

TRABAJO ORIGINAL**NIVELES DE COBRE, HIERRO, ZINC Y SELENIO EN BOVINOS DEL NOROESTE DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES**

Copper, iron, zinc, and selenium levels in bovines from northwest area of Buenos Aires Province

**MINATEL¹, L., BUFFARINI², M.A., SCARLATA¹, E.F.,
DALLORSO³, M.E. Y CARFAGNINI¹, J.C.**

Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Veterinarias, Área de Patología
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, E.E.A. General Villegas
Universidad Nacional de Lomas de Zamora, Facultad de Ciencias Agrarias

RESUMEN

Con el objeto de confirmar la existencia de deficiencias minerales en bovinos de la zona noroeste de la Provincia de Buenos Aires se llevó a cabo un relevamiento en 10 establecimientos. Se realizaron 2 muestreos (en invierno y verano), recolectándose muestras de sangre, hígado, pelo, forraje y agua de bebida. Se determinaron los niveles de cobre, hierro y zinc en plasma e hígado; de cobre y zinc en pelo; de cobre, hierro, zinc, molibdeno y selenio en forraje; de sulfatos en agua de bebida, y la actividad de la enzima glutatión peroxidasa en sangre entera. El 33,2% y el 11,3% de las muestras de plasma obtenidas en invierno y verano, respectivamente, tuvieron niveles de cobre inferiores a 57 Fg/dl; el 43,9% y el 33,3% de las muestras de hígado presentaron valores de cobre inferiores a 19 Fg/g de MS, y el 83% y el 72,5% de las muestras de pelo exhibieron niveles de cobre inferiores a 7,9 Fg/g de MS. La relación Cu:Mo en forraje fue de $4,3 \pm 0,7$ en invierno y de $8,6 \pm 5,2$ en verano. Los niveles de hierro en forraje fueron de $467,7 \pm 139$ y de $342,1 \pm 40,6$ Fg/g de MS, y los de sulfatos en agua de bebida de $930,4 \pm 210,4$ y de 576 ± 288 mg/l en invierno y verano, respectivamente. El 77% y el 68,5% de las muestras de sangre de los muestreos de invierno y verano, respectivamente, presentaron niveles de actividad de la enzima glutatión peroxidasa inferiores a 30 UI/g Hb. Se concluye que existe una deficiencia marginal de cobre y de selenio en la zona, que podrían estar perjudicando la salud y la producción de los animales, mientras que las deficiencias de zinc y de hierro no constituirían un problema en el área relevada.

Palabras clave: cobre, hierro, zinc, selenio, bovinos, Provincia de Buenos Aires.

Recibido: 24 de septiembre de 2002

Aceptado: 17 de diciembre de 2004

1. Área de Patología, Fac. de Ciencias Veterinarias. Av. San Martín 5285, (1417) Ciudad de Buenos Aires. E-mail: patolbas@fvvet.uba.ar

2. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, E.E.A. General Villegas.

3. Universidad Nacional de Lomas de Zamora, Facultad de Ciencias Agrarias.

SUMMARY

Ten farms from the northwest area of Buenos Aires Province were surveyed to verify the presence of mineral deficiencies in bovines. Samples of blood, liver, hair, forage, and drinking water were collected in winter and summer. Copper, iron, and zinc levels were determined in plasma and liver; copper and zinc levels in hair; copper, iron, zinc, molybdenum, and selenium levels in forage; sulphate concentrations in drinking water, and glutathione peroxidase activity in blood. Thirty three per cent and 11.3% of plasma samples obtained in winter and summer, respectively, had copper levels lower than 57 Fg/dl; 44% and 33.3% of liver samples had copper concentrations lower than 19 Fg/g DM, and 83% and 72.5% of hair samples had copper levels lower than 7.9 Fg/g DM. Relationship between copper and molybdenum in forage was 4.3 ± 0.7 in winter and 8.6 ± 5.2 in summer. Iron levels in forage were 467.7 ± 139 and 342.1 ± 40.6 Fg/g DM, and sulphate concentrations in drinking water were 930.4 ± 210.4 and 576 ± 288 mg/l in winter and summer, respectively. Seventy-seven per cent and 68.5% of blood samples had glutathione peroxidase activity lower than 30 U/gHb in winter and summer, respectively. It is concluded that there is a marginal copper deficiency and a marginal selenium deficiency in the area, that could have detrimental effects on production and animal health, while zinc and iron deficiencies would not be a problem for cattle in this area.

Key words: copper, iron, zinc, selenium, bovines, Buenos Aires Province.

INTRODUCCIÓN

Las elevadas exigencias productivas a las que se ven sometidos los animales en la actualidad hacen que sea necesario cuidar al máximo los aspectos nutricionales y sanitarios en las explotaciones pecuarias. Con el correr de los años y merced a la presión de selección, las mayores exigencias han dado origen a las llamadas enfermedades metabólicas o de la producción, las cuales son causadas por desbalances entre ingresos y pérdidas de nutrientes en el organismo (Capaul, 1991). Las deficiencias minerales se encuadran dentro de este grupo de enfermedades.

