

# Nutrición de minerales traza orgánicos en pollos de engorde y reproductoras

**Carlos López Coello**

**Departamento de Medicina y Zootecnia de Aves**

**Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia**

**Universidad Nacional Autónoma de México**

## MARCO DE REFERENCIA

En los últimos años mediante la investigación y el desarrollo tecnológico se ha generado información en la nutrición de las aves para atender las regulaciones legislativas, las demandas del consumidor y al mismo tiempo mantener una industria avícola sostenible.

La investigación reciente correspondiente a los minerales traza (MT) ha proporcionado valiosa información con el desarrollo de nuevas moléculas de MT orgánicos (MTO), compensando en parte la limitada producción en las dos últimas décadas donde solamente el 2% de las publicaciones se relacionaban con estos elementos (1).

Los minerales traza que generalmente se incluyen en la premezcla son el Cu, Fe, Mn, Zn, I y Se; cada uno es un elemento independiente con procesos metabólicos y funciones distintas, existiendo interacciones entre ellos así como con otros nutrientes.

En el pasado el criterio para establecer los niveles de inclusión de los MT tuvo pocas actualizaciones, utilizando en exceso las sales minerales inorgánicas (MTI); generalmente con insuficiente información sobre el origen, proveedor y composición, siendo cuestionable la biodisponibilidad; por lo que la formulación incluía un “factor de seguridad”.

Algunas referencias que se toman como base para cubrir el requerimiento de ciertos MT son obsoletas, al contener una buena cantidad de información obtenida hace más de 30 años, enfocada principalmente a alcanzar los parámetros productivos. Poca atención se dio en esos momentos a otras variables como los aspectos inmunológicos, efecto de las barreras naturales para la absorción gastrointestinal, integridad del tejido epitelial, aparato digestivo y locomotor, eficiencia reproductiva, la repercusión en la incubabilidad y progenie, rendimiento de la canal, apoyo en la función enzimática, síntesis proteica, maduración de células sanguíneas, formación de cartílago y estructura ósea entre otros aspectos; así como las interacciones y antagonismos que actualmente son reconocidos. A pesar de ello continúan siendo una importante herramienta que se consultan para elaborar la matriz nutricional de formulación, misma que sin una justificación contempla el concepto de MT totales y no la disponibilidad.

Los MTI tienen una menor biodisponibilidad al estar expuestos a factores que comprometen su digestión, absorción y deposición como son las grasas saturadas e insaturadas, ácido fítico<sup>(2)</sup>, taninos, alta concentración de Ca<sup>(3)</sup> y la interacción con otros minerales como es el caso del Cu, Mn, Fe, Se, Cd, P y S<sup>(4)</sup>.

El exceso de minerales traza no va a mejorar el desempeño de las aves, el efecto es negativo como ocurre en el caso del Zn que inhibe la absorción y acumulación hepática del Cu, o por el antagonismo entre el Cu, Fe y Zn<sup>(5)</sup> que provoca cuadros clínicos de anemia por el exceso de Cu y no por la deficiencia de Fe, otro ejemplo son los altos niveles de Cu o Zn como sal inorgánica que afectan negativamente la eficacia de la fitasa en la dieta<sup>(6)</sup>.

Estos riesgos disminuyen con los MTO; por ejemplo, se ha reportado que el antagonismo entre Zn y Cu ocurre con las formas inorgánicas, pero no con las orgánicas<sup>(7)</sup> independientemente que con las MTO hay una menor contaminación de metales pesados como el As, Pd, Cd, Hg y Pb; otro caso es que la eficiencia de la fitasa en la dieta, se podría incrementar usando proteínatos minerales<sup>(6)</sup>.

La importancia de la digestibilidad es ampliamente reconocida para los aminoácidos, energía y P, esto no puede ser diferente para los MT, pero lo es; posiblemente por el “bajo impacto económico que representan en el costo final de la dieta”, sin considerar en su totalidad los beneficios que conlleva el aplicar este concepto, y las repercusiones negativas en la contaminación ambiental.

Los MTO son compuestos formados por la unión mediante enlaces químicos de un ion de una sal metálica soluble con un elemento orgánico específico; en los últimos años se ha llevado a cabo un extenso trabajo de investigación para comparar las distintas fuentes de MTO con las formas inorgánicas en las dietas avícolas.

La definición de lo MTO es muy general, e incluye una gran variedad de quelatados con distintas características físicas y químicas, por ello con una respuesta diferente en transporte, protección y liberación del mineral en el sitio de absorción, que se manifiesta en la estabilidad y biodisponibilidad del elemento; estos aspectos son motivo de análisis y debate. Los puntos claves que deben ser considerados son:

1. El ligando que forma el OTM (metionina, lisina, proteínatos peptídicos, (HMTBa)<sub>2</sub> o productos de levadura en el caso del selenio).
2. La estructura química del complejo orgánico,

Proteinato, el mineral está quelado con péptidos de cadena corta (dipéptido, tripéptido) derivados de proteínas de soja hidrolizadas y aminoácidos, existiendo diferentes grados de estabilidad.

