, 1973a; PERIGAUD y LAMAND, 1973).

Por lo que hace referencia a nuestro país, se vienen observando áreas en las que las deficiencias en oligoelementos se hacen notar incluso a nivel clínico, sobre todo en el ganado bovino y ovino, siendo el cobre y el cinc los elementos que con mayor frecuencia se encuentran en escasa cantidad en los alimentos que consumen estos animales, si bien, aún no se ha realizado un trabajo riguroso para determinar las áreas de carencias en dichos elementos.

Con este trabajo se pretende conocer si la dieta consumida por el ganado vacuno de la zona estudiada contiene cantidades suficientes de cobre y cinc, o por el contrario si existe una carencia primaria o secundaria.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se ha realizado en hembras bovinas de raza Pardo-Alpina, de diferentes edades y en distintos estados fisiológicos, correspondiendo el lugar de muestreo a dos zonas de León: los cauces altos de los ríos Esla y Porma. En las dos zonas hemos estudiado un total de 338 vacas pertenecientes a 46 ganaderos ubicados en 29 pueblos.

Las muestras fueron recogidas durante los meses de marzo y abril, cuando los animales se encontraban todavía en el período de estabulación antes de salir al pasto.

Con el fin de recoger la máxima información de cada animal se confecciona una ficha donde constan los datos más sobresalientes, así como el tiempo de alimentación a que estaban sometidos.

De cada animal se obtuvieron las siguientes muestras: plasma, suero, leche, orina, pelo, pezuña y heces, que eran etiquetadas y almacenadas convenientemente para su posterior análisis.

En cada establo se recoge una muestra representativa de cada uno de los alimentos que consume el ganado: heno, concentrados, correctores, ensilado y bloque de sal.

Todas las muestras fueron almacenadas en bolsas o tubos de plástico, y su contenido en cobre y cinc determinado por espectrofotometría de absorción atómica, previo ataque de las muestras sólidas con una mezcla de ácidos, y desproteínización con ácido tricloroacético de las líquidas.

Las técnicas empleadas para determinar la concentración de cobre y cinc en las muestras recogidas del animal y en los alimentos que consume el ganado son: plasma y leche, BELLANGER y LAMAND (1975); suero y orina, manual PERKIN-ELMER (1976); alimentos para el ganado y heces, CALLEJA (1978); pelo y pezuñas, FORD (1978).

La determinación de fosfatasa alcalina se realiza utilizando reactivos Merck, y la ceruloplasmina siguiendo el método de SUNDERMAN y NOMOTO (1970).

El estudio estadístico se ha llevado a cabo con programas diseñados por nosotros. Se han eliminado los valores aberrantes que no superan para ninguna de las variables el 2%. A continuación se determinan los parámetros estadísticos, la normalidad y el coeficiente de correlación lineal, y por último se realiza una comparación de medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al realizar la exploración de los síntomas descritos por los diferentes autores como provocados por una carencia de cobre y/o cinc (LAMAND y PERIGAUD, 1973b; PAULAIS, 1978), hemos observado la mayor parte de ellos, pero solamente la decoración del pelo alrededor de ojos y hocico, que según LAMAND *et al.* (1973) es una de las alteraciones más características de la carencia en cobre, aparecía en un 8% del ganado vacuno.

Los bóvidos que presentan esta alteración se caracterizan por consumir un alimento que está compuesto exclusivamente por heno de hierba, o bien, heno y pienso simple, así como por tener la mayor parte de ellos una edad inferior a dos años, ya que al no haber parido nunca no se les suministra un concentrado con el alimento. El resto de los síntomas aparecen en una proporción tan pequeña que no se pueden atribuir con certeza a estas carencias.

La decoloración del pelo, que en el ganado vacuno de raza Pardo-Alpina es bien visible como consecuencia de su capa oscura, se presenta de manera específica al existir una carencia en cobre (LAMAND y PERIGAUD, 1973a), y se manifiesta sobre todo alrededor de ojos y hocico como señalan distintos autores (BARRON, 1978; ROSENBERGER, 1983). El pelo de estas zonas se vuelve gris claro e incluso blanquecino; los animales que presentan esta alteración tienen una concentración de cobre similar o inferior a 7 ppm, que es el límite por debajo del cual el animal es considerado carente

CUADRO 1
PARÁMETROS ESTADÍSTICOS DE LAS VARIABLES ESTUDIADAS (ALIMENTOS)

| | COBRE (ppm MS) | | | | |
|----------------|----------------|------------------|---------------|-----------------|----------|
| | HENO DE HIERBA | PIENSO COMPUESTO | PIENSO SIMPLE | HENO DE ALFALFA | ENSILADO |
| N.º | 46 | 30 | 15 | 4 | 4 |
| \bar{X} | 5'81 | 12'84 | 5'89 | 8'02 | 8'15 |
| S _x | 0'18 | 0'44 | 0'79 | 0'54 | 0'81 |
| S | 1'24 | 2'42 | 3'09 | 1'09 | 1'63 |
| C.V. | 0'21 | 0'18 | 0'52 | 0'13 | 0'20 |

| | CINC (ppm MS) | | | | |
|----------------|----------------|------------------|---------------|-----------------|----------|
| | HENO DE HIERBA | PIENSO COMPUESTO | PIENSO SIMPLE | HENO DE ALFALFA | ENSILADO |
| N.º | 46 | 30 | 15 | 4 | 4 |
| \bar{X} | 15'32 | 41'62 | 18'02 | 16'00 | 16'72 |
| S _x | 0'43 | 1'73 | 1'75 | 0 | 0'55 |
| S | 2'92 | 9'48 | 6'79 | 0 | 1'10 |
| C.V. | 0'19 | 0'22 | 0'37 | 0 | 0'06 |

N.º: número de muestras; \bar{X} : media; S_x: error estándar; S: desviación estándar y C.V.: coeficiente de variación.

(ANKE *(fide* LAMAND, 1972); CHACORNAC, 1980).

El diagnóstico de una carencia en oligoelementos basado en los síntomas clínicos es difícil de establecer, pues las alteraciones son poco específicas y a menudo comunes a varias carencias (NOUGES y LAMAND, 1972; MARTÍN, 1983). En los procesos agudos se producen alteraciones graves mientras que en los casos subagudos, que son los que con más frecuencia se presentan, los síntomas son más o menos discretos y en ocasiones pasan desapercibidos (LAMAND, 1972), pudiendo variar las dominantes sintomatológicas de una región a otra (UNDERWOOD, 1983).

La concentración media de cobre y cinc en los principales alimentos que consume el ganado de la zona estudiada se expone en el cuadro 1.

El heno de hierba contiene una concentración media de cobre de 5.81 ± 0.18 ppm MS. Solamente el 17% de las muestras de heno analizadas tenían un nivel de cobre superior a 7 ppm. La mayor parte de los valores estaban comprendidos entre 5-7 ppm, considerando por BELLANGER *et al.*, (1973) como zonas de subcarencia.

Para el cinc, las concentraciones extremas encontradas en el heno de hierba son de 8.2 a 22.5 ppm, con un valor medio de 15.32 ± 0.43 ppm, teniendo todas las muestras analizadas unos niveles que están muy por debajo de 45 ppm, que es la concentración mínima considerada por LAMAND (1972) como susceptible de originar una carencia en vacuno.

Tanto el cobre como el cinc en el heno de hierba analizado, se encuentran por debajo de los aportes recomendados para cubrir las necesidades de estos oligoelementos en la dieta de 10 y 50 ppm respectivamente (LAMAND, 1978). La concentración de estos elementos en el heno de hierba analizado por nosotros es similar a la citada por otros investigadores (MILTIMORE *et al.*, 1970).