En líneas generales, el desarrollo de una deficiencia mineral puede ser dividido en cuatro fases o etapas: depleción, deficiencia marginal, disfunción y enfermedad (Suttle, 1986a; Underwood y Suttle, 1999). Durante la fase de depleción hay una disminución de los niveles del mineral en los órganos de reserva. En la siguiente etapa, de deficiencia marginal, comienzan a disminuir las concentraciones del elemento en el pool de transporte (ej. concentraciones plasmáticas), que hasta ese momento se mantenían dentro de los valores normales. De persistir el

cuadro, se altera la actividad de aquellas enzimas u hormonas dependientes del mineral en cuestión (etapa de disfunción), lo cual lleva a cambios morfológicos y funcionales en los tejidos que se traducen, con el tiempo, en signos clínicos (fase de enfermedad). La duración de cada una de estas etapas depende de cada mineral, siendo frecuente cierto grado de superposición entre las mismas. La detección de las deficiencias minerales durante las fases tempranas de depleción y deficiencia marginal permite la corrección de las mismas antes de que se produzcan pérdidas productivas y/o enfermedades.

Entre mayo de 1994 y enero de 1995 integrantes del Área de Patología de la Facultad de Ciencias Veterinarias (UBA) y de la Estación Experimental Agropecuaria General Villegas (INTA) realizaron un relevamiento en 18 establecimientos de la zona noroeste de la provincia de Buenos Aires a fin de verificar la existencia de deficiencias minerales en bovinos. Los resultados de este estudio mostraron la existencia de una deficiencia subclínica de cobre (Cu), presumiblemente de tipo condicionada, y una deficiencia estacional de zinc (Zn) (Minatel, Buffarini, Dallorso, Homse y Carfagnini, 1998).

Con el objeto de continuar estudiando la presencia de deficiencias minerales en los bovinos de la zona, se realizó un nuevo relevamiento en establecimientos pertenecientes al partido de General Villegas. Se trabajó sólo sobre oligoelementos (Cu, hierro (Fe) y Zn) dado que en el relevamiento anterior no se habían observado alteraciones en los macroelementos estudiados (Minatel y otros, 1998), incorporando en esta oportunidad al selenio (Se), cuya deficiencia ha sido comunicada en una amplia zona del país (Ruksan, 1994). Si bien se estudiaron principalmente las concentraciones de estos oligoelementos en muestras de origen animal, se evaluaron también los niveles de estos minerales y de sus principales antagonistas en forraje y agua de bebida, a fin de identificar factores que pudiesen intervenir en el desarrollo de las deficiencias.

MATERIALES Y MÉTODOS

Entre julio de 1998 y enero de 2001 se relevaron 10 establecimientos ubicados en el partido de General Villegas, situado en el noroeste de la Provincia de Buenos Aires, en los cuales se realizaron dos muestreos, uno durante el invierno y otro en el verano. Los campos fueron escogidos por técnicos de la EEA General Villegas del INTA, con la colaboración de veterinarios de la zona. En 7 establecimientos se trabajó con novillos, en 2 con terneros y en el restante con vaquillonas.

En cada uno de los establecimientos se trabajó con el mismo lote de animales en ambos muestreos. En cada campo se escogieron al azar 25 animales, a los cuales se les extrajo una muestra de sangre por punción de la vena yugular, utilizando heparina como anticoagulante. A 5 de esos animales, elegidos al azar, se les extrajo una muestra de hígado por biopsia hepática transcutánea (Minatel, 1999) y una muestra de pelo de la zona de la parrilla costal, utilizando tijeras de acero inoxidable. Se tomaron muestras de forraje del potrero donde se encontraban

los animales y una muestra del agua de bebida.

Las muestras de sangre fueron separadas en 2 alícuotas. Una de ellas fue conservada como sangre entera a -20°C hasta su procesamiento, para determinar la actividad de la enzima glutatión peroxidasa (GSH-Px) por Espectrofotometría a 340 nm, según la técnica de Anderson, Berrett y Patterson (1978), mientras que la sangre restante fue centrifugada dentro de las 3 hs de extraída y el plasma separado y congelado a -20°C hasta su procesamiento. Las muestras de hígado fueron lavadas con solución fisiológica, secadas con papel de filtro y conservadas a -20°C hasta su procesamiento. Las muestras de pelo fueron almacenadas en bolsas de polietileno a temperatura ambiente. Las muestras de forraje fueron secadas en estufa a 60°C , molidas y almacenadas en bolsas de polietileno.

Las muestras de plasma fueron diluidas con ácido tricloroacético al 10%, determinándose en el sobrenadante la concentración de Cu, Fe y Zn por Espectrofotometría de Absorción Atómica (EAA), utilizando un equipo Metrolab 250 AA. Las muestras de hígado fueron secadas en estufa a 90°C hasta peso constante y digeridas por digestión húmeda, utilizando una mezcla de ácidos nítrico-perclórico. En el extracto obtenido se determinó la concentración de Cu, Fe y Zn por EAA. Las muestras de pelo fueron lavadas con detergentes no iónicos y enjuagadas con agua bidestilada. Luego fueron secadas en estufa a 90°C hasta peso constante y digeridas según lo descrito para las muestras de hígado, determinándose en ellas los niveles de Cu y Zn por EAA. Las muestras de forraje fueron secadas en estufa y digeridas de igual forma que las muestras anteriores, dosándose en ellas las concentraciones de Cu, Fe y Zn por EAA, y de molibdeno (Mo) y Se por Espectrofotometría de Emisión Atómica por Plasma Inductivo. Los niveles de sulfatos (SO_4) en agua de bebida se determinaron por turbidimetría, precipitando al ion SO_4 con cloruro de bario en un medio ácido; la absorbancia de los cristales de sulfato de bario formados fue medida por espectrofotometría a 420 nm.

Los datos fueron comparados entre muestreos utilizando el Test de t o el Test de Mann-Whitney, de acuerdo a la distribución que presentaran. Las diferencias entre categorías en cada uno de los muestreos fueron analizadas a través de Análisis de Varianza para datos paramétricos o no paramétricos, según correspondiese. Para estos análisis se utilizó el programa estadístico Statistix for Windows, versión 1.0 (1996).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores de Cu en muestras de origen animal se presentan en el Cuadro 1.