Complejo metal con aminoácido (glicinatos, metionina o lisina); el mineral está quelado con un aminoácido, dependiendo del tamaño de este, es posible aumentar la cantidad de metales.

Otro MTO es el formado por enlaces covalentes entre un elemento mineral y dos moléculas de 2-hidroxi-4 metiltiobutanoico (HMTBa).

3. El mineral orgánico debe tener una resistencia a ser disociado por el bajo pH en molleja para llegar intacto al intestino que es el sitio de absorción<sup>(8)</sup>. La formación del quelato es crítica para proteger la solubilidad del mineral, en caso de ser disociado, el mineral tendrá una estructura de fuente inorgánica.

4. El porcentaje de disociación de un MTO puede ser desde el 90% a un pH de 6 y solo del 10% cuando el pH es de 4<sup>(9)</sup>, el mineral orgánico con aminoácidos o proteínas tienen una menor resistencia que los formados con (HMTBa)<sub>2</sub><sup>(10)</sup>.
5. Capacidad de disociación del mineral orgánico en el intestino para liberar el mineral en el sitio de absorción y hacer disponible al MT. El MTO puede llegar a ser lo suficientemente estable como ocurría en algunos casos del pasado que no permitía la disociación y en consecuencia la liberación del oligoelemento, siendo este excretado.
6. El grado de absorción del mineral y en su caso el aporte nutricional del elemento orgánico.
7. La protección conferida por el ligando al mineral contra las interacciones con otros elementos y reacciones antagónicas

Como conclusión a los factores enunciados existe una variedad de compuestos de minerales orgánicos basados en la interacción entre el mineral y el elemento orgánico, la biodisponibilidad del metal está diferenciada entre las distintas presentaciones de MTO patentadas.

## REQUERIMIENTO Y BIODISPONIBILIDAD

El requerimiento con los MTO disminuye con respecto a los MTI debido a la mayor biodisponibilidad, por ello es necesario definirlo para cada fuente, tomando también en cuenta el aporte de los MT por los ingredientes del alimento, existiendo poca información sobre la proporción en que estos son aprovechados por el organismo.

Desde el punto de vista comercial el peso corporal y la conversión alimenticia son los conceptos de mayor importancia para establecer el requerimiento de Zn, existiendo otras variables con mayor sensibilidad, como lo demuestra el experimento realizado por Huang *et al.*<sup>(11)</sup>, donde reportan que en pollos de 21 días de edad el peso corporal no se vio afectado con una adición más allá de 20 ppm de Zn (como sulfato) a una dieta basal con 28 ppm (48 ppm total). Los autores indican un requerimiento de Zn en páncreas y hueso de 59 y 62 ppm, mientras que para la actividad de la 5' nucleotidasa sérica y el nivel de RNAm para ZnT2 pancreática mostraron una respuesta cuadrática, estableciéndolo el requerimiento en 81 y 84 ppm respectivamente. Es posible que la cantidad para la inmunidad sea diferente a las indicadas para el crecimiento y productividad<sup>(12)</sup>.

En un estudio no publicado Appleby y Leeson<sup>(1)</sup> midieron el desempeño de los pollos machos de 17 días de edad alimentados con una dieta maíz-soja, con o sin suplementación de Mn, la dieta control sin suplemento contenía 12 mg de Mn /kg de dieta, lo cual parecía ser adecuado a esta edad, bajo las condiciones del ensayo.

Alo *et al.*,<sup>(13)</sup> establecieron la cantidad de Zn que necesitaba ser suplementada a una dieta base maíz-soja que contenía 23 mg/kg de Zn para ganancia de peso en pollos de 21 días de edad en 9.8 mg/kg para el proteinato de Zn y en 20.1 mg/kg en el caso del sulfato de Zn; La biodisponibilidad relativa del proteinato fue de 183% y 157% con respecto al sulfato de Zn para el peso corporal y contenido de Zn en tibia respectivamente. La ganancia de peso y el consumo de alimento presentaron un efecto

cuadrático con el aumento de concentraciones de Zn (5, 10, 20 and 40 mg/kg) del quelato y lineal con el sulfato de Zn.

