

Hierro (Fe)

El contenido en hierro del organismo oscila entre los 60-70 mg/kg de peso vivo. Las raciones que se suministran normalmente al ganado contienen hierro en cantidades suficientes.

Su distribución y funciones principales son las siguientes:

- 70% en la hemoglobina. Formando parte de la hemoglobina transporta el oxígeno de los glóbulos rojos desde los pulmones a los tejidos
- 3% en mioglobina que actúa como reserva de oxígeno en el músculo.
- 1% en compuestos transportadores. Forma parte de enzimas flavoproteicas y hemoproteicas útiles para aprovechar el oxígeno a nivel celular. En el suero aparece como transferrina.
- 26% de reserva en forma de ferritina y hemosiderina presentes en el hígado, bazo y riñón.

La absorción del hierro es mala, se absorben mejor los compuestos de origen animal, en todo caso la absorción que se realiza a nivel duodenal es sólo del 5-10% y se ve muy favorecida por la presencia de Cu. La absorción también se ve favorecida por la formación de algunos quelatos como el ácido ascórbico y la cisteína en cambio otros quelatos la frenan como asimismo la frenan los iones bivalentes: Co, Mn, Zn, o la formación de compuestos insolubles: fosfatos, fitatos.

Fuentes de Hierro (E1) :

F.orgánica

F.inorgánica

Lactato ferroso	Sulfato ferroso monohidratado
Citrato ferroso	Sulfato ferroso pentahidratado
Fumarato ferroso	Carbonato ferroso
Quelato ferroso de glicina hidratado	
Quelato ferroso de aminoácidos hidratado	

La fuente más habitual de Fe en correctores comerciales es el sulfato ferroso, aunque la disponibilidad de Fe de las fuentes orgánicas es alta y, en general, superior a la del sulfato pentahidratado que se utiliza como patrón.

Las cantidades máximas autorizadas son por kg de pienso : 750 mg , excepto 250 mg en lechones hasta una semana antes del destete ovino – 500 mg – y en animales de compañía – 1250 mg -.

Reglamentación : 1334/03 , 479/06

Yodo (I)

El yodo está relacionado con la síntesis de hormonas tiroideas, siendo indispensable para la elaboración de tetraiodotironina o tiroxina (T4) y triiodotironina (T3), hasta el punto de que el 80% del yodo del organismo se localiza en el tiroides. La deficiencia de yodo conduce a la enfermedad que se ha llamado genéricamente Bocio. Sin embargo, se aconseja denominar Trastornos por deficiencia de Yodo (TDI) a toda la serie de secuelas originadas por dicha deficiencia. Los TDI han sido y son endémicos en zonas montañosas donde los alimentos contienen baja cantidad de este mineral.

Pasa fácil a la leche y huevos.

Las hormonas tiroideas incrementan todas las reacciones celulares y son esenciales para el desarrollo normal y su deficiencia es causa de retraso en el crecimiento y alteraciones permanentes del sistema nervioso central. La enfermedad del bocio es consecuencia de un intento compensador de la glándula, que aumenta de tamaño, ante la falta de yodo.

El hipotiroidismo se caracteriza por la detención del crecimiento, trastornos reproductivos, cambios en la piel y pelo, menos lana en las ovejas.

Fuentes de Yodo (E2) :

Todas ellas inorgánicas :

Yodato de calcio hexahidratado
Yodato de calcio anhidro
Yoduro de potasio
Yoduro de sodio

El yodo está distribuido de manera muy amplia en la naturaleza aunque son las materias primas de origen animal, como las harinas de pescado, las más ricas en este elemento. Así, en general harinas y tortas proteicas son más ricas en yodo que los cereales. La sal de origen marino también es una buena fuente de yodo. Y la mayoría de las fuentes inorgánicas de I presentan buena disponibilidad.

Las cantidades máximas autorizadas son por kg de pienso : 10 mg , excepto en equino 4 mg , 5 mg en gallinas ponedoras y vacas lecheras , y 20 mg en peces.

Reglamentación : 1459/05

Cobalto (Co)

La única función fisiológica comprobada del cobalto es como integrante de la Vitamina B₁₂. Parece ser que las deficiencias encontradas en animales con carencia de cobalto eran en realidad deficiencias en la vitamina. En los rumiantes es necesario para que la flora de su aparato digestivo sintetice la vitamina B₁₂. En monogástricos, alojados sin acceso a sus heces, el Co no supone ventaja alguna ya que los animales carecen de la enzima necesaria para utilizar el Co inorgánico como grupo prostático en la fabricación de la vitamina B₁₂.