El 33,2% y el 11,3% de las muestras de plasma tomadas en invierno y en verano, respectivamente, presentaron valores deficitarios de Cu. En el muestreo de invierno, el 25,5% de las muestras tuvo concentraciones de Cu entre 19 y 57 Fg/dl (equivalentes a 3 y 9 Fmol/l) consideradas como concentraciones marginales de Cu en suero o plasma, mientras que el 7,7%

de las muestras presentó valores inferiores a 19 Fg/dl, indicativos de deficiencia funcional (Suttle, 1986a; Underwood y Suttle, 1999). En el muestreo de verano, el 11,3% de las muestras deficitarias tuvo niveles plasmáticos de Cu entre 19 y 57 Fg/dl. Los valores de Cu fueron significativamente menores durante el invierno, excepto en el caso de los terneros. Cabe señalar que aunque la concentración de Cu en plasma es un criterio muy utilizado para determinar el estatus de Cu de los animales, debe ser interpretada con cuidado, ya que puede estar alterada por distintos factores como preñez, enfermedades, vacunaciones o cualquier situación de estrés que estimule la síntesis de ceruloplasmina (proteína de fase aguda). Varios autores han informado situaciones en las cuales bovinos en pastoreo con concentraciones plasmáticas de Cu marginales (entre 19 y 57 Fg/dl) no presentaban alteraciones en la producción (Suttle, Field, Nicolson, Mathieson, Prescott, Scott y Jonson, 1980; Givens, Hopkins, Brown y Walsh, 1981).

CUADRO 1: Valores de cobre en bovinos del noroeste de la provincia de Buenos Aires.

Table 1: Cooper levels in bovines from northwest area of Buenos Aires Province.

Muestra	Muestreo	Total	Terneros	Vaquillonas	Novillos
Plasma* (Fg/dl)	Invierno	68,5 ± 30,7 ¹ (n=247)	98,2 ± 19,5 ^{1a} (n=50)	76 ± 24,3 ^{1b} (n=25)	58,8 ± 28,4 ^{1c} (n=172)
	Verano	80,5 ± 21,4 ² (n=222)	88,1 ± 18,3 ^{2a} (n=50)	90,7 ± 14,7 ^{2a} (n=25)	76,2 ± 22,2 ^{2b} (n=147)
Hígado [⊠] (Fg/g MS)	Invierno	26,2 ± 21,8 (n=41)	210,8 ± 31,7 ^{1a} (n=8)	44,7 ± 34,4 ^{ab} (n=5)	14 ± 10 ^{1b} (n=28)
	Verano	29,4 ± 21,2 (n=33)	51,4 ± 22 ² (n=5)	14,8 ± 2,9 (n=5)	62,8 ± 41,4 ² (n=23)
Pelo [⊠] (Fg/g MS)	Invierno	5,2 ± 1,6 (n=47)	7,8 ± 2,4 (n=10)	4,9 ± 0,5 (n=5)	4,5 ± 1,3 (n=32)
	Verano	6,3 ± 1,5 (n=40)	7,6 ± 1 (n=9)	6,4 ± 1 (n=5)	5,3 ± 1,7 (n=26)

* Media y desvío estándar; [⊠] Mediana y desvío absoluto mediano.

Números distintos indican diferencias significativas (p<0,05) entre muestreos.

Letras distintas indican diferencias significativas (p<0,05) entre categorías.

El 43,9% y el 33,3% de las muestras de hígado correspondientes a los muestreos de invierno y verano, respectivamente, presentaron valores deficitarios de Cu. En el invierno, el 26,8% de las muestras tuvo concentraciones de Cu hepáticas que oscilaron entre 6,5 y 19 Fg/g de MS (equivalentes a 100 y 300 Fmol/kg de MS), indicativas de deficiencia marginal, mientras que el 17,1% tuvo niveles de Cu inferiores a 6,5 Fg/g de MS, valor considerado como indicativo de deficiencia funcional (Underwood y Suttle, 1999). En el muestreo de verano, el total de las muestras deficitarias (33,3%) presentó concentraciones marginales de Cu (entre 6,5 y 19 Fg/g de MS). No se observaron diferencias significativas entre muestreos en el total de muestras de hígado, aunque sí hubo diferencias entre muestreos en algunas categorías. Los niveles más elevados de Cu hepático se encontraron en los terneros durante el primer muestreo (invierno); esto se debe a que durante la gestación el feto acumula Cu en el hígado a una tasa mayor a la que lo hace un animal adulto, presentando generalmente durante los primeros meses de vida concentraciones mayores que los adultos (Bingley y Duffy, 1972).

El porcentaje de muestras deficitarias se incrementó en el caso del pelo, encontrándose un 83% y un 72,5% en invierno y verano, respectivamente. El 53,2% de las muestras extraídas en invierno presentó niveles de Cu entre 3,9 y 7,9 Fg/g de MS (equivalentes a 62 y 124 Fmol/kg de MS), considerados como valores marginales en pelo (Underwood y Suttle, 1999), mientras que el 29,8% tuvo concentraciones inferiores a 3,9 Fg/g de MS. En el verano, el 62,5% exhibió niveles que oscilaron entre 3,9 y 7,9 Fg/g de MS, mientras que un 10% presentó valores inferiores a 3,9 Fg/g de MS. Si bien el análisis de pelo no constituye un criterio absolutamente confiable para evaluar el estatus de Cu de los animales, proporciona una idea de lo que ha sucedido con los niveles de Cu durante un período de tiempo (equivalente al período de crecimiento del pelo), a diferencia

de las muestras de plasma o hígado, que sólo reflejan el estatus de Cu del animal al momento del muestreo (Suttle y McMurray, 1983). Kellaway, Sitorus y Leibholz (1978) encontraron que las concentraciones de Cu en pelo variaban sensiblemente al disminuir las reservas hepáticas por debajo de 20 Fg/g de MS, pero que se modificaban muy poco cuando los niveles de Cu hepático eran superiores a dicho valor.