Con el objetivo de establecer la respuesta de pollos de engorde a la suplementación de MTI y de MTO quelados con di y tripéptidos a diferentes dosis en dietas base trigo-maíz-soja, se realizó un experimento en 1764 aves hasta los 42 días de edad en 7 tratamientos que fueron: T1) Sin adición de MT; 2) inclusión de Zn y Mn 45 ppm, (como óxidos), Cu 15, Fe 45 (como sulfatos); T3) igual concentración que T2 con MTO; T4) 17% de las dosis de T3; T5) 33% de las dosis de T3; T6) 50% de las dosis de T3; T7) 67% de las dosis de T3. En los tratamientos T2 y T3 se obtuvo mayor peso ( $p < 0.05$ ) que el T1, así como mayor consumo en T2, T3, T6 y T7 con respecto al T1. El porcentaje de mortalidad y el índice de productividad europeo no mostraron significancia entre tratamientos <sup>(14)</sup>

## EXCRECION

Pollos de 42 días de edad alimentados con una dieta base maíz – soja conteniendo una menor cantidad de Zn, Mn y Cu como proteínatos (comprendida entre el 20 al 70%) con respecto a los MTI, excretaron 37, 52 y 21% menos de cada elemento, sin que existieran diferencias en el peso corporal y la conversión <sup>(15)</sup>

La cantidad de Zn en heces disminuyó hasta el 75% cuando el contenido de la dieta bajo de 190 a 65 ppm <sup>(16)</sup>. Otros autores <sup>(17)</sup>, indican que la excreción fue del 50% cuando la concentración del Zn cambió de 120 a 40 mg/kg.

Aves que recibieron el 20% de los niveles recomendados de Zn, Mn, Fe y Cu por el NRC unidos a proteínatos obtuvieron una ganancia de peso y eficiencia alimenticia similar al del grupo testigo alimentadas con el 100% de los MTI, existiendo una reducción del 66% de Zn y 78% de Mn en heces.

El efecto de la sustitución de sulfatos de Zn, Mn, Cu y Fe (37, 70, 12 y 45 ppm) por concentraciones inferiores aportadas por quelatos con péptidos (10, 10, 2.5, 10) fue evaluado en 2040 pollos Ross con 6 repeticiones por tratamiento hasta los 39 días de edad. Los autores <sup>(18)</sup>, no encontraron significancia estadística ( $p > 0.05$ ) sobre los parámetros productivos a los 39 días de edad, pero si en el porcentaje de excreción a los 26 días ( $p < 0.05$ ); con los MTO fue 63, 42, 55 y 73% del obtenido en el tratamiento con sulfatos.

A continuación se presenta algunos ejemplos de la aplicación de la investigación sobre MTO realizada en pollos de engorde y reproductoras pesadas.

## **SINDROME ASCITICO: Investigaciones Sobre Minerales Traza y su Relación con el Síndrome Ascítico.**

Durante el periodo 1997 a 1998 se realizaron 3 estudios <sup>(19)</sup> en una granja experimental ubicada a 1940msnm, para conocer la respuesta sobre los parámetros productivos del Zn y del Zn+Mn como MTO quelatados con metionina (MZn, MMn) en comparación con las sales inorgánicas respectivas ( $ZnSO_4 \cdot H_2O$ ,  $MnO_2$ ) tanto en machos como en hembras.

En el primero se aplicó un diseño factorial 2x3 (sexo x fuente), utilizando 2,400 pollos de la estirpe Avian hasta los 56 días de edad. Las dietas fueron elaboradas base sorgo-torta de soja en presentación migaja, conteniendo la misma fuente de MTI en ppm para cubrir los valores establecidos por el NRC (1994) <sup>(20)</sup> que fueron Fe 110, Zn 100, Mn 110, Cu 12, I 0.3, Co 0.2, Se 0.1. En todos los tratamientos y en las 3 fases de alimentación se mantuvo una misma concentración de Zn (100ppm) y Mn (110 ppm), con distintas fuentes de MT, quedando de la siguiente manera (ppm) para ambos sexos. T1) Zn MTI 100, Mn MTI 110; T2) MZn MTO 40+MTI 60, Mn MTI 110; T3) MZn MTO 40+MTI 60, MMn MTO 40+Mn MTI 70. El análisis estadístico mostró significancia ( $p<0.05$ ) para mortalidad total y por el Síndrome ascítico (SA), siendo menor con la inclusión de Mn y Zn como MTO (Cuadro 1).

En el segundo experimento con 2,400 pollos Avian los 3 tratamientos con 7 repeticiones fueron T1) Zn MTI 100, Mn MTI 110; T2) MZn MTO 40+MTI 60, MMn MTO 50+MTI 60; T3) MZn MTO 20+MTI 80, MMn MTO 25 + MTI 85. Nuevamente la significancia estadística ( $P<0.05$ ) se presentó en la mortalidad total y por el SA resultando menor en el tratamiento con MZn y MMn.

