

# MICROMINERALES EN LA NUTRICIÓN DEL RUMIANTE: ASPECTOS TÉCNICOS Y CONSIDERACIONES LEGALES

Alex Bach y María Devant\*. 2004. XX Curso de Especialización FEDNA, Barcelona, España.

\*IRTA-Unidad de Rumiantes.

[www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar)

Volver a: [Suplementación mineral](#)

## 1.- INTRODUCCIÓN

Las raciones de los rumiantes, en principio, están balanceadas para aportar las cantidades necesarias de proteína, energía, vitaminas, macro y microminerales para sostener un determinado nivel productivo. Los macrominerales son aquellos minerales que el animal necesita en grandes cantidades (g/d), mientras que los microminerales incluyen aquellos minerales que se necesitan en pequeñas cantidades (mg/d). Esta clasificación de los minerales no tiene ninguna consecuencia práctica, con la excepción de que, por algún motivo, los microminerales son considerados como aditivos bajo la legislación de la Unión Europea (UE). Paradójicamente, otros aditivos comúnmente usados en la alimentación de los rumiantes, como sustancias tampón y alcalinizantes (óxido de magnesio, bicarbonato...) son considerados como materias primas y no como aditivos por la legislación Europea. La circulación y utilización de materias primas está regulada por el RD 56/2000, que incorpora a nuestra legislación la Directiva 2000/16/CE y deroga el RD 1489/1998. Con esta directiva, la UE ha decidido no confeccionar una lista positiva de materias primas para la elaboración de piensos compuestos, y sólo publica una lista negativa (Decisión 2004/217/CE). Sin embargo, el uso de los microminerales para la alimentación animal está regulado por el reglamento 1831/2003 en vigor desde el 7 de noviembre de 2003 que deroga la directiva 70/524 y publica una lista positiva (C50/1 publicada el 25.2.2004).

Dicha lista estaba actualizada hasta el 15 de julio de 2003, y ha sido modificada repetidamente. Estas modificaciones se encuentran en el reglamento 1334/2003 y sus posteriores modificaciones (L 317/22 del 2.12.2003; L 14/54 del 21.1.04) y entraron en aplicación el 26 de febrero de 2004.

Por otro lado, existen algunos microminerales que pueden ser tóxicos para los animales y por ello la legislación (RD 465/2003 que incorpora la Directiva 2002/32 CE) que regula las sustancias indeseables en la alimentación animal indica las concentraciones máximas de arsénico, plomo, flúor, mercurio, y cadmio en materias primas, piensos completos, complementarios, y piensos minerales.

El presente artículo revisará las implicaciones técnicas y legales de los microminerales en la nutrición de rumiantes.

## 2.- MICROMINERALES COMO ADITIVOS: ASPECTOS LEGALES

La UE justifica la inclusión de los microminerales dentro del reglamento de aditivos basándose en tres argumentos: 1) proteger la salud del consumidor final, 2) proteger la salud de los animales, y 3) proteger el medio ambiente. El uso, en ocasiones, indiscriminado de minerales en la nutrición animal, junto con la intensificación y el aumento del tamaño de las explotaciones, ha propiciado que la UE regule el uso de los microminerales con el objetivo de controlar su impacto sobre el medio ambiente. La mayoría de los microminerales son metales de transición, con la excepción del I y el Se. En general, todos los metales tienen un poder contaminante potencial si se acumulan en grandes cantidades en el agua y en las capas superiores del suelo. Normalmente, las plantas toleran bien altos niveles de metales, pero éstos pueden acumularse en los vegetales y luego causar toxicidad a los animales y humanos tras su ingestión. Los microminerales con un impacto potencial más importante sobre el medio ambiente son el Cu y el Zn. Sin embargo, las heces de vacuno suelen ser relativamente bajas en Zn y Cu (cuadro 1), siendo un problema más importante los purines de cerdo.

Cuadro 1.- Contenido micromineral de las heces de vacuno lechero.

(Adaptado del Biological and Agricultural Engineering Department de la Universidad de Carolina del Norte)

Tipo de heces	Se	Fe	Mn	Zn	Cu
Vacuno lechero <sup>1</sup>					
Cama caliente, ppm	850	450	50	50	10
Líquidas, ppm	375	215	25	25	6

Resulta irónico que algunos macrominerales como el fósforo, con un fuerte impacto medioambiental, no estén regulados en la UE. El P es un mineral que tradicionalmente ha sido suplementado por encima de las necesidades reales del vacuno lechero con la intención de mejorar su reproducción. Sin embargo, en la actualidad se dispone de suficientes estudios que demuestran que suplementaciones de P por encima de las necesidades no tienen ninguna repercusión positiva sobre la reproducción (NRC, 2001).