Todas las muestras de forraje tuvieron concentraciones de Cu superiores a 4 Fg/g de MS (Cuadro 2), valor mínimo sugerido para bovinos de carne (National Research Council, 1984). Los valores de Cu fueron menores a los encontrados en épocas similares en el relevamiento efectuado por los autores en 1994-1995 (Minatel y otros, 1998). Sin embargo, los niveles de Cu en forraje tienen relativo valor diagnóstico cuando son considerados en forma aislada (Underwood y Suttle, 1999), siendo necesario tomar también en consideración las concentraciones de los principales antagonistas del Cu (Mo, azufre (S) y Fe).

Los valores de Mo en forraje fueron más elevados en invierno que en verano, aunque esta diferencia no fue estadísticamente significativa (Cuadro 2). Sin embargo, mucho más importante que la concentración de Mo en el forraje es la relación Cu:Mo que presente el mismo. En estudios realizados en Canadá por Miltimore y Mason (1971) sobre bovinos, se concluyó que una relación Cu:Mo menor a 2 en el forraje podía producir una deficiencia condicionada de Cu en los animales. Underwood y Suttle (1999) establecen que las relaciones Cu:Mo entre 1 y 3 presentan un riesgo marginal para los rumiantes, mientras que las relaciones < 1 presentan un alto riesgo. En nuestro estudio, la relación Cu:Mo fue superior a los valores considerados riesgosos, siendo de $4,3 \pm 0,7$ y de $8,6 \pm 5,2$ para los muestreos de invierno y verano, respectivamente (mediana y desvío absoluto mediano). Sólo en un establecimiento se observó una relación Cu:Mo dentro del rango de riesgo marginal, tanto en invierno como en verano.

CUADRO 2: Niveles de oligoelementos en forraje y de sulfatos en agua de bebida en establecimientos del noroeste de la provincia de Buenos Aires.

Table 2: Trace element levels in forage and sulfate levels in drinking water in farms from northwest area of Buenos Aires Province.

Muestreo	Cobre (F g/g MS)	Molibdeno (F g/g MS)	Hierro (F g/g MS)	Zinc (F g/g MS)	Sulfatos (mg/l)
Invierno	9,8 ± 1,5 (n=10)	2,2 ± 0,4 (n=10)	467,7 ± 139 (n=10)	39,5 ± 6,5 (n=10)	930,4 ± 210,4 (n=10)
Verano	8,7 ± 1 (n=8)	0,8 ± 0,3 (n=8)	342,1 ± 40,6 (n=8)	31,9 ± 6,5 (n=8)	576 ± 288 (n=3)

Los valores corresponden a mediana y desvío absoluto mediano.

Los niveles de SO_4 en agua de bebida fueron muy elevados durante el muestreo de invierno (Cuadro 2), con valores de hasta 2.100 mg/l. Los niveles fueron menores durante el verano, aunque sólo se obtuvieron datos de 3 establecimientos. En el relevamiento anterior realizado por los autores, se obtuvieron niveles de SO_4 de 620 ± 320 mg/l durante el otoño (mediana y desvío absoluto mediano, $n=18$), con valores de hasta 2.000 mg/l (datos no publicados). Tanto el S orgánico (en la forma de aminoácidos azufrados) como el inorgánico (en la forma de SO_4) podrían influir directamente sobre la absorción de Cu (Suttle, 1974). En un trabajo realizado con ovinos se observó que en dietas que contenían 5,2 g de S por kg MS, tanto en su forma elemental como en forma de SO_4 , la mínima cantidad de Mo necesaria para la formación de complejos que interfiriesen con la absorción de Cu era de 2,4 mg/kg MS (Lamand, 1989), valor muy cercano a la mediana de la concentración de Mo encontrada en las pasturas de los establecimientos relevados durante el invierno. En un estudio realizado en Canadá, niveles de SO_4 de 500 mg/l en agua de bebida fueron suficientes para provocar deficiencia de Cu (Smart, Cohen, Christensen y Williams, 1986). Teniendo en cuenta que por cada litro de agua consumido los animales de la zona ingieren casi 1 g de SO_4 en invierno y 0,5 g en verano, es probable que los altos niveles de estas sales observados en el agua de bebida en nuestro estudio jueguen un papel importante en la aparición de los bajos niveles de Cu en los animales.

Algunas muestras de forraje presentaron niveles de Fe lo suficientemente elevados como para interferir con la absorción del Cu. Varios trabajos han demostrado la importancia del Fe como antagonista del Cu (Humphries, Phillippo, Young y Bremner, 1983; Bremner, Humphries, Phillippo, Walker y Morrice, 1987; Phillippo, Humphries y Garthwaite, 1987). Esta interacción tiene gran relevancia en bovinos en pastoreo por la contaminación del forraje con el Fe del suelo (Suttle, 1986b). Underwood y Suttle (1999) señalan que forrajes con una relación Fe:Cu entre 50 y 100 representan un riesgo marginal para el estatus de Cu de los animales, mientras que una relación superior a 100 indica un alto riesgo. En nuestro trabajo, la relación Fe:Cu observada durante el muestreo de invierno fue de $47,5 \pm 7$ (mediana y desvío absoluto mediano), encontrándose un establecimiento dentro del rango de riesgo marginal y 3 establecimientos con valores de alto riesgo. Esta relación fue menor en el muestreo de verano ($39 \pm 11,4$), encontrándose 3 establecimientos dentro del rango de riesgo marginal.

