

**J. Álvarez-Rodríguez, D. Villalba, D. Cubiló y E. Molina**

**CONCENTRACIÓN SÉRICA DE MACROMINERALES DE TERNEROS  
EN PRODUCCIÓN ECOLÓGICA**

Separata ITEA

INFORMACIÓN TÉCNICA ECONÓMICA AGRARIA, VOL. **107** N.º 2 (94-101), 2011

## Concentración sérica de macrominerales de terneros en producción ecológica<sup>1</sup>

J. Álvarez-Rodríguez, D. Villalba, D. Cubiló y E. Molina

Departamento de Producción Animal, Universidad de Lleida, Av. Rovira Roure 191, 25198 Lleida (España)

### Resumen

Los desequilibrios en el metabolismo mineral pueden causar retrasos en el crecimiento y una alteración de diversas funciones fisiológicas. El objetivo de este estudio fue evaluar el metabolismo mineral de terneros de engorde en producción ecológica (41 machos o castrados, 23 hembras). La dieta fue a base de heno de alfalfa y concentrado energético, pasto de montaña y concentrado o mezcla completa con subproducto de soja ecológica como materia principal. Se tomaron entre 1 y 4 muestras de sangre por animal a intervalos mensuales, y se determinó paralelamente el peso de los terneros ( $291 \pm 63$  kg). Se determinó la concentración sérica de los minerales calcio, fósforo y magnesio y de los electrolitos sodio, cloro y potasio. Los datos se analizaron por análisis de varianza considerando el sexo, la dieta y la época de engorde como efectos fijos y el peso en el muestreo como covariable. El sexo del ternero únicamente afectó a la relación calcio/fósforo, que fue inferior en las hembras que en los machos (0,93 vs. 1,06;  $P < 0,05$ ). Por su parte, los niveles de sodio y potasio fueron superiores en hembras que en machos (153,9 y 6,5 vs. 148,6 y 6,0 mmol/L, respectivamente,  $P < 0,05$ ). La dieta ejerció un efecto significativo sobre la concentración de magnesio, que fue inferior en el grupo de animales alimentados con la mezcla completa que en el resto (0,7 vs. 1,1 mmol/L,  $P < 0,05$ ). Así mismo, la relación calcio/fósforo fue inferior con heno y concentrado que en pasto con concentrado (0,92 vs. 1,06;  $P < 0,05$ ), mientras que el grupo de la mezcla completa no se diferenció del resto ( $P > 0,05$ ). La época de engorde afectó a la concentración de calcio y magnesio sanguíneo, con valores inferiores en primavera que en verano en ambos minerales (3,7 y 0,8 vs. 4,8 y 1,1 mmol/L, respectivamente,  $P < 0,01$ ). La concentración de electrolitos no se vio afectada por la dieta o la estación ( $P > 0,05$ ). En conclusión, la época de engorde y el sistema de alimentación son factores de variación de los minerales sanguíneos que deben ser considerados para detectar deficiencias nutricionales.

**Palabras clave:** vacuno, engorde, micronutrientes, minerales, electrolitos.

### Summary

#### Macromineral serum concentration in beef calves under organic production

Imbalances in mineral metabolism may cause delayed growth and alter several physiological functions. The aim of this study was to evaluate mineral metabolism in growing calves under organic production (41 males or neutered, 23 females). The diets were based on alfalfa hay plus concentrate supplement, mountain pasture plus concentrate supplement or total mixed ration with organic soybean by-product as main raw material. Blood samples were collected between spring and summer (1 to 4 samples/animal), and weight of calves was determined ( $291 \pm 63$  kg). The serum concentration of calcium, phosphorus, magnesium minerals and sodium, chloride and potassium electrolytes were analyzed. The data were analyzed by ANOVA considering sex, diet and fattening season as fixed effects and