El tercer experimento finalizó al día 49 aplicando un diseño factorial 2x2 (MTO como complejo metal aminoácido, MTI x consumo a libre acceso (LA) o un programa de restricción al consumo de alimento (RCA)) de una dieta maíz-soja en harina, Quedando de la siguiente manera T1) LA, AZn MTO 40+MTI 60, AMn MTO 40+Mn MTI 70; T2) LA Zn MTI 100, Mn MTI 110; T3) RCA AZn MTO 40 + MTI 60, AMn MTO 40+MTI 70; T4) RCA Zn MTI 100, Mn MTI 110. En este estudio existió diferencia ( $p<0.05$ ) en todas las variables, observando nuevamente una disminución del SA al incluir las fuentes de OTM.

Cuadro 1.- Valores medios de las variables productivas analizadas en los tres experimentos en pollos de engorda.

T	Peso	Consumo	Conversión	Mortalidad	SA
Experimento 1	g	g	g/g	%	%
Control	2735 a	5763 a	2.13 a	17.3 a	11.4 a
MMn	2818 a	5676 a	2.03 a	15.1 ab	11.8 a
MMn+MZn	2809 a	5664 a	2.04 a	12.2 b	8.9 b
Efectos principales					
Machos	3138 a	5975 a	1.91 a	16.8 a	12.8 a
Hembras	2436 b	5428 b	2.23 b	12.9 b	8.6 b

Experimento 2					
Control	2802 a	5884 a	2.12 a	21.1 a	16.6 a
MMn+MZn 50/40	2762 a	5873 a	2.15 a	15.3 b	9.9 b
MMn+MZn 25/20	2794 a	5892 a	2.13 a	15.3 b	9.9 b

Experimento 3					
Control	2342 a	4647 a	2.01 a	12.9 a	7.8 a

AZn+AMn	2382 b	4637 a	1.98 b	10.4 b	5.8 b
Efectos principales					
<i>Ad libitum</i>	2391 a	4757 a	2.02 a	13.4 a	8.0 a
Restricción alimento	2333 b	4526 b	1.97 b	9.9 b	5.5 b

Literales diferentes en misma columna son significativas ( $p < 0.05$ ).

La inclusión de MTO disminuyó en los tres experimentos la mortalidad total y la incidencia del SA; parece difícil encontrar una explicación a esta respuesta, pero una hipótesis podría estar sustentada en el hecho de que el SA está relacionado con el proceso de estrés oxidativo celular, en el cual las mitocondrias tienen una importante participación ante el aumento en la demanda de energía requerida para mantener las concentraciones de oxígeno celular<sup>(21)</sup> debido a que aproximadamente el 19% del oxígeno consumido por la célula, ocurre en la mitocondria. La alteración en la función de fosforilación oxidativa en la mitocondria ha sido relacionada con la hipertensión de la arteria pulmonar en pollos con la consecuente reducción de la eficiencia en oxigenación<sup>(22)</sup>.

El Zn es necesario en el metabolismo del ARN y ADN. Por su parte el Mn es requerido en la mitocondria para el proceso de la fosforilación oxidativa<sup>(23,24)</sup>. Estos conceptos apoyan la información del efecto benéfico observado por la inclusión de Zn y Mn como MTO, ya que la mayor disponibilidad podría mantener la integridad celular y evitar la formación de peróxidos hidrogenados que oxidan al ADN y proteínas de las membranas celulares, así como la disminución en la capacidad de oxigenación que favorece la hipertensión en la arteria pulmonar, y con ello la presencia del SA.

#### **CALIDAD PRODUCTO TERMINADO; Respuesta de Concentraciones Elevada de Zn, Mn y Cu en Pollos para Corregir Problemas Locomotores y Mejorar la Calidad del Producto Terminado.**

En el 2005 se realizó el primer ensayo en México evaluando MTO quelatados en la granja experimental de una empresa en 6,000 machos Ross 308 distribuidos en 4 tratamientos con 10 repeticiones de 150 aves para valorar la adición sobre la dieta de (Zn(HMTBa)<sub>2</sub>) y una combinación de MTO de Zn, Mn y Cu quelatados con la molécula (HMTBa)<sub>2</sub> en las 3 fases de alimentación (1-21, 22-35 y 36-49 días). En esa época se tenían problemas locomotores atribuidos a “deficiencias nutricionales” El diseño del experimento contemplaba niveles de inclusión sumamente elevados, teniendo un objetivo poco común que era demostrar que no todos los problemas de este tipo pueden ser corregidos mediante el exceso de inclusión de MT, por existir diversas etiologías de tipo infecciosos y no infeccioso involucradas.

Los tratamientos fueron T1) dieta control, formulada para cumplir los requerimientos nutricionales (ppm) de la empresa con MTI Mn 50, Cu 15 y Zn (120, 100 y 80 para cada fase respectivamente); T2) igual que T1 + 40 ppm de Zn con (Zn(HMTBa)<sub>2</sub>) + el aporte de metionina por el (HMTBa)<sub>2</sub>. (80% de su peso); T3) igual que T1 + 80 ppm de Zn con (Zn(HMTBa)<sub>2</sub>) + el aporte de metionina por el (HMTBa)<sub>2</sub>. (80% de su peso); T4) igual que T1 + Zn 40, Mn 40. Cu 20 ppm quelatados con (HMTBa)<sub>2</sub> más 54% de su peso como aporte de metionina.