Si se comparan los valores de Cu de los animales con los del relevamiento realizado anteriormente (Minatel y otros, 1998), se observa que los informados aquí son más elevados. En la opinión de los autores, dos factores pueden haber influido en este hecho: un aumento en la utilización de alimentos procesados (principalmente forraje henificado y granos) y las inundaciones que afectaron la zona durante 1999-2000. Si bien el sistema de producción de carne en la zona es básicamente

extensivo, la mayor utilización de alimentos procesados puede haber incrementado el aporte de Cu en la dieta, ya que la biodisponibilidad de este oligoelemento es mayor en el forraje henificado y en los cereales en comparación con el forraje fresco (Underwood y Suttle, 1999). Por su parte, las inundaciones pueden haber contribuido en forma directa, al diluir parcialmente el tenor de sales de las napas de agua, disminuyendo de esta manera el contenido de SO_4 , o en forma indirecta, al generar la necesidad de incrementar el alimento suplementario por la falta de forraje fresco.

Los valores de Fe en muestras de origen animal se presentan en el Cuadro 3.

El 42,1% y el 17,7% de las muestras de hígado de los muestreos de invierno y verano, respectivamente, presentaron niveles deficitarios de Fe en hígado de acuerdo a los valores mencionados en la bibliografía (Underwood y Suttle, 1999). El 15,8% de las muestras de invierno exhibieron concentraciones entre 100 y 150 Fg/g MS (equivalentes a 1,79 y 2,68 mmol/kg MS) indicativas de deficiencia marginal, mientras que el 26,3% tuvo niveles inferiores a 100 Fg/g MS. En el muestreo de verano, el 11,8% de las muestras presentó valores marginales, mientras que el 5,9% estuvo por debajo de 100 Fg/g MS. Los niveles de Fe hepático fueron significativamente menores en

CUADRO 3: Valores de hierro en bovinos del noroeste de la provincia de Buenos Aires.

Table 3: Iron levels in bovines from northwest area of Buenos Aires Province.

Muestra	Muestreo	Total	Terneros	Vaquillonas	Novillos
Plasma* (Fg/dl)	Invierno	202,2 ± 36,8 ¹ (n=237)	173,9 ± 33,7 ^{1a} (n=50)	188,5 ± 23,9 ^{1a} (n=25)	213,1 ± 34 ^{1b} (n=162)
	Verano	217,4 ± 30,3 ² (n=220)	195,9 ± 21,8 ^{2a} (n=50)	238,5 ± 28,5 ^{2b} (n=25)	221,2 ± 29,2 ^{2c} (n=145)
Hígado [⌘] (Fg/g MS)	Invierno	179,8 ± 99,1 ¹ (n=38)	179,8 ± 32,8 (n=6)	295,9 ± 105,4 (n=5)	127,9 ± 62 ¹ (n=27)
	Verano	264,7 ± 119,8 ² (n=34)	114,1 ± 34,8 (n=5)	595,1 ± 224,8 (n=5)	264,7 ± 97,3 ² (n=24)

* Media y desvío estándar; [⌘] Mediana y desvío absoluto mediano.

Números distintos indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre muestreos.

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre categorías.

Todas las muestras de plasma de ambos muestreos presentaron niveles de Fe superiores a 100 Fg/dl, valor máximo del intervalo de 50 y 100 Fg/dl (equivalentes a 8,9 y 17,9 mmol/l) reportado por Underwood y Suttle (1999) como indicativo de deficiencia marginal. Los niveles fueron significativamente menores en el muestreo de invierno en todas las categorías. Los terneros presentaron las concentraciones más bajas en ambos muestreos. Aunque los valores de Fe en plasma pueden tener una alta variabilidad individual, su disminución acompaña el desarrollo de la anemia debida a deficiencia de Fe (Underwood y Suttle, 1999).

el invierno, reflejándose esta diferencia en la categoría novillos. La categoría vaquillonas tuvo valores más elevados que el resto de las categorías en ambos muestreos, aunque estas diferencias no fueron significativas debido al bajo número de muestras en dicha categoría y a la alta variabilidad. La deficiencia de Fe no ha sido demostrada hasta el momento en animales en pastoreo (Underwood y Suttle, 1999), por lo tanto es poco probable que estos valores reflejen realmente un estado de deficiencia, especialmente con los niveles de Fe observados en plasma. Fairweather-Tait y Wright (1984) encontraron que al incrementar el

contenido de Fe en la dieta de ratas de 8 a 1270 mg/kg MS, la absorción del mismo disminuía del 60% al 9%. Es posible que al consumir forrajes con un mayor tenor de Fe durante el invierno la absorción de este oligoelemento disminuya y, como consecuencia, su concentración en el hígado, proceso que se revertiría al disminuir los niveles de Fe en forraje durante el verano (ver Cuadro 2).

Las concentraciones de Fe en forraje fueron muy superiores a 40 – 60 mg/kg MS (Cuadro 2), considerado como rango marginal por la bibliografía (Underwood y Suttle, 1999). Los niveles de Fe en el forraje también fueron más elevados en invierno que en verano, aunque no se observaron diferencias estadísticamente significativas. Las concentraciones encontradas en este trabajo fueron menores a las observadas en el relevamiento realizado en 1994-1995 (Minatel y otros, 1998).