El heno de alfalfa y el ensilado de hierba contienen de media 8.02 ± 0.54 y 8.15 ± 0.81 ppm de cobre, estando estos valores dentro de los propuestos como aporte recomendable de este oligoelemento en la dieta del ganado vacuno (LAMAND, 1978). El cinc, con una concentración de 16.0 y 16.72 ppm respectivamente, tiene un valor similar al encontrado en el heno de hierba, siendo en este caso también inferior al límite de carencia propuesto para vacas productoras de leche (LAMAND, 1972), aunque solamente consumen heno de alfalfa y ensilado de hierba el 9.4% y el 8.5% de los animales, formando parte de la dieta también en estos casos el heno de hierba y

un concentrado. Las concentraciones de cobre y cinc citadas por MONTAÑÉS *et al.* (1972) en el heno de alfalfa son similares a las observadas por nosotros.

El 60% de los animales estudiados consumían además de heno de hierba un pienso compuesto con una concentración media de cobre de 12.84 ± 0.44 ppm, que está dentro de los valores adoptados actualmente para el ganado vacuno como niveles adecuados de este elemento en la dieta (DUFEUX y MICHEL, 1978; BOCARA, 1980). La concentración de cinc es de 41.62 ± 1.73 ppm, siendo inferior al límite de carencia (LAMAND, 1978), aunque la mayor parte de los autores consideraban que estos niveles pueden cubrir las necesidades de los bovinos en este oligoelemento (MILLER *et al.*, 1963; MILLS *et al.*, 1967; MAYLAND *et al.*, 1980).

El pienso simple que consumen los animales suele ser principalmente harina de maíz, cebada, centeno o una mezcla de varios de estos cereales, con una concentración media de cobre y cinc de 5.89 ± 0.79 y 18.02 ± 1.75 ppm respectivamente. Estos valores son similares a los encontrados por nosotros en el heno de hierba y a los citados por otros autores (MILTIMORE *et al.*, 1970; LAMAND *et al.*, 1976).

Todos los animales muestreados consumen heno de hierba, pero sólo en un 11.8% su alimentación se basa exclusivamente en heno. Además de éste consumen pienso simple el 27%.

El análisis de los principales alimentos que consume el ganado de la explotación nos puede servir para confirmar el diagnóstico de una posible carencia primaria, aguda o subaguda (BELLANGER *et al.*, 1973). En nuestro trabajo concluimos que el 40% de los animales pueden padecer carencias en estos oligoelementos, por consumir una dieta con concentraciones inferiores a las necesidades mínimas, aunque tendríamos que considerar la presencia de carencias secundarias (RICHET, 1972).

La concentración media de cobre y cinc en las distintas muestras recogidas del animal, así como los niveles de ceruloplasmina y fosfatasa alcalina en plasma están reflejadas en el cuadro 2.

Los animales muestreados tenían una concentración de cobre en plasma de 102 ± 0.76 $\mu\text{g}/100$ ml. Este valor es similar a los indicados por ROCHINOTTI *et al.* (1981), UNDERWOOD (1983) y BOHMAN *et al.* (1984), como normales para el ganado vacuno, no existiendo ningún animal que tuviera un nivel de cobre en plasma inferior a 70 $\mu\text{g}/100$ ml, que es el límite de carencia (BELLANGER y LAMAND, 1975). La mayor parte de los valores observados se encuen-

CUADRO 2
PARÁMETROS ESTADÍSTICOS DE LAS VARIABLES ESTUDIADAS (ANIMAL)

| | COBRE | | | | | | | CERULOPLASMINA EN PLASMA |
|----------------|-----------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-----------------------------|
| | µg/100 ml | | | | ppm MS | | | |
| | PLASMA | SUERO | LECHE | ORINA | PELO | PEZUÑA | HECES | |
| N.º | 338 | 338 | 233 | 338 | 337 | 338 | 338 | 337 |
| \bar{X} | 102'58 | 88'33 | 10'23 | 6'30 | 7'58 | 2'37 | 14'05 | 0'263 |
| S _x | 0'76 | 0'71 | 0'23 | 0'12 | 0'04 | 0'02 | 0'16 | 0'003 |
| S | 14'08 | 13'12 | 3'62 | 2'37 | 0'81 | 0'51 | 3'11 | 0'062 |
| C.V. | 0'13 | 0'14 | 0'35 | 0'37 | 0'10 | 0'21 | 0'22 | 0'237 |

| | CINC | | | | | | | U.I. F. ALCALINA EN PLASMA |
|----------------|-----------|-------|--------|-------|--------|--------|-------|----------------------------------|
| | µg/100 ml | | | | ppm MS | | | |
| | PLASMA | SUERO | LECHE | ORINA | PELO | PEZUÑA | HECES | |
| N.º | 338 | 338 | 242 | 330 | 338 | 338 | 338 | 337 |
| \bar{X} | 76'18 | 89'09 | 249'62 | 35'36 | 93'27 | 26'47 | 42'24 | 28'22 |
| S _x | 0'72 | 0'82 | 3'53 | 1'52 | 0'73 | 0'30 | 0'49 | 1'21 |
| S | 13'39 | 15'19 | 50'01 | 27'70 | 13'58 | 5'63 | 9'02 | 22'25 |
| C.V. | 0'17 | 0'17 | 0'22 | 0'78 | 0'14 | 0'21 | 21'35 | 0'78 |

N.º: número de muestras; \bar{X} : media; S_x: error estándar; S: desviación estándar y C.V.: coeficiente de variación.

tran entre 90 y 120 µg/100 ml, como indica UNDERWOOD (1983).

La concentración media de cobre en el suero es de 88'33 ± 0'71 µg/100 ml, inferior a la encontrada en el plasma para los mismos animales. McMURRAY (1980) observa que la concentración de cobre en plasma es superior a la de este mismo elemento en el suero, pudiendo deberse a la unión que existe en la sangre entre el cobre y algunos tipos de proteínas (QUIROGA, 1982) (figura 1).

Para realizar el diagnóstico de rutina de la carencia en cobre, hay autores que proponen la determinación de la ceruloplasmina (BINGLEY y DICK, 1969), por su fácil determinación y el menor riesgo de contaminación. La concentración media de esta proteína transportadora de cobre en los bovinos estudiados es de 0'263 ± 0'003 g/l.

Por su parte, el cinc es un 14% más elevado en el suero que en el plasma, con unas concentraciones de 89'09 ± 0'82 y 76'18 ± 0'72 µg/100 ml respectivamente. FOLEY *et al.* (1968) encuentra que el cinc en suero es un 16% más alto que el del plasma, debido a la destrucción de las plaquetas y a la hemólisis de los glóbulos rojos, que contienen concentraciones mayores de este elemento que el plasma o el suero.

En el plasma, la concentración de cinc encontrada es inferior a la citada para el ganado vacuno por algunos investigadores (MICHEL, 1975; UNDERWOOD, 1983), con unos valores comprendidos entre 80 y 120 µg/100 ml. No se han encontrado concentraciones inferiores a 40 µg/100 ml para el cinc en plasma, que es el límite de carencia (figura 2).