Aumentos de la concentración de P en el agua inducen una estimulación del crecimiento de algas en la superficie, lo que reduce la penetración de la luz hacia zonas más profundas dificultando y evitando la vida de muchos otros organismos. En EE.UU. ya existe una legislación que regula la excreción de P al medio ambiente por parte de las explotaciones de vacuno en varios estados. Sin embargo, la UE no limita el uso del P en la nutrición animal. Además, si uno de los objetivos de esta legislación es proteger el medio ambiente y la salud del consumidor, la concentración de microminerales del agua para el consumo animal también debería estar contemplada, y sin embargo no lo está.

Dejando aparte las justificaciones ofrecidas por la UE, la inclusión de los microminerales en la legislación de aditivos presenta tres consecuencias claras:

1) Existencia de una lista positiva (excluyente) de posibles fuentes para cada micromineral a utilizar. Todo aditivo comercializado en la UE debe disponer de autorización y, para obtenerla deberá solicitarla a la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (AESA) y a la propia Comisión. El tipo y extensión de la información requerida variará en función de la categoría.

2) Se obliga a los productores y comerciantes de todos los productos que contengan microminerales a cumplir con unas condiciones legales muy estrictas. El nombre específico del aditivo usado en cada producto deberá aparecer en la etiqueta junto con su contenido neto. Este tipo de regulaciones, sin embargo, ponen en evidencia la poca conciencia de la UE para asegurar el cumplimiento de la ley, pues resulta prácticamente imposible, cuantificar la cantidad neta de una fuente micromineral una vez realizada la mezcla. Establecer este tipo de regulaciones, imposibles de constatar, induce a una pérdida de confianza en el sistema legal y una disminución del respeto por las leyes en general.

3) Se limita la concentración máxima de cada micromineral en el pienso completo. El pienso completo representa el conjunto de ingredientes que satisfacen las necesidades de los animales, y por tanto deberían tenerse en cuenta (con la ley en mano) los aportes a través de los forrajes. El contenido micromineral de las principales materias primas usadas en rumiantes presenta un coeficiente de variación por encima del 80% (cuadro 2).

Cuadro 2.- Coeficiente de variación ( $[\text{desviación estándar}/\text{media}] \times 100$ ) del contenido de microminerales de algunas materias primas comúnmente usadas en nutrición de rumiantes (adaptado de Berger, 1995).

Materia prima	Micromineral			
	Fe	Zn	Cu	Mn
Ensilado de maíz	307	155	89	119
Heno de alfalfa	93	131	144	61
Maíz	29	22	44	23
Harina de soja	85	203	40	66
Semilla de algodón	31	15	22	15

Por lo tanto, el riesgo de sobrepasar los límites legales cuando no se analicen las materias primas por su contenido en microminerales es elevado. Aparte de las materias primas comunes como la pulpa de remolacha (rica en Fe y Cu), hay que resaltar que muchas de las fuentes de macrominerales son ricas en microminerales. Por ejemplo, el contenido de Fe en fosfatos y el bicarbonato potásico es muy elevado (NRC, 1996). El hecho que la Directiva de aditivos sólo haga referencia a los piensos completos, y no a los piensos

complementarios, implica que el control del contenido de microminerales se debería realizar a nivel de granja con la complicada logística y coste que ello conlleva, lo cual supone, de nuevo, una imposibilidad práctica de poder controlar el cumplimiento de la legislación. Esta legislación, además, traspasa la responsabilidad al productor final, que es quien producirá el “pienso completo” ante la ley.

### 3.- MICROMINERALES COMO ADITIVOS: ASPECTOS TÉCNICOS

#### 3.1.- BIODISPONIBILIDAD Y ABSORCIÓN

Esta legislación conlleva varias problemáticas y algunas incongruencias. Por ejemplo, los microminerales se aportan a la ración y a los piensos principalmente en forma de suplementos minerales, pero la mayoría de las materias primas también los aportan. Por lo tanto, al establecer límites máximos de inclusión de microminerales

en los piensos y/o raciones se obliga a monitorizar, no sólo las fuentes consideradas como aditivos, sino indirectamente también a las materias primas.