El peso corporal disminuyó significativamente en el T4 ( $< 0.05$ ) en relación a los otros 3 tratamientos (2862<sup>a</sup>, 2867<sup>a</sup>, 2879<sup>a</sup>, 2809<sup>b</sup> con un incremento del 2.2% en la mortalidad ( $p > 0.05$ ), que afectó negativamente el índice de producción (271<sup>b</sup>, 279<sup>a</sup>, 271<sup>b</sup>, 254<sup>c</sup>) ( $p < 0.05$ ).

Sin embargo el grado de lesiones calificado en 50 aves/tratamiento en cojinete plantar fue beneficiado en el T4 con respecto al T1 ( $p < 0.05$ ) obteniendo los siguientes resultados: grado cero 10, 11, 16, 19, grado uno 13, 15, 11, 9, grado dos 7, 3, 1, 2), así como la mayor resistencia del yeyuno (.455<sup>a</sup>, .421<sup>b</sup>, .444<sup>ab</sup>, .464<sup>a</sup>) y de la piel de la pechuga (2.643<sup>c</sup>, 2.961<sup>b</sup>, 2.756<sup>c</sup>, 3.508<sup>a</sup>)  $p < 0.05$ ; en cambio; la resistencia de la tibia fue significativamente inferior (31.0<sup>ab</sup>, 30.9<sup>ab</sup>, 31.8<sup>a</sup>, 30.2<sup>b</sup>). La mejor respuesta en cantidad y uniformidad de anticuerpos séricos contra el virus de la enfermedad de Newcastle se alcanzó al adicionar (Zn(HMTBa)<sub>2</sub>).

Un aspecto relevante es el hecho de que en el T4 se obtuvo un mayor porcentaje y en el T1 el menor (7.5 vs 3) de aves clasificación suprema para la venta en base a la mayor cantidad de aves sin lesiones de pododermatitis plantar, así como en la piel de las piernas, muslos y pechuga de acuerdo a la inspección realizada por el Departamento de Control de Calidad de la empresa en 50 aves/tratamiento.

Estos resultados en su momento mostraron que el exceso de MT afecta la productividad (como ha sido reportado por otros autores), e indicaron una respuesta diferente para las variables evaluadas; con la inclusión de los tres minerales orgánicos se logró un beneficio mayor en la resistencia de la piel y yeyuno, que pudo influir en la calidad del producto terminado, lo cual tiene un fuerte impacto económico, también disminuyeron los problemas de pododermatitis, sin existir una respuesta favorable en la resistencia ósea; esto último se podría explicar con los antecedentes de problemas locomotores sin una etiología confirmada; los ajustes nutricionales sin lugar a duda apoyarán en la solución, pero no necesariamente podrán corregirse ya que dependerá en gran medida de las etiologías de tipo infeccioso y no infeccioso involucradas.

#### **INMUNIDAD: Respuestas a un quelato (Zn(HMTBa)<sub>2</sub>) e Inorgánico (ZnSO<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O), de Zinc en Pollos de Engorda a los 21 Días de Edad <sup>(25)</sup>.**

Se evaluó en machos Ross 308 alimentados a libre acceso durante 21 días la respuesta a la adición de Zn inorgánico (ZnSO<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O) y del quelato (Zn(HMTBa)<sub>2</sub>) a una dieta basal maíz-torta de soja sin suplementación de Zn. El diseño experimental fue un arreglo factorial 2 x 4 con un grupo testigo (fuente x nivel de inclusión de Zn) en 9 tratamientos con 4 repeticiones. Los tratamientos fueron T1) dieta testigo sin suplementación de Zn que contenía por el aporte de los macroingredientes 45 mg/kg de Zn (cantidades mayores a la recomendación establecida por el NRC<sup>(20)</sup> en base a peso corporal y crecimiento que es de 40 mg/kg), pero inferiores a los utilizados todavía en algunas empresas que es de 100 ppm; los T2, T3, T4 y T5, fueron iguales a T1 + ZnSO<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O; los T6, T7, T8 y T9 contenían la dieta del T1 + Zn(HMTBa)<sub>2</sub> para obtener cantidades adicionadas de 25, 50, 75 y 100 ppm de Zn respectivamente por cada fuente.