Según las concentraciones de cobre y cinc encontradas en el plasma, podemos decir que

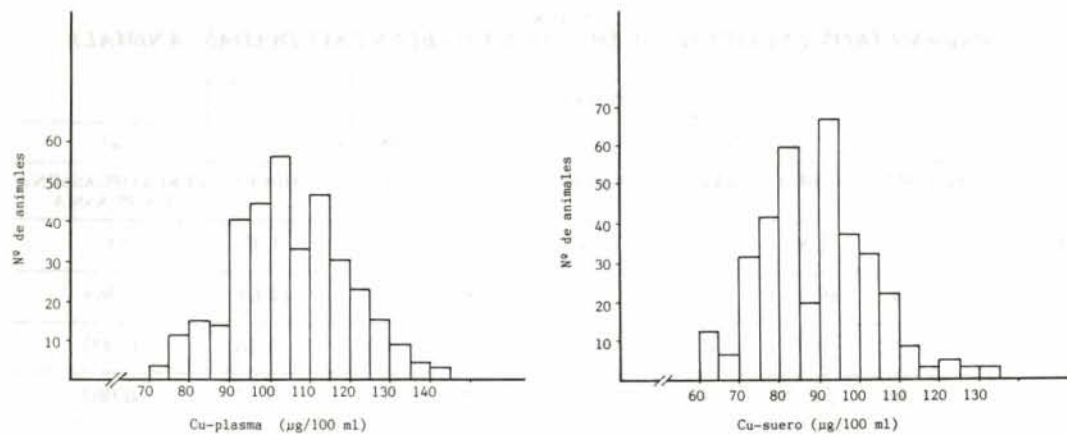


FIGURA 1. Histogramas de frecuencias de Cu-plasma (izqda.) y Cu-suero (dcha.).

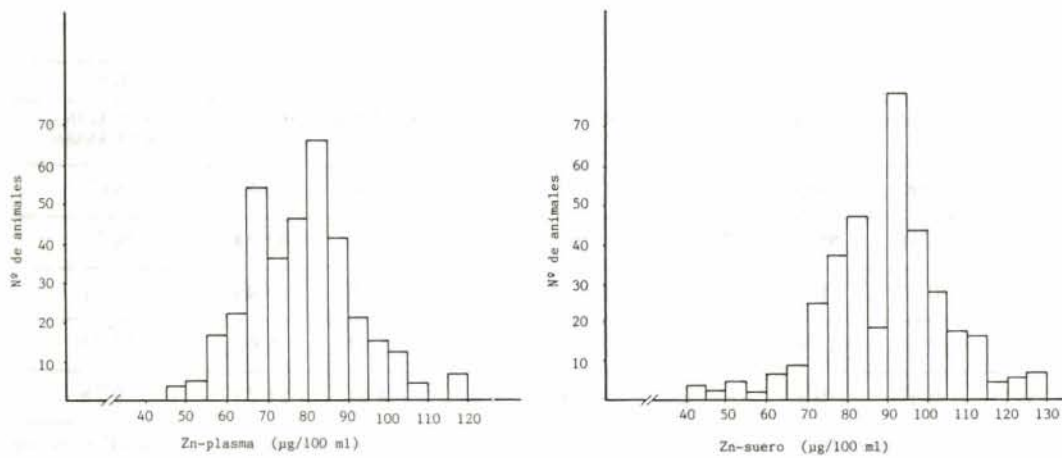


FIGURA 2. Histogramas de frecuencias de Zn-plasma (izqda.) y Zn-suero (dcha.).

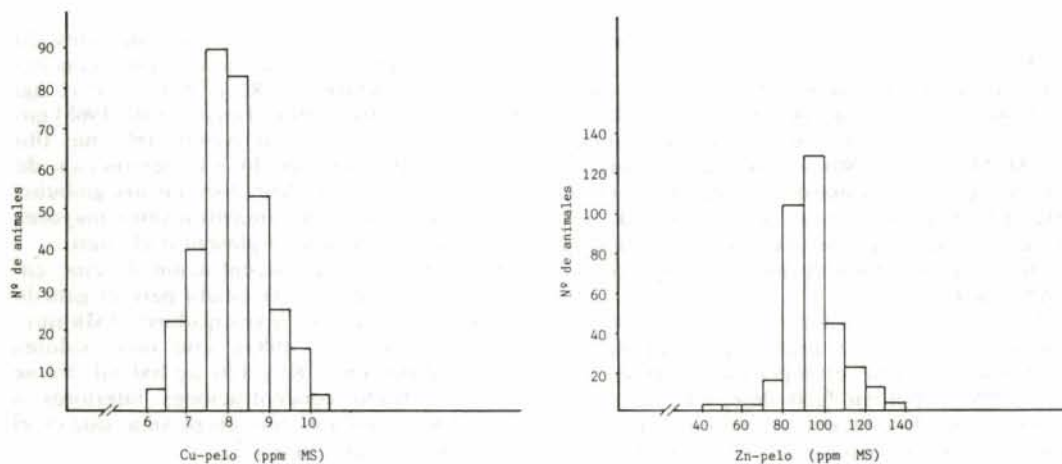


FIGURA 3. Histogramas de frecuencias de Cu-pelo (izqda.) y Zn-pelo (dcha.).

no existen carencias en estos elementos minerales en el ganado vacuno de la zona estudiada, pues todos los valores se encuentran por encima del límite de carencia, pero hay que tener en cuenta que los niveles de estos oligoelementos en plasma varían en función de una serie de circunstancias que son difíciles de precisar (LAMAND, 1972; UNDERWOOD, 1983). De todo ello deducimos que hay que ser precavidos antes de diagnosticar una carencia de cobre o cinc por las concentraciones de estos elementos en plasma.

Teniendo en cuenta el coeficiente de correlación encontrado entre el cobre en plasma y suero (0'77), cobre en plasma y ceruloplasmina (0'65) y cobre en suero y la ceruloplasmina (0'46), con sólo realizar una de las tres determinaciones sería suficiente, pues a partir de ésta se podría obtener cualquiera de las otras. Lo mismo ocurre en el caso del cinc en plasma y en el suero, con un coeficiente de correlación entre ambos de 0'60, siendo en este caso preferible valorar el primero de ellos, pues los valores superiores encontrados en el suero son debidos a la desintegración de las plaquetas y a la hemólisis de los glóbulos rojos como ya se ha comentado.

La leche contiene $10'23 \pm 0'23$ $\mu\text{g}/100$ ml de cobre. Estas concentraciones concuerdan con las citadas por GUEGUEN (1971) y HANKINSON (1975). El cinc contenido en la leche oscila entre 130 y 410 $\mu\text{g}/100$ ml, con una concentración media de $249'62 \pm 3'53$ $\mu\text{g}/\text{ml}$, siendo estos valores similares a los citados por otros autores (PARKASH y JENNESS, 1967), aunque algo inferiores como ocurre con el cobre.

La eliminación de cobre por la orina representa solamente el 4% del total excretado (DANKS, 1980), aunque no se recoge en la bibliografía consultada la excreción en el ganado vacuno, que en nuestro trabajo es de $6'38 \pm 0'12$ $\mu\text{g}/100$ ml. Respecto al cinc, la eliminación por orina en el ganado vacuno es de 0'3% (FEASTER *et al.*, 1954), hallando nosotros de media $35'36 \pm 1'52$ $\mu\text{g}/100$ ml.

La concentración de cobre en pelo varía muy poco estando la mayor parte de los valores comprendidos entre 7 y 9 ppm, con una media de $7'58 \pm 0'04$ ppm. BELLANGER *et al.* (1973) encuentran como nivel medio en el pelo del ganado bovino de diferentes razas de la Región Parisina $9'5 \pm 0'3$ ppm. Este mismo autor propone como límite de carencia 7 ppm. Un 7'6% de los animales tienen un nivel inferior al límite de carencia, correspondiendo a aquellos que presentan decoloración del pelo alrededor de ojos y hocico.