Fuentes de Cobalto (E3) :

Acetato cobaltoso,tetrahidratado
Carbonato básico cobaltoso monohidratado
Cloruro cobaltoso hexahidratado
Sulfato cobaltoso heptahidratado
Sulfato cobaltoso monohidratado
Nitrato cobaltoso hexahidratado

En la práctica, la única fuente de Co que se utiliza en la UE es el carbonato y su cantidad máxima en rumiantes ha sido reevaluada, según el Reglamento 601/13 y determinada en 1 mg para rumiantes, como también para équidos, lagomorfos, roedores reptiles herbívoros y mamíferos de zoológico. Continuando en 2 mg para el resto de especies domésticas.

Reglamentación : 1334/03 , 601/13

Cobre (Cu)

El Cu es esencial para el crecimiento y para la prevención de diversos trastornos en toda clase de animales. Las deficiencias se producen por ingestión de cantidades demasiado bajas o bien por la interferencia de otros minerales.

La principal función del cobre en el organismo es como integrante de diversas enzimas:

- Ferroxidasa, enzima que participa en la síntesis de hemoglobina. Facilita la absorción del hierro y su penetración en la molécula de hemoglobina y en este sentido sirve para la prevención tanto de anemias ferropénicas como cupropénicas.
- Monoaminooxidasa que contribuye al mantenimiento de la estructura del hueso y por tanto previene de trastornos óseos, que se manifiestan por fracturas espontáneas y deformaciones.
- Citocromooxidasa cuya ausencia limita la formación de vainas de mielina y provocaría trastornos nerviosos que en corderos se caracterizan por falta de coordinación de movimientos, parálisis y muerte.
- Tirosinasa: interviene en la producción de melanina cuya ausencia se manifiesta por despigmentación de la piel y mal aspecto del pelo

Su carencia también puede producir atrofia de la mucosa intestinal y dar lugar a diarreas.

El 90% está ubicado en músculos, huesos e hígado; la mitad del mismo es muscular, también está presente en cerebro, riñones, corazón y pelo. El hígado es el órgano de reserva.

Su absorción es mala solo se absorbe el 5-10% del Cu ingerido. El resto sale por las heces. En su absorción interfieren Mo, sulfatos y carbonato cálcico, el aumento de estas sustancias en la ración puede ser el origen de muchos de los síntomas de deficiencia. La excreción del Cu endógeno se realiza con la bilis por las heces, y cuando se producen excesos de ingestión de Cu este se acumula en el hígado de ahí se libera a sangre provocando hemólisis.

El Cu es absorbido por las plantas cuyo contenido es variable dependiendo de suelo, cultivo, abonado, terreno... En líneas generales las leguminosas y las harinas de semillas de oleaginosas (10-30 ppm) tienen mayor contenido que los granos de cereales (4-10 ppm). Además, su contenido es superior cuando la cosecha ha sido abonada con purines de porcino y/o tratadas con fungicidas, y la disponibilidad es superior en henos que en praderas, especialmente , antes de la floración.

Fuentes de Cobre (E4) :

F.orgánica

F.inorgánica

Acetato cúprico monohidratado	Sulfato de cobre pentahidratado
Quelato de cobre de hidroxianálogo de metionina	Cloruro cúprico dihidratado
Quelato cúprico de glicina hidratado	Óxido cúprico
Quelato cúprico de aminoácidos hidratado	Carbonato básico cúprico monohidratado
Metionato cúprico	

La mayoría de las fuente de Cu son bien utilizadas tanto en monogástricos como en rumiantes. El sulfato de cobre pentahidratado es la sal que se toma como patrón. Y se le asigna una disponibilidad del 100%. Niveles elevados de Cu (>16-20 mg/kg) poder ser tóxicos en ganado ovino.

Las cantidades máximas autorizadas en piensos son : 25 mg en todos los piensos de cerdos excepto 170 mg en lechones hasta 12 semanas de vida, 35 mg en piensos de rumiantes excepto excepto 15 mg en bovinos antes de la rumia y ovino, 25 mg en peces y resto de piensos.

Reglamentación : 1334/03, 479/06, 349/10 y 269/12.

Manganeso (Mn)

Se encuentra por todo el organismo en cantidades pequeñísimas. Se absorbe muy mal, sólo un 5-10%. El Ca y P interfieren su absorción. La excreción se realiza por la bilis y las heces.

