



**FUNDACION NEXUS**  
**CIENCIAS SOCIALES – MEDIO AMBIENTE - SALUD**  
I.G.J. N° 239 - C.E.N.O.C. N° 10066 - R.C.E.I.A. N° 301

Av. Santa Fe 1845 7° Piso. Dto. "D"  
(C1123AAA) Buenos Aires - Argentina  
Tel (54 11) 5217 - 2780 / 2781  
Fax (54 11) 5256-6386  
[fundacion@nexus.org.ar](mailto:fundacion@nexus.org.ar) [www.nexus.org.ar](http://www.nexus.org.ar)

**DEPARTAMENTO: SERVICIOS AL AGRO Y A LA INDUSTRIA**

---

## MINERALES Y NUTRICION ANIMAL

### El rol de la industria química inorgánica

Por

Dra. Alicia I. Varsavsky  
Coordinadora del Área  
Científico Técnica

Dr. Daniel Fernández Dillon  
Presidente

Publicado en INDUSTRIA Y QUÍMICA N° 361 pág 8

## 1- INTRODUCCIÓN

¿Cuánto esfuerzo, tiempo y en algunos casos dinero cuesta llegar a un acuerdo o simplemente alcanzar un objetivo que satisfaga y deje conforme a toda la cadena de elaboración? Nos estamos refiriendo a la elaboración de suplementos minerales para ser utilizados en producción animal.

Podemos afirmar sin temor a equivocarnos- ya que hace casi un cuarto de siglo que se nos viene consultando sobre temas específicos o simplemente se nos solicita que asesoremos a alguna de las partes relacionadas- que estos costos son altos.

Cuando nos referimos a la cadena de elaboración de suplementos minerales (que son mezclas que contienen muchos componentes inorgánicos en formas químicas y concentraciones muy diversas) nos estamos refiriendo a los tres actores principales:

- Nutricionistas especializados en los distintos tipos de producción animal quienes -en función las características propias de cada especie y de la etapa productiva en que se encuentra- determinan las composiciones que deben tener los distintos suplementos
- Molinos elaboradores quienes a partir de la formulación de sus nutricionistas fabrican las distintas mezclas minerales
- Industria química inorgánica que provee de insumos a los molinos elaboradores

La formación técnica requerida para desempeñarse en estas tres actividades difiere considerablemente. El nutricionista-que conoce a fondo las necesidades en cada planteo productivo- rara vez tiene un adecuado conocimiento de la química de los productos utilizados en sus formulaciones, de los métodos para elaborarlos y de la incidencia de ambos en la calidad final de su producto.

El responsable técnico del molino mezclador suele carecer de información específica relacionada con las propiedades físicas y químicas de los insumos que utiliza más allá de las especificadas por el nutricionista y/o el proveedor .

Por su parte la industria química inorgánica (que en los últimos años se está interesando en este sector) rara vez está adecuadamente informada sobre sus requerimientos específicos y en consecuencia no siempre provee los productos que más se adecuan al uso previsto.

Este contexto se traduce en interminables discusiones entre los técnicos de los sectores integrantes de esta cadena (incluyendo los respectivos laboratorios) que rara vez cristalizan en soluciones concretas a problemas que se presentan sistemáticamente.

Cuando se analiza la dinámica de estas discusiones y -en general- los argumentos que suelen ofrecer las distintas partes involucradas, hemos notado que siempre en forma directa o indirecta se presentan los mismos problemas y las mismas dudas.

Es por lo anteriormente expuesto que hemos decidido realizar el presente trabajo con el objeto de brindar un aporte a la solución y comprensión de las dificultades que cada uno de los grupos involucrados posee.

## 2- MINERALES Y NUTRICIÓN

Todas las formas de vida requieren sustancias inorgánicas (aniones y cationes) en sus procesos biológicos. Las mismas (usualmente conocidas como “minerales”) están presentes en todos los tejidos en distintas concentraciones. Pueden estar en forma iónica (por ejemplo el sodio y el potasio en la sangre), formando complejos con moléculas orgánicas (por ejemplo el selenio en la glutatión peroxidasa) o como minerales estructurales (como por ejemplo el calcio y el fósforo en la hidroxiapatita de los huesos).