---

1. Autor para correspondencia: J. Álvarez-Rodríguez, jalvarez@prodan.udl.cat

the weight as a covariate. Calf sex only affected the calcium:phosphorus ratio, which was lower in females than in males (0.93 vs. 1.06,  $P < 0.05$ ). Also, sodium and potassium levels were higher in females than in males (153.9 and 6.5 vs. 148.6 and 6.0 mmol/L, respectively,  $P < 0.05$ ). The diet had a significant effect on magnesium concentration, which was lower in the group of animals fed with complete mixed ration than in the rest (0.7 vs. 1.1 mmol/L,  $P < 0.05$ ). Likewise, the calcium:phosphorus ratio was lower when calves fed hay plus concentrate than when they fed pastures plus concentrate (0.92 vs. 1.06,  $P < 0.05$ ), while the group fed the complete mixed ration was not different from the rest ( $P > 0.05$ ). The fattening season affected the blood concentration of calcium and magnesium, with lower values in spring than in summer in both minerals (3.7 and 0.8 vs. 4.8 and 1.1 mmol/L, respectively,  $P < 0.01$ ). Electrolyte levels were not affected by diet or season ( $P > 0.05$ ). In conclusion, the growing season and feeding system are factors affecting blood minerals, which may be considered when conducting nutritional deficiency appraisal.

**Key words:** cattle, fattening, micronutrients, minerals, electrolytes.

## Introducción

El balance mineral del organismo depende de las necesidades del animal debidas a su edad y estado productivo y de los aportes realizados a través de los alimentos. Según el National Research Council (NRC) (2000), el contenido mineral de los alimentos depende del área geográfica de procedencia, variando con el tipo de suelo de cultivo, su tipo y grado de fertilización, y con la pluviometría.

En España, el engorde de terneros para la producción de carne se realiza con una dieta a base de concentrado energético (mezcla de cereales y leguminosas en harina o gránulo) y paja como elemento fibroso, ofreciendo ambos componentes de la ración a voluntad. De esta forma, la relación entre concentrado y forraje en la dieta se sitúa entorno a 90:10, asumiendo que la paja sólo contribuye a diluir la concentración de nutrientes y aporta fibra efectiva a la ración total (Ferret *et al.*, 2008).

Este sistema de producción no aprovecha la fermentación de la pared vegetal que llevan a cabo las enzimas producidas por la microbiota pre-gástrica de los rumiantes, que posee la capacidad de extraer más energía de las fuentes fibrosas que los enzimas digestivos del resto de los mamíferos, y les permite convertir

el nitrógeno no proteico en proteína microbiana de alto valor biológico (Allen, 1996). Este es uno de los motivos por el que las normas de producción en ganadería ecológica establecen un máximo de consumo de alimento concentrado del 40% de la ración total en materia seca (Reglamento CE 889/2008). Por otro lado, en este tipo de producción existe una deficiente oferta de alimentos para abastecimiento del ganado fuera de la propia explotación, que en general va ligada a una deficiente calidad nutritiva de dichas materias primas (Molina *et al.*, 2010).

La nutrición mineral y vitamínica contribuye de forma importante a la regulación del sistema inmune, los resultados reproductivos y la ganancia de peso de los animales en crecimiento (NRC, 2000). En los sistemas de explotación convencionales, estas necesidades se cubren con el aporte de correctores minerales. En producción ecológica, también está autorizado el uso de algunas de estas materias primas de origen mineral (Reglamento CE 889/2008), pero es necesario racionalizar su uso y establecer un adecuado programa alimenticio que considere la nutrición mineral, a través de la evaluación de la concentración de dichos micronutrientes en los alimentos suministrados (dieta) y a nivel sanguíneo de los animales.

Desde un punto de vista funcional, los minerales necesarios en mayor cantidad para el animal son el calcio, fósforo, magnesio, sodio, cloro y potasio (Underwood y Suttle, 1999). El calcio y el fósforo juegan un papel importante en la mineralización de los huesos y los dientes, estando su concentración extracelular regulada por factores hormonales, por la absorción intestinal y por la excreción urinaria. Además, el metabolismo de ambos elementos está muy relacionado entre sí, siendo de gran importancia el equilibrio de la relación calcio:fósforo para la absorción intestinal. Así mismo, el magnesio es otro macromineral importante en el esqueleto con funciones sobre la activación de complejos enzimáticos y la transmisión del impulso nervioso en los músculos (García-Belenguer, 1992). Por su parte, dentro del metabolismo electrolítico, el sodio (Na) y el potasio (K) son los iones más importantes encargados de mantener la presión osmótica del líquido extracelular e intracelular, respectivamente, puesto que están en mayor concentración (Palacio *et al.*, 1997a).

El objetivo de este estudio fue evaluar el metabolismo mineral de terneros de engorde sometidos a distintos sistemas de alimentación en producción ecológica.