Es componente de enzimas que intervienen en la formación ósea y también es parte integrante de enzimas que participan en el metabolismo de carbohidratos y grasas. Requerido para una buena fertilidad, también en el sistema nervioso central, y en componentes de sistemas enzimáticos, como fosfatasas óseas, fosfatasas sanguíneas, carboxilasas, arginasas, descarboxilasas (TCA), entre otras.

Las aves parecen ser más exigentes que el resto del ganado. El salvado de trigo y de arroz contienen manganeso. Los forrajes contienen cantidades suficientes para los rumiantes. En casos de deficiencia en aves se les aportan sales que contengan este elemento.

Las deficiencias se traducen por deformaciones en el esqueleto. En las aves se produce Perosis, también llamada condrodistrofia o "slipped tendon", es una deformidad anatómica de los huesos de las extremidades de los polluelos, gallinas, pavos, faisanes, gallinas silvestres y codornices. En porcino su deficiencia también produce síntomas parecidos dando lugar a cojeras. También se suele producir sintomatología general de aspecto reproductivo como retraso en los celos y deficiencias en la fertilidad.

Fuentes de Manganeso (E5) :

La directiva incluye hasta 9 fuentes posibles, pero en un 90 % la fuente más utilizada en UE es el óxido de manganeso (MnO) seguido por los sulfatos, en el 10 % restante de los casos.

Debe tenerse en cuenta siempre frente al uso del óxido como fuente inorgánicas de Mn que el dióxido de manganeso (MnO₂) es un contaminante normal del MnO y, por tanto, se recomienda controlar el origen del óxido de Mn a utilizar en correctores para asegurar contenidos en MnO₂ inferiores al 2-5%, ya que éste tiene una disponibilidad muy baja y su excesiva inclusión en la fuente de Mn comportaría su excreción casi total al medio.

Las cantidades máximas autorizadas son : 150 mg, excepto 100 mg en peces.

Reglamentación : 1334/03, 479/06 y 350/10

Zinc (Zn)

El zinc es de gran importancia económica, ya que está involucrado en múltiples procesos metabólicos del organismo animal como el crecimiento celular, producción de proteínas, equilibrio del sistema inmune, funcionamiento cerebral, además de mejorar aspectos reproductivos y productivos.

Su papel principal en el organismo es como integrante de enzimas y su absorción tiene lugar en el intestino delgado en proporciones discretas (15-30%). Presenta interferencias con el calcio, cobre y con fitatos.

Los síntomas de deficiencia se caracterizan por retraso en el crecimiento, mala transformación del alimento, anomalías en el área reproductiva y en piel, pelo y plumas, en el caso de las aves. Y, en cerdos se produce Paraqueratosis, un trastorno que tiene como síntomas más importantes el engrosamiento e hiperqueratinización de la piel alrededor de los ojos de la boca y extremidades.

El zinc también se concentra en el tejido cicatricial, por lo que la cicatrización de las heridas se retrasa en los animales con deficiencia de zinc. De este modo, dado el papel del zinc en los procesos anti-inflamatorios y su efecto en la queratinización de las heridas, se da en ganado vacuno el uso de minerales traza orgánicos altamente biodisponibles para prevenir y tratar los problemas podales.

Los modos de acción de zinc durante la respuesta inmune de los animales se relacionan con la protección contra la peroxidación y mejora de la integridad de la membrana celular. Rasguños de la piel y otros daños a la piel que son frecuentes en pollos de engorde y también *Escherichia coli* invade, a menudo, la piel del tejido dañado, lo que conlleva el desarrollo de celulitis, condenando esta carne a ser rechazada en las plantas de procesamiento.

Fuentes de Zinc (E6) :

F.orgánica

F.inorgánica

Lactato de zinc, trihidratado	Óxido de zinc
Acetato de zinc dihidratado	Sulfato de zinc heptahidratado
Quelato de zinc de aminoácidos hidratado	Sulfato de zinc monohidratado

La fuente patrón de Zn es el sulfato de zinc heptahidratado. El óxido es más rico en zinc y más manejable que el sulfato pero su disponibilidad es menor.

Actualmente el Zinc es uno de los minerales traza sobre el que se están desarrollando más alternativas para obtener fuentes de este mineral más disponibles. Así, además de los quelatos de zinc de glicina hidratado, de aminoácidos hidratado y de hidroxianálogos de metionina, también se están desarrollando productos protegidos con fuentes inorgánicas de Zinc que, según parece, podrían tener una mayor disponibilidad de Zn y contribuir así a su menor excreción en heces.