Son nutrientes inorgánicos requeridos por el organismo en cantidades relativamente pequeñas pero no por ello son menos importantes para la vida ya que cumplen con múltiples funciones indispensables para la salud, el crecimiento y la reproducción en todos los seres vivos.

Como no pueden ser sintetizados por el organismo tienen que ser aportados por la dieta diaria en cantidades que deben estar dentro de determinados rangos que difieren considerablemente de un elemento a otro. En todos los casos la ingesta de minerales en cantidades superiores o inferiores a las requeridas por el organismo es perjudicial: en el primer caso existen riesgos de intoxicación y en el segundo se observarán síntomas por deficiencia.

Si bien todos los alimentos contienen minerales, sus concentraciones suelen ser insuficientes para cubrir las necesidades diarias especialmente cuando se trata de sistemas de producción intensiva. Por ser nutrientes con importantes funciones en el crecimiento de un ser vivo y que deben ser consumidos diariamente es necesario incorporarlos a la dieta y esto se logra a través del agregado de suplementos minerales ya sea como insumo en la elaboración de los alimentos balanceados o como suplemento a campo.

Los minerales ingeridos en la dieta que no son utilizados por el organismo son eliminados en heces y orina. La utilización (cada vez más frecuente) del estiércol como fertilizante hace que las consecuencias ambientales derivadas de la suplementación de la dieta con minerales deban ser tenidas en cuenta al momento de decidir cuál y cuánto de una mezcla mineral utilizar.

Por su incidencia en la eficiencia del sistema productivo son insumos esenciales en los establecimientos dedicados a la producción animal. Un aporte adecuado de minerales mejora los rendimientos mientras que tanto la deficiencia como el exceso se traducen directamente o indirectamente en una menor eficiencia en la producción.

### 3- MACROCOMPONENTES, MICROCOMPONENTES Y CONTAMINANTES

Los minerales -que constituyen alrededor del 3.5 % del peso corporal total- han sido tradicionalmente clasificados en dos grandes grupos:

- Componentes mayoritarios o macrocomponentes. Son elementos requeridos por el organismo en cantidades relativamente grandes (concentraciones en la dieta superiores a 100 ppm) tales como calcio, fósforo, magnesio, sodio, potasio, cloruros y azufre
- Componentes minoritarios, oligoelementos o micronutrientes. Son elementos requeridos por el organismo en concentraciones muy bajas (concentraciones en la dieta menores a 100 ppm) tales como hierro, cinc, manganeso, cobre, iodo, cromo, selenio, molibdeno, cobalto, etc.

Existe un tercer grupo que incluye a aquellos elementos cuyas posibles funciones biológicas todavía están en estudio pero que son conocidos desde hace tiempo por sus efectos tóxicos. En la medida en que se van confirmando sus funciones biológicas, estos elementos pasan a integrar el grupo de los micronutrientes u oligoelementos.

La mayor parte de los oligoelementos forman parte de un conjunto de elementos que ha adquirido gran importancia en la actualidad por razones toxicológicas y ambientales: los metales pesados. Es importante destacar que a la fecha no hay un acuerdo internacional sobre qué se entiende por "metal pesado". Las numerosas definiciones que se encuentran en la bibliografía se basan en distintas propiedades (densidad, peso atómico, número atómico, propiedades químicas, propiedades toxicológicas, etc.). Esta multiplicidad de definiciones convierte a los metales pesados en una entidad difusa cuyos componentes dependerán de la forma en que se los defina y/o del objetivo de quien lo haga. De allí que lo que para algunos es un metal pesado para otros no lo es. Cuando hay legislación al respecto un metal es pesado si figura en las listas que usualmente se anexan a dichas reglamentaciones.