El cinc contenido en el pelo oscila más ampliamente que el cobre, con un valor medio de

$93'27 \pm 0'73$ ppm inferior al propuesto por ANKE (*vide* LAMAND, 1972) como límite de carencia para el ganado bovino (115 ppm); sin embargo en un trabajo realizado con terneros (MILLER *et al.*, 1965b), el cinc del pelo de los animales carentes era de 90'7 ppm frente a 117'9 ppm de los animales testigos (figura 3).

El análisis del pelo para determinar la concentración de cobre y cinc es una ayuda diagnóstica útil para detectar carencias en estos oligoelementos, que corresponden al período de crecimiento del pelo, y por lo tanto pueden ser preferidos al plasma que presenta mayores variaciones con el tiempo (KELLAWAY *et al.*, 1978; NOUGUES y LAMAND, 1972). Si tenemos en cuenta esto y realizamos el diagnóstico de la carencia en cobre por los niveles de este oligoelemento en el pelo encontramos que el 7'6% de los animales serían carentes, apoyando a este diagnóstico la presencia de una decoloración del pelo en los animales que presentan una concentración de cobre inferior al límite de carencia.

Por otra parte, casi todos los animales serían carentes en cinc, por contener el pelo una concentración inferior a la citada como límite de carencia por ANKE (*vide* LAMAND, 1972), pero al existir una gran variabilidad individual y producirse variaciones con la edad, región corporal y condiciones estacionales (HIDROGLOU y SFURR, 1975), hay que ser prudentes al interpretar estos resultados.

En la pezuña hemos encontrado como valor medio de cobre $2'37 \pm 0'02$ ppm y de cinc $26'48 \pm 0'30$ ppm, y aunque no existen antecedentes para el ganado vacuno, estos valores son inferiores a los citados en ovejas (ALONSO, 1984) (figura 4).

Por las heces se elimina el 80% del cobre ingerido con la alimentación (DANKS, 1980), observándose en los animales estudiados una concentración de $14'05 \pm 0'16$ ppm. El cinc es eliminado en un 70% con las heces, habiéndose encontrado una concentración media de $42'24 \pm 0'49$ ppm (figura 5).

MILLER *et al.* (1966) observan en terneros que el cinc es eliminado con las heces en relación directa a su concentración en la dieta. Así, si el animal es carente en cinc la excreción fecal disminuye, pero si aumenta el nivel de este elemento mineral en el alimento también lo hace en las heces.

El diagnóstico de una carencia en cobre o cinc por el análisis del contenido en heces de estos elementos podría realizarse como propone LAMAND (1972), pero hay que tener en cuenta que las alteraciones intestinales pueden variar estas concentraciones dificultando la interpretación de los datos.

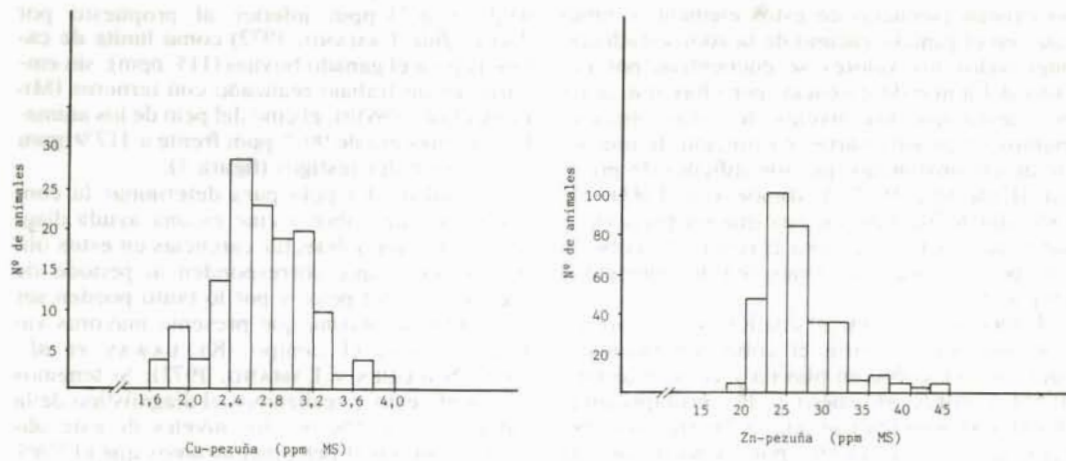


FIGURA 4. Histogramas de frecuencias de Cu-pezuña (izqda.) y Zn-pezuña (dcha.).

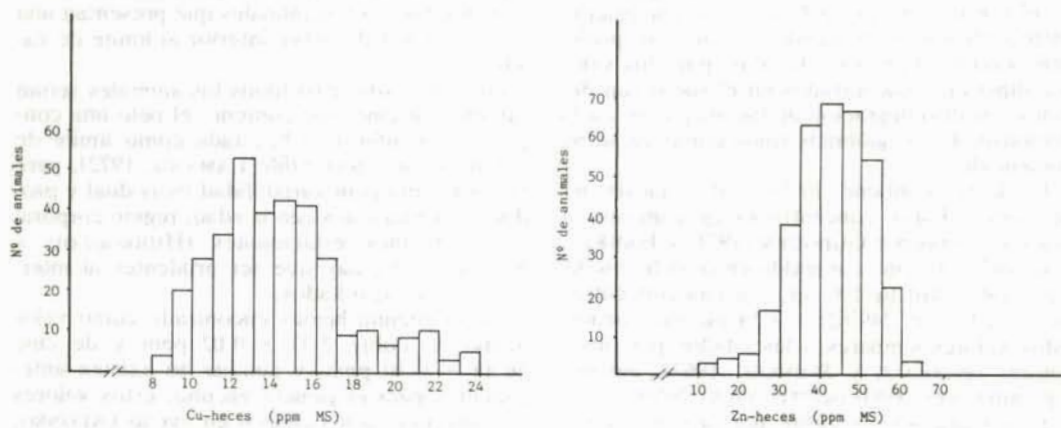


FIGURA 5. Histogramas de frecuencias de Cu-heces (izqda.) y Zn-heces (dcha.).

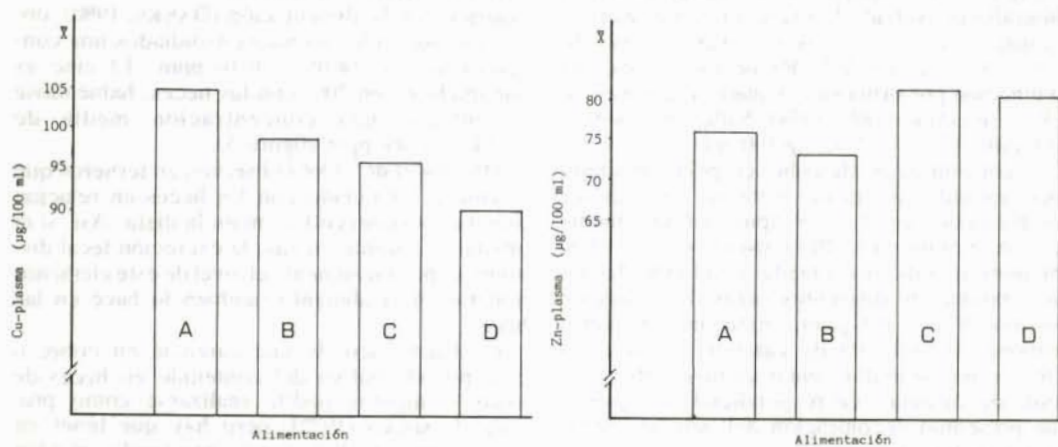


FIGURA 6. Niveles de Cu (izqda.) y Zn (dcha.) en animales que consumen pienso compuesto (A), pienso simple (B), solamente heno (C) y corrector (D).