Las cantidades máximas autorizadas son por kg de pienso : 150 mg, excepto 200 mg en lactoreemplazantes y peces, y 250 mg para animales de compañía.

Reglamentación : 1334/03, 479/06, 335/10, 991/12 y 636/13.

Molibdeno (Mo)

La utilización de molibdeno en alimentación animal es muy reducida y básicamente se limita al ovino con el objeto de disminuir la absorción y toxicidad del exceso de Cu. El molibdeno, en presencia del ión sulfato, reduce la toxicidad por Cu en esta especie.

Algunos correctores para pollos añaden Mo a fin de reducir problemas de cojeras en matadero. Aunque el beneficio de esta práctica no se ha demostrado científicamente.

Esencial en trazas y tóxico a mayor nivel. Su papel en el organismo está asociado a su integración en compuestos enzimáticos, en este sentido es importante su papel en la enzima xantinaoxidasa especial en aves para la formación de ácido úrico.

Sus síntomas de deficiencia se caracterizan por diarreas, mal pelo, pérdida de peso.

Fuentes de Molibdeno (E7) : Molibdato de sodio.

Las cantidades máximas permitidas son por kg de pienso : 2,5 mg.

Reglamentación : pág. 43 de la Directiva 2004/C50:01

Selenio (Se)

La importancia del selenio se ha reconocido muy recientemente. Se ha revelado como un agente antioxidante que guarda una relación funcional con la vitamina E. También juega un papel importante en el metabolismo de las grasas.

Forma parte de la enzima Glutation-peroxidasa que cataliza la reducción de los peróxidos formados a partir de los ácidos grasos para que estos no sean perjudiciales atacando a las membranas celulares. En sentido la vitamina E actuaría impidiendo la formación de esos peróxidos.

Es necesario para la integridad y funcionamiento normal del páncreas. Si el páncreas degenera deja de producir lipasa pancreática por lo que se ve perjudicado el metabolismo de las grasas.

El contenido y la disponibilidad del Se en materias primas es muy variable en función de las características del suelo donde se cultivan las plantas. Aparecen como seleniatos y selenitos que se absorben poco o como selenometionina y selenocisteína (selenoaminoácidos sustituyen el Se al azufre) y que sufren un metabolismo similar al de los aminoácidos. La disponibilidad es muy alta en trigo y sus subproductos.

El Se es tóxico en la mayoría de especies animales por lo que el manejo de éste debe hacerse con precaución para reducir el riesgo de toxicidad por sobredosificación, pero su inclusión debe realizarse de manera adecuada para evitar a la vez su deficiencia, la cual podría producir :

- Distrofia muscular nutricional (DMN) o enfermedad del músculo blanco se presenta en muchas especies animales. Los animales presentan estriaciones blancas y degeneración muscular, en caso de verse afectado el músculo cardíaco puede producirse la muerte súbita. Es bastante frecuente en terneros y corderos criados en zonas con deficiencia de selenio. La causa está en la presencia de muchas enzimas intracelulares que han salido al exterior por el deterioro de las membranas.
- Diatesis exudativa de los pollos en los que se generan edemas en el pecho por una razón similar al caso anterior: pérdida de permeabilidad y deterioro de las membranas por carencia de sus protectores (Vitamina E y Se).
- Atrofia de páncreas, fibrosis pancreática, se produce por deficiencia grave de selenio aun cuando exista suficiente cantidad de vitamina E.
- Síntomas generales de crecimiento más lento, menor rendimiento en la reproducción, infertilidad, etc., se dan cuando los animales se encuentran en pastos con deficiencia de selenio.

Fuentes de Selenio (E8) :

La fuente más utilizada es el selenito sódico, pero recientemente está aumentando el uso de levaduras enriquecidas con selenio. Éstas son producidas por *Sacharomyces cerevisiae* que contiene un 97-99% de selenio orgánico y un mínimo de un 63% de Se-metionina, aportando unas 2200 ppm de Selenio y siendo la disponibilidad de éste muy reducida.

Reglamentación :

Según la Directiva 2004/C50/01 , la fuente de Se incluida en la lista es el Selenito sódico permitido a una dosis máxima de 0,5 mg , pero en el Reglamentos 1750/06,634/07,900/09 y 427/13 se reevaluaron varias fuentes orgánicas de selenio o seleniometionina producida por *S. Cerevisae*, admitiéndolas con una dosis máxima de 0,2 mg.