La fuente, el nivel de inclusión y su interacción fueron significativas para la concentración de Zn en heces ( $P < 0.05$ ); observando un efecto lineal al incrementar el nivel de inclusión; el contraste entre los diferentes niveles de inclusión de las dos fuentes señala diferencias en los niveles de 25 y 50 mg de Zn/kg. La respuesta celular inmune al día 14 mediante la prueba de hipersensibilidad cutánea basófila retardada fue mayor ( $P < 0.05$ ) con Zn(HMTBa)<sub>2</sub>, también existió una tendencia no significativa

( $P \leq 0.13$ ) a un título más alto de anticuerpos contra la ENC con la inclusión de  $Zn(HMTBa)_2$ ; la dosis para una mejor respuesta inmunológica fue con 75 mg/kg del mineral quelado.

### **ANTAGONISMO. Efecto de Diferentes Fuentes de Zinc y Cobre Sobre el Comportamiento Productivo de Pollos y Contenido Mineral en Tejidos <sup>(7)</sup>.**

Se evaluó la respuesta en 540 pollos machos Cobb de 21 días de edad alimentados con una dieta basal maíz-torta de soja que contenía 31 mg de Zn y 6.6 mg de Cu/kg, la suplementación de 20 ppm de Zn y 8 de Cu como sulfatos y una fuente de MTO como proteinato en nueve tratamientos con 10 repeticiones de 6 pollos cada una mediante un diseño factorial 3X3.

La inclusión de Zn a la dieta basal aumentó ( $p < 0.01$ ) el peso, consumo y eficiencia alimenticia; sin embargo, al incorporar los sulfatos de Zn y Cu disminuyó la eficiencia alimenticia ( $p < 0.01$ ) en relación al grupo que consumió solamente el sulfato de Zn.

La adición de Zn incrementó la concentración de este oligoelemento en plasma y tibia siendo mayor con el MTO ( $P < 0.01$ ) que con el sulfato; en el hígado la cantidad de Cu fue menor ( $p < 0.05$ ) con la inclusión de Zn; mientras que los niveles de Zn y Cu determinados en la mucosa duodenal fueron mayores ( $p < 0.01$ ) con los MTO en comparación al tratamiento testigo.

Los autores sugieren por los resultados en la eficiencia alimenticia la existencia de un antagonismo entre Zn y Cu inorgánico, pero no con los MTO.

### **REPRODUCTORAS**

En las reproductoras se ha generado menos información sobre MT con respecto a pollos y gallina comercial, existiendo objetivos compartidos como mantener el estado de salud para una eficiente productividad y otros muy diferentes enfocados al desarrollo embrionario que se manifestarán en la calidad del pollito; por ello es necesario conocer la eficacia de las diferentes fuentes de minerales en estos tres procesos

### **REPRODUCTORAS LIGERAS**

Este primer estudio realizado en el 2011 en España bajo condiciones comerciales de producción en reproductoras ligeras, consistió en evaluar dos fuentes de MT en dos parvadas de 9,500 aves, el alimento fue elaborado base trigo, cebada y torta de soja en presentación pellet. El Tratamiento testigo contenía como MTI Zn ( $ZnO$ ), Cu ( $CuSO_4$ ), y Mn ( $MnO$ ) con concentraciones del elemento en 100:10:100 mg / kg, respectivamente, los cuales fueron reemplazados por los quelatos con  $(HMTBa)_2$  a menor cantidad (50:10:65 ppm). La duración de la prueba biológica comprendió de la 17-80 semana de edad, evaluando semanalmente los parámetros productivos por gallina encasetada.

A las 80 semanas en las reproductoras alimentadas con los MTO se obtuvo mayor producción de huevos (339.4 vs 326.1), huevos incubables (321.5 vs 306.5) y pollitas hembras (124.4 vs 119.4) en comparación con los MTI (+4.1, +4.9, +4.2% de incremento respectivamente), también la conversión alimenticia fue mejor en 15g/docena de huevo con los MTO (1.840 vs 1.855 Kg alimento/12 huevos).



Con los quelatos a una tasa menor de inclusión, mejoró consistentemente y significativamente ( $p < 0.05$ ) la resistencia del cascarón (45 vs 39 Newton, +3.6%) medido mediante la fuerza necesaria para la ruptura del huevo, en particular, después de las 60 semanas de edad, cuando la producción empieza a disminuir.

La concentración de minerales en la yema (Zn, Mn y Cu) que serán utilizados durante el desarrollo embrionario y por el pollito fue influenciada por la fuente incluida. Con la adición del quelato que tenía una menor concentración de minerales, se obtuvo en la yema un aumento en el contenido de Zn de 33.5 a 38.8 mg / kg de MS (+ 16%,  $p = 0.12$ ); la cantidad de Cu también mostró un incremento numérico (de 84 a 87) a favor del quelato; en el caso del Mn fueron valores similares (0.7 vs 0.6)<sup>(26)</sup>

### REPRODUCTORAS PESADAS

Las alteraciones en el aparato locomotor de los pollos por una etiología nutricional (osteodistrofias) tienen un alto impacto económico; estas pueden iniciar desde el desarrollo embrionario, y se manifiestan en la medida que las aves obtienen mayor peso corporal. En el embrión los tejidos estructurales óseos inicialmente se forman a partir del colágeno, posteriormente dependen de la deposición de calcio en la matriz de colágena que ocurre entre el día 11 y 19<sup>(27)</sup>; las enzimas que catalizan estos procesos son dependientes del Zn, Cu y Mn.