Los valores de Zn en muestras de origen animal se presentan en el Cuadro 4.

Sólo el 7,3% de las muestras de plasma del muestreo de invierno y el 1,8% de las de verano presentaron bajos valores de Zn, encontrándose la mayor parte de estas muestras deficitarias dentro del rango de 40 – 60 Fg/dl, considerado como indicativo de deficiencia

marginal (Underwood y Suttle, 1999). Los niveles fueron significativamente más bajos durante el invierno en todas las categorías. Si bien la concentración de Zn en plasma o suero es el indicador más utilizado para evaluar los niveles de este oligoelemento en los animales, no constituye un criterio absolutamente confiable, ya que varios factores desencadenantes de estrés como el calor, las infecciones o el parto, pueden afectarla, disminuyendo su valor (Mills, 1987; Underwood y Suttle, 1999). Dado que las situaciones de estrés también modifican las concentraciones plasmáticas de Cu y Fe, Underwood y Suttle (1999) proponen evaluar la relación Zn:Cu y Zn:Fe como forma de diferenciar entre estas situaciones y la deficiencia real de Zn. Durante el estrés, la relación Zn:Cu disminuiría, al disminuir en plasma los niveles de Zn y aumentar los de Cu, mientras que la relación Zn:Fe no se modificaría sustancialmente, ya que la concentración plasmática de ambos oligoelementos disminuye. En cambio, en la deficiencia de Zn ambas relaciones (Zn:Cu y Zn:Fe) disminuirían.

Otro indicador utilizado por algunos autores para evaluar los niveles de Zn en los animales es la concentración hepática de este oligoelemento. En un relevamiento mineral rea-

CUADRO 4: Valores de zinc en bovinos del noroeste de la provincia de Buenos Aires.

Table 4: Zinc levels in bovines from northwest area of Buenos Aires Province.

Muestra	Muestreo	Total	Terneros	Vaquillonas	Novillos
Plasma* (Fg/dl)	Invierno	87,9 ± 18,6 ¹ (n=219)	75,7 ± 17,8 ^{1a} (n=47)	93,7 ± 13,6 ^{1b} (n=18)	90,9 ± 17,8 ^{1b} (n=154)
	Verano	99,6 ± 18,2 ² (n=222)	94,3 ± 18,3 ^{2a} (n=50)	124,3 ± 13,9 ^{2b} (n=25)	97,1 ± 15,3 ^{2a} (n=147)
Hígado [⊠] (Fg/g MS)	Invierno	119,1 ± 70 ¹ (n=40)	144,2 ± 21,3 ³ (n=8)	181,5 ± 24,8 ^a (n=5)	49,6 ± 19,8 ^{1b} (n=27)
	Verano	143,4 ± 24,9 ² (n=33)	118,5 ± 18,1 (n=5)	170,2 ± 17,5 (n=5)	143,4 ± 20,9 ² (n=23)
Pelo [⊠] (Fg/g MS)	Invierno	118,1 ± 15,9 (n=48)	130,9 ± 11,1 (n=10)	117,4 ± 4,6 (n=5)	116,4 ± 18,3 (n=33)
	Verano	116,1 ± 15 (n=39)	113,1 ± 13,2 (n=10)	125,9 ± 9,8 (n=5)	110,3 ± 15 (n=24)

* Media y desvío estándar; [⊠] Mediana y desvío absoluto mediano.

Números distintos indican diferencias significativas (p<0.05) entre muestreos.

Letras distintas indican diferencias significativas (p<0,05) entre categorías.

lizado en bovinos de las provincias de Chaco y Formosa (Balbuena, McDowell, Toledo, Conrad, Wilkinson y Martín, 1989), se utilizó el nivel de Zn en hígado como indicador del estatus de Zn de los animales, tomando un valor crítico de 84 Fg/g MS como indicativo de deficiencia (McDowell y Conrad, citado por Balbuena y otros, 1989). De acuerdo con este valor, el 42% de las muestras de hígado obtenidas durante el muestreo de invierno presentaron niveles deficitarios de Zn, mientras que sólo una (3%) tuvo bajos niveles en el verano. Las menores concentraciones fueron observadas en la categoría novillos. Cabe señalar que otros autores no consideran a la concentración hepática de Zn como un indicador confiable de deficiencia (Underwood y Suttle, 1999).

El 20,8% y el 20,5% de las muestras de pelo de los muestreos de invierno y verano, respectivamente, presentaron niveles de Zn inferiores a 100 Fg/g MS, estando comprendidas la mayor parte de estas muestras dentro del rango de deficiencia marginal de 75 a 100 Fg/g MS (Underwood y Suttle, 1999). Aunque los bajos valores de este oligoelemento en pelo apoyan la sospecha de deficiencia de Zn, este indicador no debe ser utilizado en forma aislada como un criterio diagnóstico confiable, debido a las marcadas variaciones que se presentan entre individuos, edades, razas, regiones anatómicas y estaciones del año (Miller, Powell, Pitts y Perkins, 1965; Underwood y Suttle, 1999).

Todas las muestras de forraje tuvieron niveles de Zn superiores a 20 mg/kg MS (Cuadro 2), que es el valor mínimo de Zn en forraje recomendado para bovinos de carne (National Research Council, 1984). Las concentraciones de Zn fueron superiores en invierno, aunque esta diferencia no fue estadísticamente significativa.

Si se consideran los resultados de los dos indicadores más utilizados para evaluar el estatus de Zn de un rodeo (concentración de este oligoelemento en plasma y en forraje), se puede concluir que la deficiencia de Zn no representaría un problema para los bovinos de la zona.