## Materiales y métodos

### Animales, manejo y muestreo

El estudio se realizó entre la primavera y el verano de 2009 en 64 terneros de engorde (41 machos o castrados, 23 hembras) procedentes de la época de partos de otoño de 3 explotaciones comerciales del Pirineo de Lleida (Pallars Jussà y Pallars Sobirà, Lleida, España). El clima en estas localidades es de influencia mediterránea, con una precipitación de entre 700 y 1000 mm anuales. Los terneros eran de raza "Bruna dels Pirineus"

o resultado de su cruzamiento con toros cárnicos (Limusín y Charolés, principalmente), y su edad al inicio del estudio estaba comprendida entre 5-7 meses.

Las dietas utilizadas eran a base de:

1. Heno de alfalfa y concentrado energético suministrado *ad libitum*.
2. Pasto de montaña *ad libitum* y una mezcla de cereales (cebada y maíz 50:50) suministrada a razón de 2 a 3 kg/animal y día.
3. Mezcla completa (avena entera henificada, concentrado energético y un subproducto de soja ecológica) suministrada *ad libitum*.

El grupo de terneros de la estrategia de alimentación (1) fue el único que recibió corrector vitamínico mineral en la dieta, formulado a base de carbonato cálcico (1,7% sobre el total de materia fresca), fosfato monocálcico (0,4%), sal común (0,5%) y bicarbonato sódico (0,7%).

Se tomaron entre 1 y 4 muestras de sangre por animal a intervalos mensuales en tubos de vacío sin anticoagulante (hora del día: entre 12:00 y 13:00). Las muestras se centrifugaron a 2500 x g durante 15 minutos a 4° C y se extrajo el suero para conservarlo a -20° C hasta su análisis. La toma de muestras comenzó al menos dos semanas después del destete. Las dietas utilizadas fueron suministradas durante al menos 2 semanas antes de la toma de la primera muestra de sangre.

Paralelamente a la extracción sanguínea, se determinó el peso de los terneros con una balanza electrónica de 0,5 kg de precisión.

### Métodos analíticos

Se midió la concentración (mmol/l) de los minerales calcio, fósforo, magnesio y de los electrolitos sodio, cloro y potasio. El sodio y el potasio sérico se determinaron con un fotómetro de llama (ION – 3 SP, RAL, Barce-

lona, España) y el resto de minerales séricos se determinaron con un analizador automático (GernonStar, RAL, Barcelona, España): calcio total (método arsenazo), fósforo (método fotométrico UV), magnesio (método colorimétrico) y cloruro (método mercurio tiocinato). Los coeficientes de variación intra- e inter-ensayo fueron <4% y <3%, respectivamente. El balance electrolítico sanguíneo se calculó como mmol/l ( $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ )/mmol/l ( $\text{Cl}^-$ ) (Ross *et al.*, 1994).

#### Análisis estadístico

Los datos se analizaron con el paquete estadístico SAS (SAS, 2002), con un análisis de varianza con el procedimiento GLM. Se consideraron como factores fijos la raza, el sexo, la dieta y la época de engorde, y sus interacciones de segundo grado (en los casos en que permitían mantener un modelo equilibrado: época de engorde x sexo, época de engorde x raza, sexo x raza). Además, se consideró como covariable el peso del animal en el momento del muestreo. El nivel de significación se estableció en 0,05.

### Resultados

#### Peso vivo de los terneros

El peso de los terneros a lo largo de los 4 meses de control (mayo-agosto) osciló entre los 228 kg y los 354 kg (rango a partir de la media  $\pm$  desviación estándar).

#### Efecto de la raza

La concentración de minerales sanguíneos en los terneros se expone en la Tabla 1. En ésta, se omiten los resultados relativos a la raza, dado que no fue un factor de variación de los minerales sanguíneos ( $P > 0,05$ ).

La única interacción estadística detectada fue en el parámetro de sodio sérico, que fue superior en las hembras que en los machos cruzados (156,6 vs. 147,3 mmol/L,  $P < 0,05$ ), mientras que ésta no se diferenció entre sexos en los animales de raza pura (151,1 vs. 150,0 mmol/L, respectivamente,  $P > 0,05$ ).

#### Efecto del sexo del ternero

El sexo del ternero afectó a la relación calcio/fósforo, que fue inferior en las hembras (♀) que en los machos o castrados (♂/♂) (0,93 vs. 1,06;  $P < 0,05$ ). Por otro lado, los niveles de sodio y potasio fueron superiores en hembras que en machos (153,9 y 6,5 vs. 148,6 y 6,0 mmol/L, respectivamente,  $P < 0,05$ ).