Esto justifica alimentar a las reproductoras con una fuente de alta disponibilidad de oligoelementos que sean depositados en la yema y ser utilizados en el desarrollo embrionario y por el pollito.

Se realizó un experimento para evaluar el efecto del quelato de Zn, Cu y Mn con  $(\text{HMTBa})_2$  sobre la incubación, depósito del mineral en la yema, contenido de cenizas y oligoelemento en la tibia de la progenie al primer día de edad, en dos parvadas de reproductoras pesadas de 3,800 aves cada una, alimentadas desde la semana 21 a la 36 de edad. La dieta testigo contenía como MTI 100:10:100 mg / kg, los MTO se incluyeron en menor concentración quedando en 56:14:56 mg / kg para los tres elementos. Al final del periodo experimental con la inclusión del quelato aumentó la producción de huevos incubables en 5.8% (8225 vs 8375), el porcentaje de embriones vivos al día 18 (+1.3%, 82 vs 83.1) y 21 de incubación (+0.5%, 88.8 vs 89.2%) así como en la incubabilidad total (+1.9%, 72.7 vs 74.1) que fue significativa ( $p < 0.05$ ). el contenido de ceniza de la tibia se incrementó significativamente en el pollito de un día ( $p = 0.02$ ), y el de Zn aumentó de 84 a 87 mg / kg de MS<sup>(28)</sup>.

La cantidad de minerales depositado en la yema varió por la fuente del MT (como lo corroboraron Qiujuan *et al.*,<sup>(29)</sup>), al evaluar el reemplazo del Zn, Cu y Mn añadido como MTI (30:10:30) por el quelato correspondiente con  $(\text{HMTBa})_2$  a una menor dosis (20:10:20); los autores indican un incremento significativo ( $p < 0.05$ ) con el Zn orgánico (40 vs 42 mg/kg, +5%), numérico del Mn (0.85 vs 0.91, +7%) y del Cu ( 2.6 vs 3.2, +23%), así como estadísticamente ( $p < 0.05$ ) en la incubabilidad (72.7 vs 74.1, +1.9%).

La relación entre el aporte de MT y el desarrollo embrionario se puede evaluar mediante los parámetros de incubación y nacimientos, la deposición mineral en la yema, y la mineralización ósea en el pollito de 1 día de edad. La información reportada por Torres y Korver, 2011<sup>(30)</sup>, quienes realizaron mediciones de los huesos en pollitos de un día, provenientes de reproductoras pesadas de 33 semanas que recibieron diferentes fuentes y concentraciones de Zn, Cu y Mn durante un periodo de 11 semanas; los tratamientos fueron: T1) Testigo MTI 100:10:120; T2) Alta concentración de MTI 140:30:160; T3) Testigo ITM +  $(\text{HMTBa})_2$  quelato para alcanzar la concentración total del T2 (140:30:160); T4)  $(\text{HMTBa})_2$  quelato 50:10:60.

No mostro significancia ( $p > 0.05$ ) para el grosor de la tibia y fémur al utilizar los MTI: con la adición de una baja concentración del quelato al tratamiento testigo, se obtuvo un grosor de la tibia superior a los tratamientos con MTI; sin embargo, cuando el quelato se utilizó como fuente única en una

concentración menor que en las otras dietas, existió un aumento significativo en el grosor de la tibia y fémur. Estos datos obtenidos en reproductoras están respaldados por un estudio similar realizado en gallinas ponedoras <sup>(31)</sup>.