La concentración media de fosfatasa alcalina observada en los animales estudiados es de $28'22 \pm 1'21$ U.l. La actividad de esta enzima disminuye en suero después de alimentar a los animales con una dieta carente en cinc (LAMAND *et al.*, 1983; OMAN *et al.*, 1984), pero su valor diagnóstico es limitado ya que también disminuye en otras circunstancias sin relación con la dieta de cinc (MILLER *et al.*, 1965a).

Para estudiar la influencia que tiene la alimentación sobre las distintas variables de cobre y cinc, distribuimos los animales en cuatro grupos según su dieta. El grupo A está formado por los animales que consumen además de heno de hierba, pienso compuesto, el B por los que consumen heno de hierba y pienso simple, el C por los animales que consumen exclusivamente heno de hierba, y el D formado por los animales que consumen además de heno y concentrado, un corrector.

Al estudiar la concentración de cobre en plasma según la alimentación que reciben los animales en relación con su contenido en este elemento, se observa que los niveles de cobre disminuyen a medida que lo hacen en la dieta como citan diversos investigadores (WHITELAW *et al.*, 1977; HOMSE, 1981), pero el nivel más bajo de cobre en plasma lo tienen aquellos a los que se le añade un corrector al alimento, aunque éste tenga la concentración más alta de cobre y cinc. Este valor más bajo lo podemos atribuir a una interacción con otros oligoelementos, principalmente con el cinc (BOCCARA, 1981), o con el molibdeno o azufre (BINGLEY y CARRILLO, 1966; AMMERMAN, 1970; HO *et al.*, 1980). Solamente encontramos diferencias significativas entre los animales que consumen pienso compuesto y el resto ($p < 0'001$), así como entre los animales que consumen pienso simple y corrector ($p < 0'05$).

Las tasas plasmáticas de cinc aumentan en todas las especies siempre que suplemente la ración con este elemento (MILLER *et al.*, 1962; GRACE, 1972; ANSARI *et al.*, 1975; FISHER, 1977), pero hemos observado que los animales que consumían heno de hierba solamente, tienen una concentración media de cinc en plasma significativamente superior ($p < 0'001$) que los animales que consumían pienso simple o pienso compuesto. Lo contrario ocurre con el cobre en el plasma; pudiendo deberse a la interacción que existe entre estos dos elementos minerales (VAN DER SCHEE *et al.*, 1983) (figura 6).

Cuando determinamos el contenido de cobre y cinc en la leche según el tipo de alimentación que consume el ganado, observamos que la concentración de cobre es similar en los cuatro grupos, mientras que el cinc es significativamente más alto en los animales que consumen

pienso compuesto y pienso simple que en los que consumen heno o corrector. Tanto la concentración de cobre como la de cinc en la leche varía con el estado de lactación, contenido de estos elementos minerales en la dieta, así como en ciertos estados patológicos que afectan a la mama (MILLER *et al.*, 1965a; HO *et al.*, 1977; AKINSOYINU *et al.*, 1979), pudiendo ser debido a alguno de estos factores las concentraciones más bajas encontradas, así como los distintos niveles de estos elementos en la leche de los cuatro grupos de animales, ya que los bóvidos estudiados estaban sometidos a distintos tipos de alimentación y se encontraban en distintos estados de lactación (figura 7).

El cobre eliminado por orina es similar en los cuatro grupos de animales, pues la excreción urinaria de cobre es baja incluso en caso de un aumento con la alimentación de este elemento (DANKS, 1980). El cinc eliminado por orina es significativamente más elevado en los animales que consumen corrector que en el resto, pudiendo ser debido a la mayor concentración de cinc que tiene este alimento. Tanto para el cobre contenido en leche como el contenido en orina de los cuatro grupos de animales, no se ha podido realizar una comparación de medias para ver la significación por no existir normalidad y ser los valores muy constantes en ambos casos (figura 8).

Para el cobre contenido en el pelo encontramos la misma significación que para el cobre en el plasma entre los cuatro grupos de animales, siendo los que consumen un corrector los que tienen los niveles más bajos, inferiores al límite de carencia, pudiendo deberse como en el caso del plasma a una interacción entre el cobre y otros oligoelementos. Al igual que cita BELLANGER (1968), no hemos encontrado una correlación entre el cobre del pelo y del plasma.

Al estudiar la concentración de cinc en el pelo de los animales según su alimentación, vemos que los que consumen corrector tienen los niveles más bajos, existiendo diferencias significativas entre éstos y el resto, pudiendo deberse a una interacción con otros oligoelementos como ocurre con el cobre (GARCÍA PARTIDA, 1984) (figura 9).

La concentración de cobre en pezuña es más elevada en los animales que consumen corrector, existiendo diferencias significativas entre éstos y el resto ($p < 0'05$) encontrándose valores similares en los animales que consumen pienso compuesto, pienso simple y heno solamente.

ALONSO (1984) observó en ovejas carentes en cinc, que la concentración de cobre en la pezuña era significativamente más alta en éstos que en los animales testigos que consumían una dieta

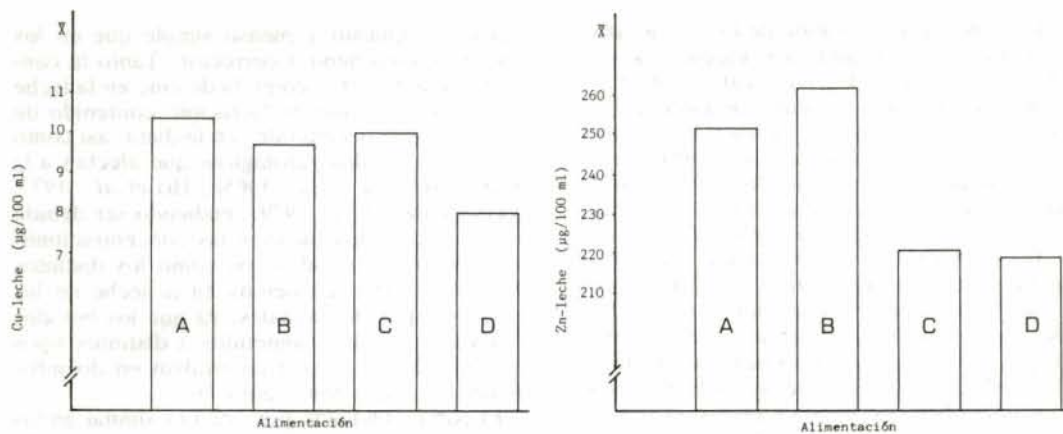


FIGURA 7. Niveles de Cu (izqda.) y Zn (dcha.) en animales que consumen pienso compuesto (A), pienso simple (B), solamente heno (C) y corrector (D).