#### Efecto de la época de engorde-estación del año

La época de engorde afectó a la concentración de calcio y magnesio sanguíneo, con valores inferiores en primavera que en verano en ambos minerales (3,7 vs. 4,8 mmol/L y 0,8 vs. 1,1 mmol/L, respectivamente,  $P < 0,01$ ). Los niveles de electrolitos (sodio, potasio y cloruro) no se vieron afectados por la dieta o la estación ( $P > 0,05$ ).

#### Efecto del sistema de alimentación

La dieta ejerció un efecto significativo sobre la concentración de magnesio, que fue inferior en el grupo de animales alimentados con la mezcla completa que en el resto (0,7 vs. 1,1 mmol/L,  $P < 0,05$ ). Así mismo la relación calcio/fósforo fue inferior en heno con concentrado que en pasto con concentrado (0,92 vs. 1,06;  $P < 0,05$ ), mientras que el grupo de la mezcla completa no se diferenció del resto ( $P > 0,05$ ).

Tabla 1. Concentración sérica de minerales en terneros de engorde en producción ecológica  
 Table 1. Serum concentration of minerals in fattening calves raised under organic production rules

Iones (mmol/L)	Sexo (S)		Fase de engorde (F)			Dieta (D) <sup>1</sup>			Error estándar			Efectos <sup>2</sup>		
	♀	♂/♀	Primavera	Verano		(1)	(2)	(3)		S	F	D		
n	34	83	42	76		52	24	42						
Calcio (Ca)	4,1	4,3	3,7 <sup>b</sup>	4,8 <sup>a</sup>		4,2	4,3	4,1	0,2	NS	***	NS		
Fósforo (P)	5,2	4,6	4,6	5,1		5,2	4,8	4,6	0,3	NS	NS	NS		
Magnesio (Mg)	1,0	0,9	0,8 <sup>b</sup>	1,1 <sup>a</sup>		1,0 <sup>a</sup>	1,1 <sup>a</sup>	0,7 <sup>b</sup>	0,1	NS	**	***		
Ca/P	0,93 <sup>b</sup>	1,06 <sup>a</sup>	0,95	1,05		0,92 <sup>a</sup>	1,06 <sup>b</sup>	1,02 <sup>ab</sup>	0,04	*	NS	*		
Sodio (Na)	153,9 <sup>a</sup>	148,6 <sup>b</sup>	153,0	149,5		150,6	151,5	151,6	1,7	*	NS	NS		
Cloruro (Cl)	100,3	99,5	99,9	99,9		99,4	99,5	100,9	1,0	NS	NS	NS		
Potasio (K)	6,5 <sup>a</sup>	6,0 <sup>b</sup>	6,2	6,3		6,4	6,2	6,2	0,2	**	NS	NS		
Diferencia iónica <sup>3</sup>	60,1	55,1	59,3	55,9		57,6	58,2	56,9	1,8	NS	NS	NS		

Dentro de cada factor, distinta letra indica diferencias significativas ( $P < 0,05$ ).

<sup>1</sup> (1) Heno de alfalfa y concentrado energético, (2) Pasto de montaña y una mezcla de cereales (cebada y maíz 50:50) a razón de 2 a 3 kg/animal y día, (3) Mezcla completa.

<sup>2</sup> La raza (pura vs. cruce) no influyó sobre ningún parámetro ( $P > 0,05$ ).

<sup>3</sup> Diferencia iónica = Sodio (Na) – Cloruro (Cl) + Potasio (K).

## Discusión

El calcio, mineral más abundante en el organismo, se vio afectado únicamente por el efecto temporal de la época de engorde (primavera vs. verano), debido probablemente a que la determinación de calcio total en suero incluye la fracción unida a proteínas, que a su vez podrían reflejar la variación estacional de la calidad nutritiva de las materias primas utilizadas. Este mineral realiza el 98% de sus funciones como componente estructural de los huesos y la dentadura, aunque también está implicado en funciones fisiológicas como la coagulación sanguínea, la permeabilidad de membrana, la contracción muscular, la transmisión del impulso nervioso, la regulación cardíaca, la secreción de ciertas hormonas, y la activación y estabilización de ciertas enzimas (NRC, 2000).