Además, la legislación fija máximos de inclusión de microminerales en base a los aportes totales (crudos) de cada micromineral, sin tener, por tanto, en consideración las biodisponibilidades de las distintas fuentes microminerales. Desde el punto de vista nutricional, tan importante es conocer las necesidades del animal, como los aportes y la disponibilidad de los microminerales. Existen dos medidas de la disponibilidad de los microminerales: el coeficiente de absorción y la biodisponibilidad. La biodisponibilidad, a diferencia del coeficiente de absorción, tiene en cuenta los cambios en la concentración de los microminerales en sangre o en el hígado, así como los resultados productivos de cada micromineral que se evalúe. Los resultados se expresan en relación a un mineral de referencia al que se le asigna un valor de 100%. Por otro lado, el coeficiente de absorción o digestión se determina mediante la diferencia entre las concentraciones de los aportes y de las heces. Esta metodología no es la óptima para los microminerales pues tanto los niveles de inclusión como su absorción son muy bajos, y además existe una excreción endógena relativamente alta (EFEMA, 2002).

En la actualidad, el NRC (2001) es el único sistema nutricional de rumiantes que tiene en cuenta la disponibilidad de los microminerales, aunque escoge el coeficiente de absorción como criterio. El cuadro 3 muestra valores de biodisponibilidad y absorción de distintas fuentes de microminerales. En general, la absorción de los microminerales es muy baja, con la excepción del Fe, el I, y el Se. De todas formas, la absorción de Se en rumiantes es muy inferior a la de los monogástricos. La baja absorción del selenio en rumiantes, en comparación con los monogástricos se cree que es debida a la reducción del selenio dietario a formas insolubles como son el Se elemental o selénidos en el rumen. La mayoría de estudios indican que las disponibilidades del selenito y el selenato sódico son similares. Las formas orgánicas, como las levaduras con selenio, son más disponibles. Las levaduras representan una fuente de Se más biodisponible que las formas inorgánicas, pero no están reconocidas como fuente de Se permitida en la lista positiva del reglamento Europeo.

Además, de las distintas biodisponibilidades de las fuentes de microminerales, también se deberían tener en cuenta las asociaciones de los minerales con fracciones fibrosas que alteran la disponibilidad de los minerales, incluso cuando se encuentran en las condiciones ácidas del abomaso (Spears, 2003). Asimismo, la interacción entre los propios microminerales puede disminuir notablemente su absorción (Underwood y Suttle, 2003).

Estas interacciones pueden afectar a cualquier fase de la asimilación y metabolismo de los microminerales (absorción, transporte, utilización celular, reservorio, excreción, etc...). Los mecanismos por los que estas interacciones actúan son la formación de complejos iónicos no absorbibles en el intestino, la competición de iones similares por las mismas vías metabólicas, y la inducción de proteínas unidas a metales inespecíficos. Por ejemplo, el metaloenzima superóxido dismutasa, puede contener Cu, Zn, o Mn y seguir manteniendo su funcionalidad. Asimismo, el Cu, Zn, y Cd pueden unirse a una misma proteína para formar metalotioneína. La metalotioneína es un metalenzima compuesto por Cu en jóvenes, Zn en adultos, y Cd en animales de edad avanzada. El desplazamiento del Zn por el Cd se cree que tiene repercusiones sobre la expresión de genes a nivel celular.

Otro ejemplo, es el efecto que ejercen el Mo y el S sobre la absorción y el metabolismo del Cu. El Mo y sulfitos interaccionan y forman tiomolibdatos en el rumen. El Cu reacciona con el tiomolibdato en el rumen y forman complejos insolubles que difícilmente se absorben. Además, el poco tiomolibdato que se absorbe liga al Cu y deja de ser disponible para ejercer las diferentes funciones (Spears, 2003). De hecho, la legislación contempla que cuando el contenido de Cu del pienso sea inferior a 20 ppm el etiquetado debe indicar que cuando los bovinos consuman pastos ricos en Mo y S pueden padecer deficiencias de Cu.

Cuadro 3.- Coeficientes de absorción o disponibilidad según diferentes fuentes de microminerales