Estos resultados concuerdan con los obtenidos en los muestreos de invierno y verano realizados en 1994-1995, aunque en aquel relevamiento se observaron bajos niveles de Zn durante el otoño. La deficiencia de Zn estaría ampliamente distribuida en las zonas ganaderas de nuestro país, asociándose en la mayoría de los casos a la deficiencia de Cu (Sager, 1996). Cuando cursa en forma clínica, se observan básicamente dos presentaciones: una descamación epitelial generalizada, y una afección podal, conocida como Pododermatitis plantar proliferativa (Sager, 1996). Cabe recordar que las enfermedades podales constituyen uno de los mayores problemas sanitarios de la zona relevada, aunque aún no han sido caracterizadas ni tampoco se han realizado estudios para identificar a los factores que intervienen en su desarrollo.

La actividad de la enzima GSH-Px en sangre entera se presenta en el Cuadro 5.

Si consideramos 30 U/g Hb como valor crítico por debajo del cual la actividad de la enzima GSH-Px indica deficiencia de Se (Suttle, 1986a), el 77% y el 68,5% de las muestras de sangre de los muestreos de invierno y verano, respectivamente, presentaron valores deficitarios. Las vaquillonas exhibieron los valores más elevados en ambos muestreos, mientras que los terneros presentaron los más bajos. La actividad de la enzima GSH-Px y la concentración de Se en sangre entera están altamente correlacionadas en animales con bajos niveles de este oligoelemento (Ullrey, 1987). Sunde (1994) ha sugerido que la principal función de la enzima GSH-Px es almacenar Se, protegiendo al organismo cuando éste está en exceso. Por lo tanto, una disminución en los niveles de actividad de esta enzima estaría indicando un agotamiento de las reservas (fase de depleción) y, de mantenerse, el comienzo de la etapa de deficiencia (Underwood y Suttle, 1999).

Todas las muestras de forraje analizadas tuvieron concentraciones de Se inferiores a 0,2 mg/kg MS. Los requerimientos de Se para bovinos de carne se sitúan, de acuerdo con el National Research Council (1984), entre 0,05

CUADRO 5: Actividad de la enzima GSH-Px en bovinos del noroeste de la provincia de Buenos Aires.
Table 5: GSH-Px activity in bovines from northwest area of Buenos Aires Province.

Muestra	Muestreo	Total	Terneros	Vaquillonas	Novillos
GSH-Px ^α (U/g Hb)	Invierno	15,7 ± 6,7 (n=235)	10,6 ± 1,6 ^{1a} (n=49)	32,2 ± 1,6 ^{1b} (n=25)	17,9 ± 7,4 ^c (n=161)
	Verano	16,5 ± 6,5 (n=219)	11,7 ± 2,1 ^{2a} (n=49)	34,9 ± 3,6 ^{2b} (n=24)	17,2 ± 7 ^c (n=146)

^α Mediana y desvío absoluto mediano.

Números distintos indican diferencias significativas ($p < 0.05$) entre muestreos.

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre categorías.

y 0,3 mg/kg MS. Sin embargo, los requerimientos de Se en los bovinos estarían influenciados por varios factores, como el contenido de vitamina E de la dieta, la categoría de animales y el tipo de producción (Underwood y Suttle, 1999). En animales en pastoreo que están consumiendo forraje con niveles adecuados de vitamina E, Underwood y Suttle (1999) fijan como valores marginales 0,02 – 0,04 mg/kg MS. La sensibilidad del equipo utilizado en este trabajo no fue suficiente para determinar con exactitud los niveles de Se presentes en las muestras de forraje, permitiendo solamente categorizar al material como inferior al límite de detección del sistema de medición.

CONCLUSIONES

Del análisis de los datos surge la existencia de una deficiencia marginal de Cu y de Se en la zona.

La deficiencia de Cu sería de tipo condicionada, principalmente debido a los elevados niveles de SO₄ en el agua de bebida y de Fe en el forraje, mientras que la concentración de Mo en el forraje no tendría un papel predominante en el desarrollo de la misma. Estos resultados confirman los obtenidos en la zona con anterioridad (Minatel y otros, 1998).

Según los niveles de Zn y Fe observados, la deficiencia de estos oligoelementos no constituiría un problema para los bovinos de la zona.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer la colaboración brindada por el personal de los establecimientos "Santa Margarita", "Erylú", "El Silencio", "Los Amigos", "La Fe", "Santa Ofelia", "El Cortijo", "La Liliana" y "La Margarita", y al personal de campo de la Estación Experimental Agropecuaria General Villegas (I.N.T.A.).

BIBLIOGRAFÍA

- ANDERSON, P.H., BERRETT, S. y PATTERSON, D.S.P. 1978. Glutathione peroxidase activity in erythrocytes and muscle of cattle and sheep and relationship to selenium. *J. Comp. Path.* 88: 181-189.
- BALBUENA, O., MCDOWELL, L.R., TOLEDO, H.O., CONRAD, J.H., WILKINSON, N. y MARTÍN, F.G. 1989. Estudio de la nutrición mineral de los bovinos para carne del este de las provincias de Chaco y Formosa (Argentina). 4. Zinc, hierro y manganeso. *Vet. Arg.* VI: 584-594.
- BINGLEY, J.B. y DUFTY, J.H. 1972. Distribution of copper in the tissues of the bovine neonate and dam. *Res. Vet. Sci.* 13: 8-14.
- BREMNER, I., HUMPHRIES, W.R., PHILLIPPO, M., WALKER, M.J. y MORRICE, P.C. 1987. Iron-induced copper deficiency in calves: dose-response relationships and interactions with molybdenum and sulphur. *An. Prod.* 45: 403-414.
- CAPAU, E.G. 1991. Macro-microelementos. Clínica y laboratorio. In: Asociación Argentina de Veterinarios de Laboratorios de Diagnóstico,