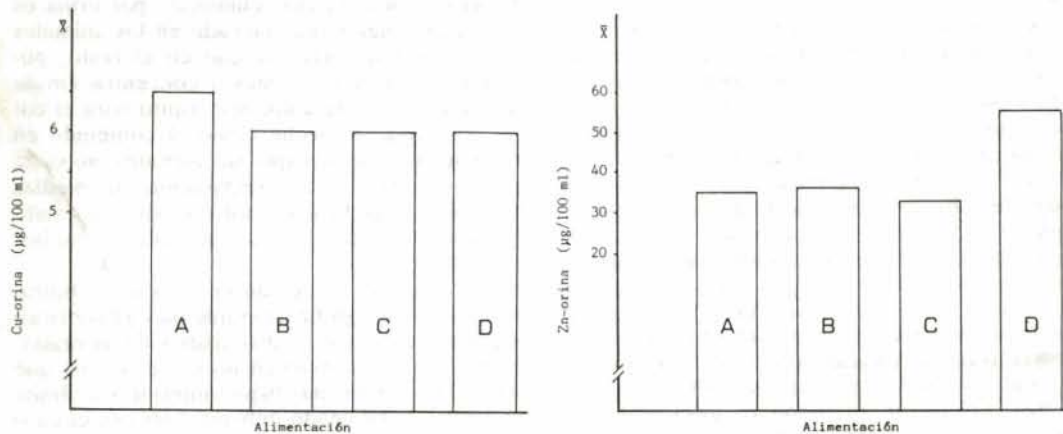


FIGURA 8. Niveles de Cu (izqda.) y Zn (dcha.) en animales que consumen pienso compuesto (A), pienso simple (B), solamente heno (C) y corrector (D).

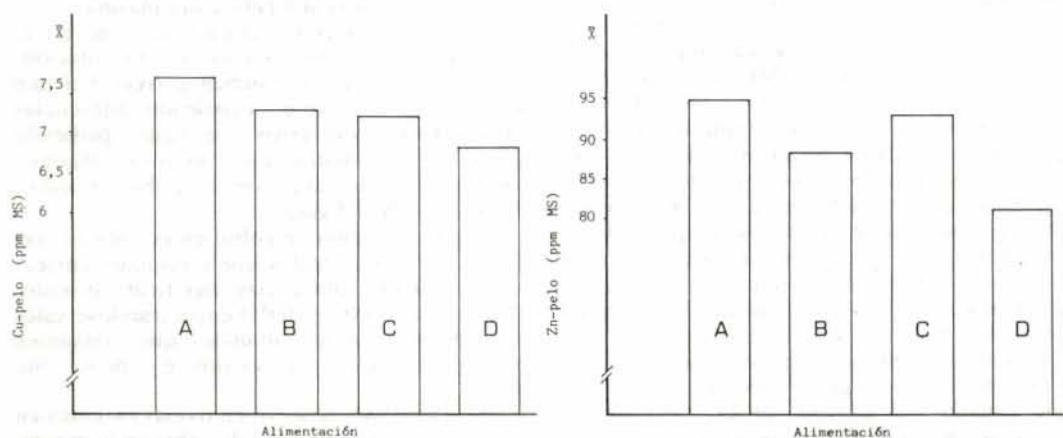


FIGURA 9. Niveles de Cu (izqda.) y Zn (dcha.) en animales que consumen pienso compuesto (A), pienso simple (B), solamente heno (C) y corrector (D).

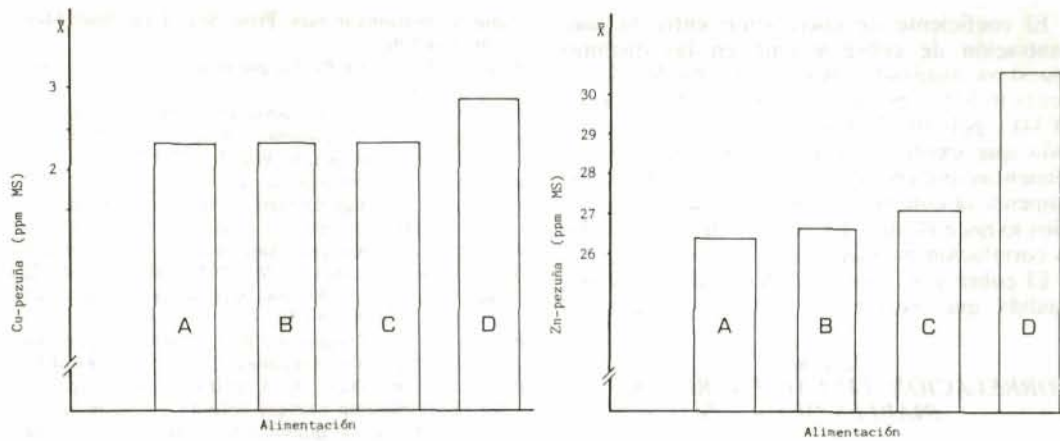


FIGURA 10. Niveles de Cu (izqda.) y Zn (dcha.) en animales que consumen pienso compuesto (A), pienso simple (B), solamente heno (C) y corrector (D).

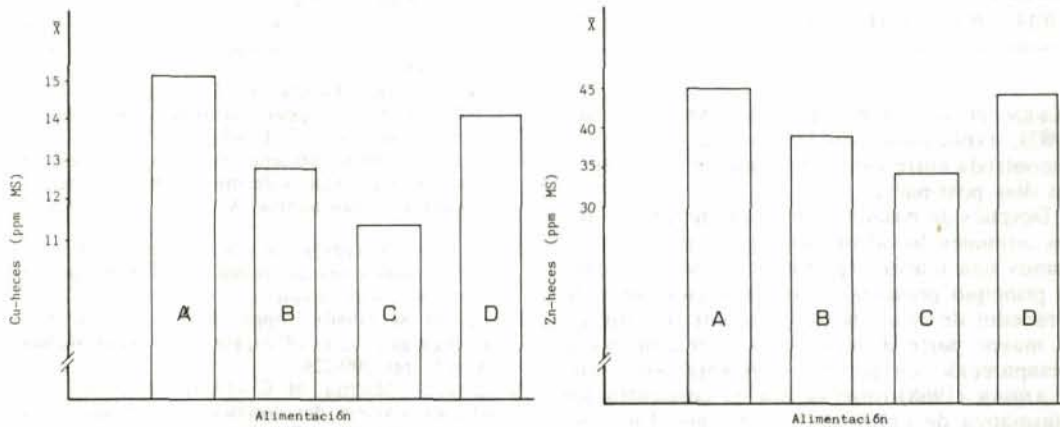


FIGURA 11. Niveles de Cu (izqda.) y Zn (dcha.) en animales que consumen pienso compuesto (A), pienso simple (B), solamente heno (C) y corrector (D).

con 30 ppm de cinc. El cinc encontrado en la pezuña es similar en los cuatro grupos de animales, no existiendo diferencias significativas, aunque los animales que consumen corrector tienen una concentración algo más alta (figura 10).

Tanto para el cobre como para el cinc contenido en heces existen diferencias significativas entre los animales que consumen distintos alimentos. En ambos casos la eliminación fecal de estos oligoelementos es mayor en los bóvidos que en su ración se incluye el pienso compuesto y disminuye en los que consumen corrector, pienso simple y heno solamente por este orden. Estos resultados coinciden con los obtenidos al analizar el contenido de estos elementos en los alimentos que consume el ganado, pues la concentración es más alta en el pienso compuesto y más baja en el heno de hierba; resultados simi-

lares citan MILLER *et al.* (1966) (figura 11).

Las heces son, de todas las variables estudiadas, las que mejor reflejan el contenido de cobre y cinc en la alimentación, pudiendo servir para valorar la concentración de estos elementos en el alimento, pero considerando un grupo de animales, ya que las variaciones individuales son mayores.