	FEDNA (2003), % biodisponibilidad	NRC (2001), % Coef. de absorción	EFEMA (20
E1 Fe	Sulfato ferroso, heptahidratado: 100% Carbonato ferroso: 15-95% Óxido férrico: 10%	Sulfato ferroso, heptahidratado: 60%	
E2 I	-	Ioduro potásico: 90%	Ioduro potásico: 100% Iodato cálcico: 106% Ioduro cálcico: 110%
E3 Co	Sulfatos y carbonatos alta disponibilidad. Óxido de Co el más elevado, pero su uso está prohibido.	-	Sulfato cobaltoso, heptahidratado: 100% Carbonato cálcico coloidal: 100%
E4 Cu	Sulfato cúprico pentahidratado es la referencia. Los carbonatos tienen valores medios y el óxido cúprico bajos.	Cloruro cúprico, deshidratado: 5% Óxido cúprico: 1% Sulfato cúprico, pentahidratado: 5%	Sulfato cúprico, pentahidratado: 100% Cloruro cúprico, deshidratado: 100% Acetato cúprico, monohidratado: 100% Carbonato básico cúprico: 100%
E5 Mn	Buena disponibilidad.	Carbonato de manganoso: 0.15% Cloruro manganoso: 1.2% Óxido manganoso: 0.25%	Carbonato manganoso: 100% Óxido manganoso: 80% Óxido mangánico: 67% Sulfato manganoso, heptahidratado: 100% Teróxido de manganeso: 100%
E6 Zn	La fuente de referencia es el sulfato de zinc heptahidratado.	Carbonato de zinc: 10% Cloruro de zinc, monohidratado: 20% Óxido de zinc: 12% Sulfato de zinc, monohidratado: 20%	Sulfato de zinc, heptahidratado: 100% Carbonato de zinc: 100% Cloruro de zinc, monohidratado: 100% Óxido de zinc: 98% Complejo Zn-aminoácido: 100% Proteinato de zinc: 100% Quelado de zinc: 97%
E7 Mo	-	-	-
E8 Se	El Se de las levaduras y del trigo y sus subproductos es muy disponible.	Entre un 30-60%	Selenito sódico: 100% Selenato sódico: 107% Levaduras: 109%

Además, cantidades elevadas de Fe (250 a 1200 ppm de carbonato ferroso) también disminuyen la absorción del Cu. Sin embargo, en terneros lactantes (Bremner et al., 1987) se ha observado que el Fe no ejerce un efecto antagonista sobre el Cu, posiblemente debido a que sea necesario la presencia de un rumen funcional para que el Fe interactúe con el Cu. Complicando aún más la situación, cuando el Fe y el Mo se añaden a una ración pobre en Cu no se produce un antagonismo adicional porque el Fe y el Mo compiten para unirse a los sulfatos.

Otra interacción a destacar, es la acción negativa que ejercen concentraciones elevadas de P y Ca sobre la absorción de Mn (Spears, 2003).

Además de las posibles interacciones entre los distintos componentes de la ración, la disponibilidad de los microminerales también puede verse afectada por agentes externos como puede ser el nivel de estrés del animal. Las situaciones de estrés disminuyen la disponibilidad de microminerales consecuencia de un descenso en la ingestión y un aumento de la excreción urinaria de microminerales.

Un aspecto conflictivo y relacionado con la disponibilidad radica en los microminerales quelados y la legislación referente a ellos. Los quelados ofrecen la ventaja teórica respecto las formas inorgánicas, que son absorbidos con mayor facilidad e independientemente de los cambios de pH y potencial redox del tracto digestivo. Las formas minerales inorgánicas, en especial los sulfatos (i.e. sulfato de cobre) en medios de pH bajo tienden a interactuar con otras moléculas resultantes de la digestión. Durante este proceso se pueden formar quelados pero también pueden formarse complejos indigestibles. La absorción de los microminerales depende de su solubilidad. Los quelados se mantienen solubles en todo el tracto digestivo, y se absorben como tal. Por lo tanto, una ventaja del uso de minerales quelados es que disminuyen el riesgo de interacciones negativas con otros minerales.

En el marco de la UE y dentro de los complejos minerales, la mezcla de un metal con un substrato orgánico como un polisacárido o una proteína, sólo los minerales quelados están permitidos. Un mineral quelado es el resultado de la unión entre un ión metal (mineral) y una proteína o aminoácido. El quelado se obtiene cuando el ligante orgánico se une al metal en más de un punto, de manera que se forma un anillo, del cual el metal forma parte. Los aminoácidos son moléculas idóneas para formar quelados pues disponen de dos grupos funcionales, el amino y el hidroxilo para formar el anillo con el metal. Dentro de los quelados, los hay frente un aminoácido específico (i.e., metionato de zinc), frente una proteína (proteinato de zinc), o frente a un grupo de aminoácidos. Las formas más deseables son las más ricas en mineral. La UE, sin embargo, sólo permite el uso de quelados de grupos de aminoácidos con pesos moleculares inferiores a 1500 Daltons. Por lo tanto, formas tan comúnmente usadas y conocidas como el metionato de zinc (unión de Zn con 1 o 2 metioninas) no están permitidas en la UE.