En nutrición y en medio ambiente se incluyen en esta categoría elementos que ni son metales ni son pesados. Esto se debe a que en estos casos la propiedad que interesa es la toxicidad y por ello metales, semimetales, metaloides y no metales no necesariamente pesados que, independientemente de sus posibles funciones biológicas, tienen algunas características toxicológicas en común, son incluidos en este grupo

### 4- BIODISPONIBILIDAD

Los minerales se absorben en distintas zonas del aparato digestivo a través de procesos metabólicos específicos. Para que esto pueda ocurrir deben estar disueltos y en el estado de oxidación requerido por el sistema que los metaboliza. Por esta razón y por aspectos físicos relacionados con el tránsito de alimentos dentro del aparato digestivo (mezcla con el contenido del aparato digestivo, tamaño de partícula, tiempo de retención, etc.) no todo el mineral ingerido por un organismo es metabolizado.

La fracción de un mineral presente en la dieta que es absorbida y utilizada en funciones metabólicas específicas para una especie dada es denominada biodisponible. Se trata de uno de los aspectos que más interesa en la producción animal tanto por su incidencia económica directa en el sistema productivo como por aspectos ambientales (contaminación de suelos y aguas como consecuencia de la práctica cada vez más extendida de usar estiércol como fertilizante).

Si bien el concepto de biodisponibilidad es relativamente sencillo y fácil de entender, no sucede lo mismo con su cuantificación ya que ésta depende de aspectos que no siempre pueden ser adecuadamente controlados en un ensayo. La medición más sencilla (la diferencia entre el total ingerido y el total eliminado por el organismo) puede llevar a datos erróneos ya que el organismo tiene reservas de los distintos minerales que se movilizan en condiciones muy variables y en cantidades que no siempre pueden ser adecuadamente estimadas.

Existen formas más complejas de medir biodisponibilidad que se basan en la acumulación en distintos tejidos. Se trata de metodologías que -en general- aportan información indirecta y no siempre es posible implementarlas.

En la práctica, la forma más sencilla de estimar la biodisponibilidad de un mineral (y la que es más utilizada el nutricionista especializado en producción animal) es la comparación de la respuesta (crecimiento y producción) cuando se suministra a dos grupos de animales en condiciones adecuadamente controladas el producto que se desea medir y una fuente que -por la información existente- puede ser utilizada como referencia (usualmente sales fácilmente solubles como el sulfato de cobre para compuestos con cobre).

## **5- CONTAMINANTES**

Todos los minerales provistos por la industria química inorgánica contienen contaminantes -la mayor parte de los cuales integran el grupo de los llamados metales pesados- en concentraciones que dependen de múltiples factores relacionados tanto con la calidad de las materias primas utilizadas como con el proceso de elaboración.

El control del contenido de metales pesados en la cadena agroalimentaria es relativamente nuevo y, como sucede en todos los temas que están en plena etapa de desarrollo, las especificaciones internacionales presentan marcadas disparidades. A nivel nacional y al igual que en muchos otros casos, suelen ser inexistentes o inadecuadas para el producto según su uso previsto.

La comparación de las especificaciones originadas en distintas organizaciones especializadas indica que no hay a nivel internacional un criterio unificado. Así algunas de ellas parecen basarse en aspectos netamente técnicos relacionados con el proceso de elaboración del insumo sin tener en cuenta aspectos biológicos básicos.

En el otro extremo algunas reglamentaciones fijan contenidos máximos iguales o más exigentes que los aceptados en alimentos para consumo directo en seres

humanos y parecen no tener en cuenta los diferentes comportamientos de los distintos minerales a lo largo de la cadena alimenticia.

En muy raras oportunidades se tiene en cuenta el uso previsto. En nuestro país la situación se agrava por la falta de directivas nacionales y/o provinciales por las cuales regirse. Esto genera un espacio vacío que cada empresa cubre según sus propios criterios o necesidades.

Independientemente de los criterios que se adoptan, el control de contaminantes es cada vez más frecuente. Esto hace que la calidad de los productos que se ofrecen en este mercado haya ido mejorando en los últimos 20 años aunque todavía falta mucho camino para recorrer.