Al determinar el nivel de fosfatasa alcalina en el plasma según la concentración de cobre y cinc que recibían los animales no hemos observado diferencias significativas entre los grupos, así como tampoco encontramos ningún tipo de correlación entre esta enzima y el resto de las variables, por lo que no es útil en condiciones de campo para realizar un diagnóstico de la carencia de cinc, debido a las variaciones que presenta (OSMAN *et al.*, 1984).

El coeficiente de correlación entre la concentración de cobre y cinc en las distintas muestras analizadas resultó ser moderado en heces (0'57), y pequeño en pezuña (0'39), leche (0'34) y pelo (0'22), pudiendo deberse a la relación que existe entre estos elementos en los alimentos que consume el ganado, pues cuando aumenta la concentración de uno de ellos también lo hace el otro. En el resto de las variables la correlación es muy baja (cuadro 3).

El cobre y el cinc en la leche disminuyen a medida que avanza el período de lactación

CUADRO 3
CORRELACIÓN LINEAL ENTRE LAS VARIABLER DE Cu y Zn

| PLASMA SUERO | LECHE | ORINA | PELO | PEZUÑA | HECES | |
|--------------|-------|-------|-------|--------|-------|------|
| 0'13 | 0'11 | 0'34 | -0'01 | 0'22 | 0'39 | 0'57 |

(KEEN *et al.*, 1981; KIRCHGESSNER *et al.*, 1982), explicando esto la correlación negativa encontrada entre estos elementos en la leche y los días post-parto.

Después de pasado un período de tiempo que los animales llevaban saliendo al pasto, realizamos una nueva exploración de aquellos que al principio presentaban decoloración del pelo alrededor de ojos y hocico, encontrando que en la mayor parte de ellos esta alteración había desaparecido en parte o completamente. BELLANGER (1968) observa que la concentración plasmática de cobre es máxima en otoño, teniendo un nivel mínimo en primavera, que coincide con la época en que nosotros hemos recogido las muestras y realizado la primera exploración de los animales. Esto mismo ha sido observado por otros investigadores sobre la concentración de cobre en el pelo (HIDIROGLOU y SPURR, 1975).

BIBLIOGRAFÍA

- AKINSOYINU, A. O.; TEWE, O. O.; MBA, A. V. (1979): Concentration of trace elements in milk of Wets African Dwarf goats affected by state of lactation. *J. Dairy Sci.* 62: 921-924.
- ALONSO, F. D. (1984): Carencia crónica experimental de cinc en ovejas. Tesis Doctoral, León.
- AMMERMAN, C. B. (1970): Recent developments in cobalt and copper in ruminant nutrition: a review. *J. Dairy Sci.* 53: 1.097-1.107.
- ANSARI, M. S.; MILLER, W. J.; LASSITER, J. W.; NEATHERY, M. W.; GENTRY, R. P. (1975): Effects of high but notoxic dietary zinc on zinc metabolism and adaptations in rats. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 150: 534-536.
- BARRON, N. S. (1978): La patología de la vaca. Gea, Barcelona.
- BELLANGER, J. (1968): Relations entre les taux de cuivre sanguin, hépatique et pilaire chez 250 bovins d'abbatoir. *Ann. Rech. Vét.* 1: 127-139.
- BELLANGER, J.; PERIGAUD, S.; LAMAND, M. (1973): Carences en oligo-éléments chez les ruminants en France. III. Eléments d'enquête obtenus par les analyses de fourrages. *Ann. Rech. Vet.* 4: 565-598.
- BELLANGER, J.; LAMAND, M. (1975): Méthode de dosage du cuivre et du zinc plasmatique. *Bull. Tech. n.º 20, C.R.Z.V.*: 53-54.
- BINGLEY, J. B.; CARRILLO, B. J. (1966): Hypocuprosis of cattle in the Argentine. *Nature* 209: 834-835.
- BINGLEY, J. B.; DICK, A. T. (1969): The pH optimum for ceruloplasmin oxidase activity in the plasma of several species of animal. *Clin. Chim. Acta* 25: 480-482.
- BOCCARA, H. (1980): Les besoins en cuivre des ruminants varient suivant les rations. *L'Élevage, Bovin, Ovin, Caprin* 94: 38-42.
- (1981): Le cuivre, le zinc et le calcium sont soumis à des interactions. *L'Élevage, Bovin, Ovin, Caprin* 110: 45-48.
- BOHMAN, V. R.; DRAKE, E. L.; BEHRENS, W. C. (1984): Injectable copper and tissue composition of cattle. *J. Dairy Sci.* 67: 1.468-1.473.
- CALLEJA, A. (1978): Mineralización de muestras vegetales para el análisis de minerales por espectrofotometría y colorimetría. *An. Fac. Vet. León* 24: 175-177.
- CHACORNAC, A. (1980): Le rôle biologique du cuivre chez les ruminants: les relations sol-planta-animal. Thèse Doctorale, Lyon.
- DANKS, D. M. (1980): Copper deficiency in humans. In «Biological roles of copper» (Excerpta Medica: Oxford), pp. 209-226.
- DUPEUX, D.; MICHEL, M. C. (1978): Les profils métaboliques révèlent des carences. *L'Élevage Bovin, Ovin, Caprin* 78: 25-31.
- FEASTER, J. P.; HANSARD, S. L.; McCALL, I. T.; SKIPPER, F. H.; DAVIS, G. K. (1954): Absorption and tissue distribution of radiozinc in steers fed high-zinc rations. *J. Anim. Sci.* 13:781.
- FISHER, G. L. (1977): Effects of diseases on serum copper and zinc values in the beagle. *Am. J. Vet. Res.* 38: 935-940.
- FOLEY, B.; JOHNSON, S. A.; HACKLEY, B.; SMITH, J. C.; HALSTED, J. A. (1968): Zinc content of human platelets. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 128: 265.
- FORD, E. J. H. (1978): Comunicación personal.
- GARCÍA PARTIDA, P. (1984): Intercurrencias carenciales en el ganado bovino. II Congreso Nacional de Buiatría. Murcia.
- GRACE, N. D. (1972): Observations on plasma zinc levels in sheep grazing New Zealand pastures. *NZ. J. Agric. Res.* 15: 284-288.
- GUEGUEN, L. (1971): La composition minérale du lait et son adaptation aux besoins minéraux du jeune. *Ann. Nutr. Alim.* 25: 335-381.
- HANKINSON, D. J. (1975): Potential sources of copper contamination of farm milk supplies measured by atomic absorption spectrophotometry. *J. Dairy Sci.* 58: 326-336.