Paradójicamente, sí que está permitido el uso del metionato de cobre (un cobre por cada 2 metioninas). Los motivos que justifican la prohibición del metionato de Zn y en cambio permitir el metionato de Cu son desconocidos por los autores.

Curiosamente, la UE no hace distinciones entre el máximo de un determinado mineral que puede incluirse en un pienso completo y la fuente del mismo, obviando por tanto las diferencias en absorción y disponibilidad de las distintas fuentes. La UE sólo, establecía diferentes máximos en el caso de los quelados (con la excepción del metionato de cobre que no establecía límites especiales), pero estos límites han sido eliminados las modificaciones posteriores, y por lo tanto, el máximo de inclusión en los piensos no disminuye con las formas queladas en la legislación.

Si uno de los objetivos principales de la legislación era disminuir el impacto ambiental, tal vez, una legislación más coherente hubiese estado la prohibición de fuentes de microminerales con baja digestibilidad.

### 3.2.- NECESIDADES Y MÁXIMOS LEGALES

Las necesidades de microminerales de los rumiantes no se conocen con certeza, entre otros motivos, porque existen numerosas interacciones entre los distintos microminerales que alteran la eficiencia de su absorción y utilización. Los microminerales desempeñan diversas funciones en el metabolismo animal, y muchas de ellas repercuten directamente sobre la producción. Por ejemplo, el Cu, Zn, y Mn participan activamente en el sistema inmunitario. Aportes deficitarios de estos microminerales no sólo aumentan el riesgo a padecer procesos patológicos, sino que también pueden disminuir la producción.

Las necesidades de microminerales para bovino, ovino y caprino según distintos sistemas de alimentación aparecen en el cuadro 4.

Cuadro 4.- Máximos legales y necesidades de microminerales (ppm) según diferentes

Micromineral	Máximo legal	NRC			Gen
		Vacuno lechero (2001)	Vacuno de carne (1996)	Ovino (1985) y Caprino (1981)	
E1 Fe	Ovino: 500 Bovino: 750	Terneros lactantes: 150 >12 sem.: 118 Vacas: 24	Terneros: 40-50	30	Terneros prerumiante Vacas: 40 Ovejas: 30
E2 I	10	Vacas Secas: 0,33 Lactación: 0,45	Terneros: 0,5	Corderos: 0.18-0.27 Adultos: 0.1-0.8	
E3 Co	2	0,11	0,10	0,10	0,10
E4 Cu	Ovino: 15 Bovino prerumiante: 15 rumiante: 35	Vaca: producción: 16 final gestación: 14 Terneras reposición No gestante: 12 Final gestación: 15	10 En dietas ricas en concentrado se puede disminuir, pues el Cu es más disponible que en dietas forrajeras.	Si Mo es < 1 crecimiento: 8 - 10 gestación: 9 - 11 lactación: 7 - 8 Si Mo es > 3: crecimiento: 17 - 21 gestación: 19 - 23 lactación: 14 - 17	Corderos: Ovejas manteni gestación lactación Ternero prerumiante adulto: 1
E5 Mn	150	Reposición: 22 - 25 Vacas: 17	Terneros: 20 Vacas nodrizas: 40	Cabras: 6 Ovejas: 20	Crecimier Adultos: 2
E6 Zn	150	Terneras: 30 Vacas lactantes: 63 Vacas secas: 23	30	Cabras: 10 Ovino crecimiento: 22 adulto: 33	Terneras: Vacas lact Vacas see Cu, Fe, antagonis
E7 Mo	2,5	-	-	-	
E8 Se	0,5	0,3	0,1	0,12	0,03-0,05 pueden sa

Es difícil contrastar los máximos legales establecidos en la UE y las necesidades mínimas de microminerales, pues ambos se expresan en ppm y no se indica la disponibilidad con la cual se han estimado las necesidades. Si se ignora la disponibilidad de las diferentes fuentes, parece ser que los máximos legales establecidos por la UE permiten cubrir las necesidades de los rumiantes.

Sin embargo, en ocasiones, podrían ocurrir deficiencias si existieran interacciones entre minerales o entre minerales y componentes orgánicos.

### 3.3.- EXCESO DE MICROMINERALES

Aportes excesivos de microminerales no sólo pueden resultar en infracciones legales sino también inducir cuadros de toxicidad en los animales e incluso, en ocasiones, en el consumidor final. Los máximos de inclusión de

microminerales en la UE, por lo general, están lejos de las concentraciones que pueden inducir toxicidad (cuadro 5), con la excepción del hierro, el cobre, y el yodo.

Cuadro 5.- Concentraciones máximas legales y tóxicas de microminerales con riesgo de inducir toxicidad en rumiantes.