- ed. Reunión y Asamblea Anual de la A.A.V.D., 7^{ma}. Memorias. Buenos Aires, 5 y 6 de diciembre. pp. 14-22.
- FAIRWEATHER-TAIT, S.J. y WRIGHT, A.J.A. 1984. The influence of previous iron intake on the estimation of bioavailability of iron from a test meal given to rats. *Br. J. Nutr.* 51:185-191.
- GIVENS, D.I., HOPKINS, J.R., BROWN, M.E. y WALSH, W.A. 1981. The effect of copper therapy on the growth rate and blood composition of young growing cattle. *J. Agric. Sci., Camb.* 97: 497-505.
- HUMPHRIES, W.R., PHILLIPPO, M., YOUNG, B.W. y BREMNER, I. 1983. The influence of dietary iron and molybdenum on copper metabolism in calves. *Br. J. Nutr.* 49: 77-86.
- KELLAWAY, R.C., SITORUS, P. y LEIBHOLZ, J.M.L. 1978. The use of copper levels in hair to diagnose hypocuprosis. *Res. Vet. Sci.* 24: 352-357.
- LAMAND, M. 1989. Influence of molybdenum and sulfur on copper metabolism in sheep: comparison of elemental sulfur and sulphate. *Ann. Rech. Vét.* 20: 103-106.
- MILLER, W.J., POWELL, G.W., PITTS, W.J. y PERKINS, H.F. 1965. Factors affecting zinc content of bovine hair. *J. Dairy Sci.* 48: 1091-1095.
- MILLS, C.F. 1987. Biochemical and physiological indicators of mineral status in animals: copper, cobalt and zinc. *J. Anim. Sci.* 65:1702-1711.
- MILTIMORE, J.E. y MASON, J.L. 1971. Cooper to molybdenum ratio and molybdenum and cooper concentrations in ruminants feeds. *Can. J. Anim. Sci.* 51: 193-200.
- MINATEL, L., BUFFARINI, M.A., DALLORSO, M.E., HOMSE A. y CARFAGNINI, J.C. 1998. Relevamiento mineral de bovinos de la región noroeste de la provincia de Buenos Aires. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 18: 67-75.
- , 1999. Biopsia hepática en bovinos: su empleo en la evaluación de los niveles de cobre de un rodeo. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 19: 359-365.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 1984. Necesidades nutritivas del ganado de carne. Traducción de la 6^a Ed. Americana por Danelón, J.L. Buenos Aires, Argentina. Hemisferio Sur. 103 p.
- PHILLIPPO, M., HUMPHRIES, W.R. y GARTHWAITE, P.H. 1987. The effect of dietary molybdenum iron on copper status and growth in cattle. *J. Agric. Sci., Camb.* 109:315-320.
- RUKSAN, B. 1994. Deficiencia de selenio. *In: Unidad Integrada Balcarce-Asociación de Veterinarios de Laboratorios de Diagnóstico*, ed. Jornadas de actualización técnica sobre minerales en la nutrición y salud animal. Memorias. Mar del Plata, 29 y 30 de marzo. pp. 68-77.
- SAGER, R. 1996. Situación de la deficiencia de zinc en la Argentina. *In: Asociación Argentina de Veterinarios de Laboratorios de Diagnóstico*, ed. Memorias de la XIa. Reunión Anual. Azul, 5 y 6 de diciembre. Pág. 87.
- SMART, M.E, COHEN, R., CHRISTENSEN, D.A. y WILLIAMS, C.M. 1986. The effects of sulphate removal from drinking water on the plasma and liver copper and zinc concentrations of beef cows and their calves. *Can. J. Anim. Sci.* 66: 669-680.
- STATISTIX VERSION 1.0. 1996. Analytical Software.
- SUNDE, R.A. 1994. Intracellular glutathione peroxidases: structure, regulation and function. *In: Burk, R.F. ed. Selenium in biology and human health.* New York, Springer-Verlag, pp. 45-77.
- SUTTLE, N.F. 1974. Effects of organic and inorganic sulphur on the availability of dietary copper to sheep. *Br. J. Nutr.* 32: 559-568.
- , FIELD, A.C., NICOLSON, T.B., MATHIESON, A.O., PRESCOTT, J.H.D., SCOTT, N. y JOHNSON, W.S. 1980. Some problems in assessing the physiological and economic significance of hypocupraemia in beef suckler herds. *Vet. Rec.* 106: 302-304.
- y MCMURRAY, C.H. 1983. Use of erythrocyte copper:zinc superoxide dismutase activity and hair or fleece copper concentrations in the diagnosis of hypocuprosis in ruminants. *Res. Vet. Sci.* 35: 47-52.
- , 1986a. Problems in the diagnosis and anticipation of trace element deficiencies in grazing livestock. *Vet. Rec.* 119: 148-152.
- , 1986b. Copper deficiency in ruminants; recent developments. *Vet. Rec.* 119: 519-522.
- ULLREY, D. 1987. Biochemical and physiological indicators of selenium status in animals. *J. Anim. Sci.* 65: 1712-1726.
- UNDERWOOD, E.J. y SUTTLE, N.F. 1999. The mineral nutrition of livestock. 3rd ed. U.K., CABI Publishing. 614 p.