## **6- EL ROL DE LA INDUSTRIA QUÍMICA INORGÁNICA**

Como ya hemos mencionado, los suplementos minerales son mezclas de los elementos requeridos por el organismo (habitualmente en la forma de óxidos, sales y –últimamente- formando complejos con aminoácidos) en las concentraciones especificadas por el nutricionista. Suelen tener muchos componentes diferentes (frecuentemente más de 10) en concentraciones muy dispares (desde 100.000 ppm o más para los componentes mayoritarios hasta menos de 10 ppm para algunos elementos traza).

La elaboración de una mezcla mineral es conceptualmente sencilla pero no está libre de problemas prácticos ya que se deben obtener mezclas homogéneas de componentes sólidos cuyas partículas tienen propiedades físicas y químicas muy dispares y -en algunos casos- es necesario utilizar insumos con incompatibilidades físicas y/o químicas. Todo esto hace que el proceso de elaboración de una mezcla mineral tenga algo de ciencia y mucho de arte.

La industria química mineral participa en esta cadena aportando materias primas que deben cumplir con requerimientos referidos a la composición (concentraciones y formas químicas), el tamaño de partícula, la presencia de contaminantes y otros que –en muchos casos- no son adecuadamente atendidos siendo ésta la principal causa de las diferencias entre resultados obtenidos por laboratorios especializados en nutrición animal y los de las propias industrias químicas.

Cuando el uso previsto es la nutrición animal interesan aspectos que no necesariamente son tenidos en cuenta en los análisis de la industria proveedora. No olvidemos que se trata de minerales que deberán ser asimilados por un ser vivo, es decir que deben ser absorbidos en el complejo sistema digestivo de un animal (monogástrico o rumiante) en el tiempo (relativamente breve) que permanecerán en el mismo. La fracción que -por sus propiedades físicas y/o químicas- no es compatible con el sistema metabólico que lo procesa, aún cuando esté presente y pueda ser medido en un laboratorio no interesa.

La fracción del total de minerales que se comercializan en el mundo destinada a ser utilizada en la elaboración de suplementos minerales y/o alimentos balanceados es relativamente pequeña. Sin embargo la importancia de la producción agropecuaria en nuestra región lo convierte en un mercado que

debería ser atendido con más cuidado por la industria química inorgánica. Pese a ello son muy pocas las que cuentan con profesionales adecuadamente formados o informados y que tengan en cuenta las necesidades específicas de este particular sector.

Se mencionó repetidas veces en este trabajo que la mayor parte de los problemas y discrepancias que surgen entre los distintos actores de esta cadena (nutricionista, industria química inorgánica, molino mezclador, consumidor y sus respectivos laboratorios) derivan del hecho de no haberse puesto de acuerdo en qué se necesita y para qué se necesita. Por su formación profesional le correspondería al químico ocupar un rol central en esta cadena. Sin embargo su ausencia es notoria. Por su parte, la industria química inorgánica- que debería ocupar un lugar de liderazgo- parece no tener otro interés que el de vender un producto que no siempre es el más adecuado para el uso previsto.

La falta de interés en resolver estos problemas se traducirá tarde o temprano en serios problemas dentro de los cuales la contaminación de alimentos y la contaminación ambiental ocuparán un lugar importante y tendrán consecuencias negativas en toda la cadena agroalimentaria.

## **7- BIBLIOGRAFIA**

Duffus, J.H. "Heavy Metals"—A Meaningless Term? Pure Appl. Chem., Vol. 74, No. 5, pp. 793–807, 2002.

McDowell, L. R. Minerals in Animal and Human Nutrition. Elsevier Health Sciences, (2003) ISBN 0444513671, 9780444513670

Nielsen, F. H. "Trace metal deficiencies" en Handbook of Nutrition and Food Berdanier, C. D., Dwyer, J. Y Feldman, E. B. 2a edición. CRC Press, 2007 ISBN 0849392187, 9780849392184

Xin Gei Lei Hang Yang y Kangling Wang. " Bioavailability: mineral elements" en Encyclopedia of Animal Science (editado por Pond W.G. y Bell, A. W. Págs.. 117. CRC Press ( 2005)- ISBN 0824754964, 9780824754969