	Máximo límite legal	Concentraciones tóxicas
<b>E1 Fe</b>	750 ppm	500-1000 ppm
<b>E2 I</b>	10 ppm	8-50 ppm
<b>E3 Co</b>	2 ppm	30 ppm
<b>E4 Cu</b>	Ovinos: 15 ppm Bovinos: 35 ppm prerumiantes: 15 ppm Otras especies: 25 ppm	Bovinos: 40-100 ppm Terberos: 30 ppm Ovino: 8 ppm ya puede ser tóxico Corderos son más sensibles: 38-40 mg/d durante 16-20 semanas pueden ser tóxicas.
<b>E5 Mn</b>	150 ppm	Bovinos: 500-1000 ppm
<b>E6 Zn</b>	150 ppm	Bovinos: 300-1000 ppm Terberos: 250 ppm
<b>E7 Mo</b>	2,5 ppm	Bovinos: 3-10 ppm
<b>E8 Se</b>	0,5 ppm	Bovinos Crónica: 3-40 ppm Aguda: 20 mg/kg peso vivo

La intoxicación más frecuente de estos tres microminerales, tal vez, sea por Cu en sistemas intensivos de ovino. Niveles de 8 ppm de Cu ya pueden causar toxicidad en corderos. Los animales que pastan raramente se ven afectados a excepción que se hayan aplicado purines de cerdo (ricos en Cu). Además, en ovejas que han acumulado Cu en el hígado, cuando movilizan reservas justo después del parto puede aparecer toxicidad si los niveles de Cu de la ración son demasiado elevados, puesto que el hígado libera grandes cantidades de Cu. En el caso del Fe, el consumo por encima de las necesidades, no sólo puede resultar tóxico, sino que también interfiere en la absorción de otros minerales como el Cu y el Zn conduciendo a deficiencias indirectas de estos minerales.

Por otro lado, la concentración en el pienso completo de Se en la UE está limitada a 0.5 ppm. Los niveles máximos de Se establecidos por la UE están lejos de la toxicidad en los animales, que está alrededor de los 3-5 ppm en suplementaciones crónicas (ARC, 1980; NRC, 2001). Sin embargo, con niveles de Se en la ración del animal superiores a 0.5 ppm la acumulación de Se en forma de sales en la canal puede resultar muy tóxica para el consumidor final. En EE.UU. la legislación prohíbe aportes de Se superiores a las 0.3 ppm por este motivo.

Al igual que en el caso de las necesidades tanto los límites de toxicidad como los límites máximos legales se expresan en ppm sin tener en cuenta ni la disponibilidad de la fuente usada, ni los aportes microminerales de los forrajes. En algunos casos, el uso de forrajes muy ricos en microminerales podría sobrepasar los límites legales e inducir toxicidad, especialmente con el Se.

Además de las posibles consecuencias de toxicidad, un exceso de microminerales también puede afectar a la disponibilidad de otros microminerales, como es el caso del Fe, y el Mo comentados anteriormente.

### 3.4.- MICROMINERALES TÓXICOS

Además de los microminerales esenciales para el correcto funcionamiento del organismo, existen microminerales que pueden resultar tóxicos incluso a dosis bajas. Las concentraciones de estos microminerales tóxicos están reguladas por el decreto RD 465/2003 del 29 de abril de 2003 (transcripción de la Directiva 2002/32/EC del 7 de mayo de 2002) como sustancias indeseables en la alimentación animal. Esta legislación limita las concentraciones máximas de microminerales tóxicos y obliga a conocer su concentración en todas las materias primas y aditivos (cuadro 6).

Cuadro 6.- Límites máximos recomendados (ppm) y máximos legales (ppm) de microminerales tóxicos

	Límites máximos recomendados	Máximos legales
Arsénico	Arsénico inorgánico: 50 Arsénico orgánico: 100	2
Vanadio	Vacuno: 50 Corderos: 7	-
Cadmio	0.5	1
Flúor	40	Lactantes: 30 No lactantes: 50
Plomo	30 (200 ppm son letales)	5
Mercurio	2	0,1
Aluminio	1000	-
Bromo	200	-
Estroncio	2000	-
Cromo	1000	-
Níquel	50	-

Los límites legales de sustancias indeseables son inferiores a las dosis tóxicas descritas en la bibliografía (NRC, 2001), con la excepción del Cd y el F. El límite máximo legal de Cd en los piensos completos es 1 ppm, el doble del valor que el NRC (2001) da como valor límite (0,5 ppm) para evitar que aumente el Cd consumido por los humanos.