En algunos estudios, se ha sugerido que el nivel de calcio sanguíneo no refleja la concentración de calcio en la dieta, debido a la baja absorción intestinal de la mayoría del calcio ingerido (NRC, 2000). Por tanto, los niveles sanguíneos de calcio deberían reflejar en este caso la resorción ósea de este mineral. En sistemas de producción ecológica de terneros de engorde procedentes de la época de partos de otoño, debería valorarse el aporte de calcio en un corrector mineral en los meses de primavera, para contrarrestar la menor calidad nutritiva de algunos forrajes (especialmente gramíneas) (Calsamiglia *et al.*, 2004) y cubrir así las necesidades de los terneros recién destetados.

El fósforo se evalúa normalmente en conjunto con el calcio, dado que ambos minerales actúan a la vez en la formación ósea. Además, la deficiencia de este mineral ha sido descrita como la de mayor prevalencia en animales en pastoreo en todo el mundo (McDowell, 1992). Aproximadamente el 80% del fósforo corporal se encuentra en los huesos y la dentadura, localizándose el res-

tante en los tejidos blandos. Este mineral actúa también en el crecimiento celular y su diferenciación como componente del ácido desoxirribonucleico (ADN) y el ácido ribonucleico (ARN), la utilización de la energía y su transferencia, la formación de fosfolípidos y el mantenimiento del balance ácido-base y la presión osmótica. Así mismo, el fósforo es requerido por los microorganismos ruminales para su crecimiento y metabolismo celular (NRC, 2000).

En este trabajo no se observaron diferencias en la concentración de fósforo atribuibles a la raza, el sexo, la estación o el sistema de alimentación. Sin embargo, la relación calcio/fósforo fue menos favorable en hembras que en machos y en los terneros alimentados con heno de alfalfa y concentrado que en el resto. Dado que el contenido de fósforo de los concentrados energéticos (cereales grano y oleaginosas) es en general mayor que en los forrajes (NRC, 2000), la menor relación calcio/fósforo en los terneros alimentados con heno de alfalfa y concentrado podría deberse al mayor consumo de concentrado en este grupo de animales, que duplicó la ingestión de forraje (Molina *et al.*, 2010). Los niveles de calcio y fósforo y su relación podrían considerarse adecuados en todos los casos, encontrándose dentro del rango descrito en la bibliografía (Payne y Payne, 1987; Palacio *et al.*, 1997a).

La concentración de magnesio sérico fue inferior en primavera que en verano e inferior en los terneros alimentados con la mezcla completa con subproducto de soja ecológica como materia prima principal. Este mineral está implicado en diversas rutas metabólicas al activar un gran número de enzimas, siendo esencial en el metabolismo energético, la transmisión del código genético, el transporte de membrana y la transmisión del impulso nervioso. La mayoría del magnesio corporal se encuentra en el tejido óseo (65-70%) y muscular (15%) (NRC, 2000).

La deficiencia de magnesio es frecuente en los pastos tempranos de primavera, que pueden dar lugar a la aparición de tetania pratense (García-Belenguer, 1992). El NRC (2000) sugiere que niveles de magnesio en sangre  $<1$  mmol/L indican deficiencia de este mineral en la dieta. Aunque se ha descrito una hipomagnesemia subclínica en terneros lactantes de aptitud cárnica en respuesta al pobre contenido de este mineral en la leche materna (Palacio *et al.*, 1997a), en el presente trabajo todos los terneros habían sido destetados con anterioridad (al menos 2 semanas antes de la primera muestra del estudio). Por tanto, la deficiencia de magnesio en los animales alimentados con la mezcla completa habría que atribuirla a un deficiente contenido en sus materias primas. En este sentido, el NRC (2000) recomienda como suplemento el uso de óxido de magnesio y sulfato de magnesio como fuentes de magnesio de elevada digestibilidad, ambas al amparo del Reglamento CE 889/2008 de producción ecológica.

Los electrolitos sanguíneos de los terneros se vieron menos afectados por la estación del año o la dieta que los macrominerales sanguíneos. El sodio es el mayor catión, mientras que el cloruro es el mayor anión en el líquido extracelular. Ambos minerales están implicados en el mantenimiento de la presión osmótica, el control del balance hídrico, y la regulación del balance ácido-base. El sodio también está implicado en las contracciones musculares, la transmisión del impulso nervioso, y el transporte de glucosa y aminoácidos. El cloruro es necesario para la formación del ácido clorhídrico del jugo gástrico y para la activación de la amilasa pancreática. Por su parte, el potasio es el tercer mineral más abundante en el organismo y el mayor catión en el líquido intracelular. Este mineral es importante en el balance ácido-base, la regulación de la presión osmótica, el balance hídrico, la contracción muscular, la

transmisión del impulso nervioso y de ciertas reacciones enzimáticas (NRC, 2000).