- HIDIROGLOU, M.; SPURR, D. T. (1975): Influence of cold exposure and diet change on the trace element composition of hair from Shorthorn cattle. *Can. J. Anim. Sci.* 55: 31-38.
- HO, S. K.; HIDIROGLOU, M.; WAUTHY, J. M.; JENKINS, K. J.; PROULX, J. (1977): Effects of chelated trace mineral supplement on the copper and iron status of wintering pregnant beef cows fed hay or grass silage. *Can. J. Anim. Sci.* 57: 727-734.
- HO, S. K.; HIDIROGLOU, M.; PROULX, J. G. (1980): A silent hypocupremic condition in beef cows fed grass silage and the efficacy of sequestered copper to prevent its occurrence. *Ann. Rech. Vet.* 11: 233-239.
- HOMSE, A. C. (1981): Hipocuprémia experimental en bovinos: su efecto sobre parámetros reproductivos y bioquímicos. *Rev. Med. Vet. Argentina* 62: 369-373.
- KEEN, C. L.; LONNERDAL, B.; CLEGG, M.; HURLEY, L. S. (1981): Developmental changes in composition of rat milk: trace elements, minerals, protein, carbohydrate and fat. *J. Nutr.* 111: 226-230.
- KELLAWAY, R. C.; SITORUS, P.; LEIBHOLZ, J. M. L. (1978): The use of copper levels in hair to diagnose hypocuprosis. *Res. Vet. Sci.* 24: 352-357.
- KIRCHGESSNER, M.; ROTH-MAIER, D. A.; GRASSMANN, E.; MADER, H. (1982): Verlauf der Fe, Cu, Zn, Ni, und Mn Konzentration in Sauermilch während einer fünföchigen Laktations Periode. *Arch. Tierer. Bd.* 32: 853-858.
- LAMAND, M. (1972): Diagnostique des carences en oligoéléments chez l'animal. *Ann. Nutr. Alim.* 26: 379-410.
- (1978): Les besoins de la vache laitière en oligoéléments. *Bull. G.T.V.* 12: 1-6.
- LAMAND, M.; BELLANGER, J.; TRESSOL, J. C.; LAB, C. (1976): Terneurs en oligoéléments de quelques aliments complémentaires pour ruminants. *Bull. Techn. C.R.Z.V. Theix I.N.R.A.* 26: 15-19.
- LAMAND, M.; LAB, C.; MIGNON, M.; TRESSOL, J. C. (1983): A zinc deficient diet for ruminants: diagnosis and treatment of deficiency. *Ann. Rech. Vét.* 14: 211-215.
- LAMAND, M.; PERIGAUD, S. (1973a): Carences en oligoéléments chez les ruminants en France. I. Eléments d'enquête obtenus dans la pratique vétérinaire. *Ann. Rech. Vét.* 4: 513-534.
- (1973b): Les oligoéléments. *Fourrages Actualités* 2: 37-39.
- LAMAND, M.; PERIGAUD, S.; BELLANGER, J. (1973): Enquête sur la fréquence et la repartition géographique des carences en oligoéléments en France. *Cah. Méd. Vét.* 42: 155-175.
- MARTIN, B. (1983): ¿Puede existir deficiencia de cobre en su establo? *Frisona española*, sept.-oct.: 108-111.
- MAYLAND, H. F.; ROSENAU, R. C.; FLORENCE, A. R. (1980): Grazing cow and calf responses to zinc supplementation. *J. Anim. Sci.* 51: 966-974.
- McMURRAY, C. H. (1980): Copper deficiency in ruminants. In «Biological roles of copper» (Excerpta Medica: Oxford), pp. 183-207.
- MICHEL, M. M. C. (1975): Apport des profils biochimiques dans la détection des déséquilibres nutritionnels et sanitaires dans des troupeaux de bovine. *Bull. G.T.V.* 26: 1-11.
- MILTIMORE, J. E.; MASON, J. L.; ASHBY, D. L. (1970): Copper, zinc, manganese and iron variation in five feeds for ruminants. *Can. J. Anim. Sci.* 50: 293-300.
- MILLER, J. K.; MILLER, W. J.; CLIFTON, C. M. (1962): Calf response to stauters of varying zinc contents. *J. Dairy. Sci.* 45: 1.536-1.538.
- MILLER, W. J.; CLIFTON, C. M.; CAMERON, N. W. (1963): Zinc requirement of Holstein bull calves to nine months of age. *J. Dairy Sci.* 46: 715-719.
- MILLER, W. J.; CLIFTON, C. M.; FOWLER, P. R.; PERKINS, H. F. (1965a): Influence of high levels of dietary zinc on zinc in milk performance and biochemistry of lactating cows. *J. Dairy Sci.* 48: 450-453.
- MILLER, W. J.; POWELL, G. M.; PITTS, W. J. (1965b): Factors affecting zinc content of bovine hair. *J. Dairy Sci.* 48: 1.091-1.095.
- MILLER, W. J.; BLACKMON, D. M.; POWELL, G. W.; GENTRY, R. P.; HIERS, J. M. JR. (1966): Effects of zinc deficiency per se and of dietary zinc levels on urinary and endogenous fecal excretion of zinc-65 from a single intravenous dose by ruminants. *J. Nutr.* 90: 335-341.
- MILLS, C. F.; DALGARNO, A. C.; WILLIAMS, R. B.; QUATERMAN, J. (1967): Zinc deficiency and the zinc requirements of calves and lambs. *Br. J. Nutr.* 21: 751-768.
- MONTAÑÉS, L.; ABADÍA, A.; HERAS, L. (1972): Composición de la alfalfa (*Medicago sativa* L.) a lo largo del ciclo de explotación. *An. Estac. Exp. Aula Dei.* 11: 357-365.
- NOUGUES, C.; LAMAND, M. (1972): Possibilités et limites de l'utilisation du poil dans le diagnostic de la carence du zinc chez le bovin. *Ann. Rech. Vét.* 3: 505-509.
- OSMAN, A. A.; RAHIM, A. G. A.; GAMEEL, A. A.; BUSHARA, H. O. (1984): The relationship between serum copper and zinc concentrations and the activities of the serum enzymes copper oxidase (caeruloplasmin) and alkaline phosphatase in sheep infected with *Schistosoma bovis* and fed on different levels of nutrition. *World Rev. Anim. Prod.* 20: 33-37.
- PARKASH, S.; JENNESS, R. (1967): Status of zinc in cow's milk. *J. Dairy. Sci.* 50: 127-134.
- PAULAIS, A. M. (1978): Carences en oligoéléments soyez vigilants. *L'Elevage Bovin, Ovin, Caprin* 73: 63-66.
- PERIGAUD, S.; LAMAND, M. (1973): Carences en oligoéléments chez les ruminants en France. II. Eléments d'enquête obtenus dans les élevages. *Ann. Rech. Vét.* 4: 535-563.
- PERKIN-ELMER (1976): Analytical methods for atomic absorption spectrophotometry. *Norwalk.*
- QUIROGA, M. A. (1982): Deficiencia de cobre en bovinos. Actualización bibliográfica. 1.ª parte. *Gac. Vet. B. Aires* 44: 513-530.
- RICHEL, G. (1972): Oligo-éléments et ruminants domestiques. *Serv. D'exp. D'infor. C.N.R.A. Versailles.*
- ROCHINOTTI, D.; SOMMA DE FERE, C. R.; MUFARREG, D. J. (1981): Hematocrito, hemoglobina, proteínas totales, fósforo inorgánico y cobre en sangre de bovinos para carne de la provincia de Corrientes. *Rev. Med. Vet.* 62: 33-38.

- ROSENBERGER, VON G. (1983): Enfermedades de los bovinos, tomo II. Hemisferio Sur, Buenos Aires.
- SUNDERMAN, F. W.; NOMOTO, S. (1970): Measurements of human serum caeruloplasmin by its p-phenylenediamine oxidase activity. Clin. Chem. 16: 903-910.
- UNDERWOOD, E. J. (1983): Los minerales en la nutrición del ganado (2.^a ed.). Acribia, Zaragoza.
- VAN DER SCHEE, W.; SCHOTMAN, A. J. H.; VAN DER BERG, G. (1983): Levels of enzyme activities in blood serum as indicators of a high copper status in sheep flocks. Zbl. Vet. Méd. A. 30: 664-673.
- WHITELAW, A.; ARMSTRONG, R. H.; EVANS, C. C.; FAWCETT, A. R. (1977): An investigation into copper deficiency in young lambs on an improved hill pasture. Vet. Rec. 101: 229-230.