En el caso del flúor, el NRC (2001) propone como dosis tóxicas 40 ppm y el límite máximo legal es de 50 ppm en piensos completos para animales adultos. En la legislación referente a las sustancias no deseables en la alimentación animal se obvian algunos microminerales que también son tóxicos para los rumiantes como son el vanadio, el bromo, el estroncio, el cromo, y el níquel.

Como muchas otras sustancias tóxicas, y en el caso de los microminerales, también ocurre, existe el fenómeno de la **hormesis**. Hormesis es una palabra de origen griego: *hormo* que significa excitar. La hormesis describe el fenómeno beneficioso que ejerce toda sustancia tóxica cuando se presenta al organismo a dosis muy bajas (Hadley, 2003). Es decir, dosis muy bajas de As, Cd, F pueden estimular el sistema inmune del animal, mejorar sus defensas, y su estado de salud. Por lo tanto, el hecho de que algunos microminerales sean considerados tóxicos, no significa que deban excluirse por completo de la alimentación animal.

### 3.5.- EL AGUA

Una de las principales deficiencias de la actual legislación europea es ignorar los aportes microminerales a través del agua. Aunque la composición del agua es muy variable, raro es el agua que no contenga todos los microminerales que son esenciales para la nutrición animal. Además, la disponibilidad de algunos minerales, como el Fe, es mayor en el agua que en los alimentos. Aparte de no existir una legislación referente a la calidad del agua para los animales, se dispone de pocos datos bibliográficos acerca del contenido en microminerales óptimos deseables del agua para los animales de abasto. Ante la falta de una legislación específica para el agua de bebida para animales se suelen tomar valores de potabilidad de humana como referencia. El cuadro 7 muestra los valores máximos aceptables de la guía sobre calidad del agua publicada por la Organización Mundial de la Salud.

Cuadro 7.- Niveles máximos tolerables de minerales en el agua de bebida para el consumo humano (OMS)

	Concentración máxima, mg/l
Aluminio	0,2
Cloro	250
Cobre	1
Hierro	0,3
Manganeso	0,1
Zinc	3

La Directiva 98/93/CE regula la calidad del agua de bebida para humanos y limita las concentraciones de As, Br, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni, Se y sugiere el Al, Cl, Fe, Mo junto con parámetros físicos y bacteriológicos como indicadores principales de calidad.

#### 4.- MICROMINERALES EN RUMIANTES VS. EN HUMANOS

En el DOCE del 16 de marzo de 2001 (Directiva 01/466/CEE, DO L 77) se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimentarios con el objetivo de proteger la salud pública. En esta directiva se encuentran los límites máximos de nitratos, aflatoxinas, plomo, cadmio, metilmercurio, y 3-monocloropropano-1,2-diol de los alimentos destinados a la alimentación humana. La absorción del plomo puede constituir un grave riesgo para la salud pública dado que puede provocar un retraso en el desarrollo mental e intelectual de los niños (Bellinger, 2004) y causar hipertensión y enfermedades cardiovasculares en adultos. La absorción de Cd constituye igualmente un riesgo para el ser humano dado que puede provocar afecciones renales, óseas, y fallos del aparato reproductor. Parece ser que el Cd también puede participar en la aparición de diferentes tumores (Waalke, 2003).

Además de estos microminerales considerados tóxicos en la legislación humana, existen otros microminerales que también son tóxicos y están legislados en la alimentación animal, pero no lo están en la legislación humana. Entre ellos destacan el arsénico y el flúor. El arsénico puede causar gastroenteritis, alteraciones neurológicas, vasculares, diabetes y cáncer. Sin embargo, el arsénico de los alimentos suele encontrarse en forma orgánica y por tanto son menos tóxicos (Abernathy et al., 2003). En principio las fuentes más comunes de minerales tóxicos en alimentación humana suelen ser los vegetales y el pescado. Por ejemplo, se estima que un humano medio consume entre 5-100 µg/d de cromo mayoritariamente a través del pescado, entre 0.2 y 0.9 mg/d de arsénico a través de marisco, o entre 1 y 4 mg/d de vanadio a través de vegetales. La contribución de minerales tóxicos del vacuno a la dieta humana ha sido estudiada por Alonso et al. (2002). El cuadro 8 ilustra el contenido de algunos microminerales en derivados de vacuno en España.

Cuadro 8.- Concentración (µg/kg en fresco) media de metales pesados en distintos tejidos del vacuno de carne (Alonso et al., 2002).