Aunque la mayoría de los pastos son deficientes en sodio y en condiciones de pastoreo el sodio sérico disminuye gradualmente (Payne y Payne, 1987; Palacio *et al.*, 1997b), en el presente trabajo no se ha observado deficiencia de este elemento, posiblemente porque todos los terneros tuvieron otras fuentes de sodio a través de la fracción de concentrado energético de la dieta.

En terneros de engorde en producción ecológica, la fase de engorde (estación del año) afectó a la concentración de calcio y magnesio sanguíneo, mientras que el sistema de alimentación únicamente ejerció un efecto significativo sobre la concentración sérica de magnesio. Estas diferencias sugieren que dichos factores de variación deberían ser considerados para la detección de deficiencias nutricionales. Por el contrario, los electrolitos sanguíneos apenas se vieron afectados por dichos factores.

### Agradecimientos

Este trabajo fue financiado por los proyectos UdL-PUL2008A e INIA RTA2010-00057-C03-02. J. Álvarez-Rodríguez disfrutaba en el momento de realización del estudio de una beca predoctoral INIA-DGA.

### Bibliografía

- Allen MS, 1996. Physical constraints on voluntary intake of forages by ruminants. *J Anim Sci* 74: 3063-3075.
- Calsamiglia S, Ferret A, Bach A, 2004. Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de Forrajes. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA), Madrid, España.

- Ferret A, Calsamiglia S, Bach A, Devant M, Fernández C, García-Rebollar P, 2008. Necesidades nutricionales para rumiantes de cebo. Federación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA), Madrid, España.
- García-Belenguer S, 1992. Valoración del metabolismo mineral y de los principios inmediatos. En: J Gómez, (Eds) Manual práctico de análisis clínicos en Veterinaria. Mira Editores, Zaragoza, España, 291-314.
- McDowell LR, 1992. Minerals in animal and human nutrition. Academic Press Inc, San Diego, Estados Unidos.
- Molina E, Cubiló D, Tor M, Villalba D, 2010. Seguiment productiu i de qualitat d' una explotació de boví de carn ecològic del Pallars Sobirà, Pla Anual de Transferència Tecnològica (PATT) del Departament d'Agricultura, Alimentació i Acció Rural (DAR) de Catalunya. Informe final. Universidad de Lleida.
- NRC, 2000. National Research Council Nutrient Requirements of Beef Cattle (7th Edition). National Academy Press, Washington, DC, Estados Unidos de América.
- Palacio J, García-Belenguer S, Ramos JJ, Aceña MC, Gascón M, Revilla R, 1997a. Influencia del ejercicio sobre el perfil mineral sanguíneo (Ca, P y Mg) del ganado vacuno criado en régimen semiextensivo. ITEA Vol Extra 18 (II): 585-587.
- Palacio J, García-Belenguer S, Ramos JJ, Aceña MC, Gascón M, Revilla R, 1997b. Influencia del ejercicio sobre las concentraciones sanguíneas de Na y K en el ganado vacuno criado en régimen semiextensivo. ITEA Vol Extra 18 (II): 582-584.
- Payne JM, Payne S, 1987. The metabolic profile test. Oxford University Press, London, Reino Unido.
- Reglamento (CE) 889/2008 de la Comisión de 5 de septiembre de 2008, por el que se establecen disposiciones de aplicación del Reglamento (CE) 834/2007 del Consejo sobre producción y etiquetado de los productos ecológicos, con respecto a la producción ecológica, su etiquetado y su control (DOCE L 250 de 18/09/2008).
- Ross JG, Spears JW, Garlich JD, 1994. Dietary electrolyte balance effects on performance and metabolic characteristics in growing steers. J Anim Sci 72: 1842-1848.
- SAS, 2002. SAS/STAT User's Guide, Version 9.1. SAS Institute Inc., Cary, NC, Estados Unidos de América.
- Underwood EJ, Suttle NF, 1999. The mineral nutrition of livestock. 3rd Ed. CABI Publishing, Wallingford, Reino Unido.

(Aceptado para publicación el 31 de mayo de 2011)