	Cadmio	Plomo	Arsénico	Cobre	Zinc
Carne ternera	1,29	8,74	4,27	0,68	47,8
Carne vaca	1,38	17,0	5,11	1,7	52,7
Higado	31,8	52,6	42,8	64,6	47,7

Los niveles de Pb, Cd y As son muy bajos en la carne de vacuno. Igualmente, los niveles de Cd en leche son bajos. Es interesante destacar que los niveles de Cd en fórmulas de leche maternizada para humanos elaboradas a partir de leche de vaca es de 0.26 ng/g, un valor 8-15 veces inferior al que presentan las fórmulas elaboradas a base de soja (Dabeka y McKenzie, 1987).

#### 5.- CONCLUSIONES

La inclusión de los microminerales en el reglamento Europeo de aditivos implica que 1) sólo se pueden usar las fuentes descritas en la lista positiva de la legislación, 2) los aportes deben respetar el máximo legal, y que por tanto el contenido de microminerales de todas las materias primas que componen el pienso completo, y 3) el etiquetaje de los productos debe mencionar la fuente mineral usada. Los límites máximos de inclusión de los microminerales, en teoría, no deberían suponer ningún problema para conseguir suplir los requerimientos animales. Sin embargo, las interacciones entre microminerales, las interacciones entre minerales y fracciones orgánicas de la ración, podrían resultar en deficiencias microminerales en algunas situaciones. Asimismo, los límites máximos, están por debajo de las concentraciones tóxicas con la excepción del cobre, hierro, yodo, cadmio y el flúor. Existe un vacío legislativo alrededor de los microminerales aportados por el agua, y un problema de implementación y control legislativo de los aportes minerales de los forrajes que forman parte de la ración diaria del rumiante.

La legislación para humanos es más laxa que la legislación animal, puesto que regula un menor número de microminerales tóxicos y no exige condiciones de etiquetaje.

#### 6.- REFERENCIAS

- ABERNATHY, C. O., THOMAS, D. J. y CALDERON, R. L. (2003) *Journal of Nutrition* 133: 1536S-1538S.
- ALONSO, M. L., BENEDITO J. L., MIRANDA M., CASTILLO C., HERNÁNDEZ J. y SHORE R. F. (2002) *Food Additives and Contaminants* 6: 533-541.
- ARC (1980) *The nutrient requirement of ruminant livestock*. Commonwealth Agricultural Bureaux, London.
- BELLINGER, D. C. (2004) *Lead. Pediatrics*. 113 (4 Suppl): 1016-1022.
- BERGER, L. L. (1995). *Animal. Feed Science Technology*. 53: 99-107.
- BREMNER, I., W. R. HUMPHRIES, M. PHILLIPO, M. J. WALKER y MORRICE, P. C. (1987) *Animal Production* 45: 403-414.
- DABEKA, R.W y A. D. MCKENZIE A.D. (1987) *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* 70: 754-757.
- EFEMA. 2002. Bioavailability of major and trace minerals. [www.efema.org](http://www.efema.org).

- FEDNA 2003. *Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos* (2ª edición).
- FRØSLIE, A., HAVRE G. N., y NORHEIM G. (1985) En: *Trace Elements in Man and Animals*. Mills C.F., Bremmer I., Chesters J. K. (eds). Commonwealth Agricultural Bureaux, Slough, UK.
- HADLEY, C (2003) What doesn't kill you makes you stronger. *EMBO reports* 4:924-926.
- INRA (1989) *Les oligo-éléments en agriculture et élevage*. INRA, Paris.
- NRC (1981) *Nutrient requirements of goats: angora, dairy, and meat goats in temperate and tropical countries*. National Academy Press, Washington, DC.
- NRC (1985) *Nutrient requirements of sheep (6th Ed.)*. National Academy Press, Washington, DC.
- NRC (1996) *Nutrient requirements of beef cattle (7th Ed.)*. National Academy Press, Washington, DC.
- NRC (2001) *Nutrient requirements of dairy cattle (7th Ed.)*. National Academy Press, Washington, DC.
- OMS. World Health Organization. *Guidelines for drinking water quality*.  
[www.who.int/docstore/water\\_sanitation\\_health/Water\\_quality/](http://www.who.int/docstore/water_sanitation_health/Water_quality/)
- SPEARS, J. W. (2003) *Journal of Nutrition* 133: 1506S-1509S.
- UNDERWOOD, E. J., y SUTTLE N. F. (2003) *Los minerales en la nutrición del ganado* (3ª Ed). Acribia, Zaragoza.
- WAALKES, M. P. (2003) *Mutat. Res.* 533: 107-120.

Volver a: [Suplementación mineral](#)