## BIBLIOGRAFIA

1. Vitti P. Organic trace minerals reduce the issue of overfeeding minerals to meet requirements Canadian Poultry magazine. July 2010 pag 14  
<http://www.bluetoad.com/publication/index.php?i=41037&m=&l=&p=14&pre=&ver=swf>
2. Underwood EJ, Suttle NF. The mineral nutrition of livestock. CABI Publishing, London, UK 2001.
3. Wedekind KJ, Collings G, Hancock J, Titgemeyer E. The bioavailability of zinc-methionine relative to zinc sulphate is affected by calcium level. Poultry Sci 1994; 73 (suppl. 1): 114.
4. Leeson S, Summers JD. Scott's Nutrition of the Chicken. 4<sup>th</sup> Ed. University Books, Guelph, Ontario 2001.
5. Underwood, EJ. Trace elements in human and animal nutrition. 4th ed., New York, Academic Press, 545 p., 1977.
6. **Ao T, Pierce J. *The replacement of inorganic mineral salts with mineral proteinates in poultry diets. World's Poultry Science Journal, 2013; 69 (1): 5-16.***
7. Ao T, Pierce JL, Power R, Pescatore AJ, Cantor AH, Dawson KA, Ford MJ. Effects of feeding different forms of zinc and copper on the performance and tissue mineral content of chicks. Poultry Science 2009, 88:2171-2175.
8. Predieri G, Tegoni M, Cinti E, Leonardi G, Ferruzza S. Metal chelates of 2-hydroxy-4-methylthiobutanoic acid in animal feeding: preliminary investigations on stability and bioavailability. Journal of Inorganic Biochemistry 2003; (95):221-224.
9. Holwerda RA, Albin RC, Madsen FC. Chelation effectiveness of zinc proteinates demonstrated. Feedstuffs 1995; 67(25):12-23.
10. Cao J, Henry PR, Guo R, Holwerda RA, Toth JP, Littell RC, Miles RD, Ammerman CB. Chemical characteristics and relative bioavailability of supplemental organic zinc sources for poultry and ruminants. J. Anim. Sci 2000; (78):2039-2054.
11. Huang YL, Ku L, Luo XG, Liu B. An optimal dietary zinc level of broiler chicks fed a corn-soybean meal diet. Poultry Sci 2007;( 86):2582-2589.
12. Kidd MT. Nutritional modulation of immune function in broilers. Poultry Sci 2004;(83):650-657.
13. Alo T, Pierce JL, Power R, Dawson KA, Pescatore AJ, Cantor AH, Ford MJ. Evaluation of bioplex Zn as an organic zinc source for chicks. International Journal of Poultry Science 5 (9): 808-811, 2006.

- 
14. Nollet L, Van der Klis JD, Lensing M, Spring P. The effect of replacing inorganic with organic trace minerals in broiler diets on productive performance and mineral excretion *J. Appl. Poult. Res.* 2007 16(4) 592-597.
15. Leeson S, Caston L. 2008: Using minimal supplements of trace minerals as a method of reducing trace mineral content of poultry manure. *Anim Feed Sci Technol* 142 (3-4): 339-347.
16. Mohanna C, Nys Y. Effect of dietary zinc content and sources on the growth, body zinc deposition and retention, zinc excretion and immune response in chickens *British Poultry Sci* 1999; (40):108-114.
- 17.- Dozier WA, Davies AJ, Freeman ME, Ward TL. Early growth and environmental implications of dietary zinc and copper concentrations and sources of broiler chicks. *British Poultry Sci* 2003; 44(5):726-731.
18. Nollet L, Van der Klis JD, Lensing M, Spring P. The Effect of Replacing Inorganic With Organic Trace Minerals in Broiler Diets on Productive Performance and Mineral Excretion *J. Appl. Poult. Res.* 2007 vol. 16 no. 4 592-597
19. Arce MJ, López CC, Johnson AB, Fakler TM. El uso de complejo metal aminoácido de zinc y manganeso en dietas de pollo de engorda en su respuesta productiva y mortalidad por el Síndrome ascítico. XIII Ciclo de conferencias sobre nutrición y alimentación avícola. Asociación Mexicana de Especialistas en Nutrición Animal, A.C. 24 de marzo de 1999. Guadalajara Jal. México. 143 -151 (1999).
20. NRC. National Research Council. Nutrient requirements of poultry. 9th ed. Washington, DC, USA: National Academy Press; 1994.
21. Maxwell M, Robertson GW, Farquharson C. 1996. Evidencie of ultracytochemical mitochondria-derived hydrogen peroxide activity in myocardial cells from broiler chickens with an ascites syndrome. *Rev. Vet. Sci.* 61:7-12.
22. Eastbrook RW. 1967. Mitochondrial respiratory control and the polarographic measurement of ADP:O ratios. *Methods Enzymol* 10:41-47.
23. Prasad AS. 1967. Nutritional metabolic role of zinc. *Federation Proc.* 26:172.
24. Leach RM. 1968. Effect of manganese upon the epiphyseal growth plate in the young chick. *Poultry Sci.* 47:828.
25. Rodríguez SF. Comparación de la biodisponibilidad de un complejo orgánico de zinc ( $Zn(HMTBa)_2$ ) y un complejo inorgánico ( $ZnSO_4 \cdot H_2O$ ), respuesta a parámetros productivos, inmunológica y resistencia de tejidos en pollos de engorda alimentados con una dieta a base de maíz-soya. Tesis Maestro en Ciencias de la Producción y la Salud Animal. FMVZ, UNAM, 2009.

- 
26. Trial report summary Efficacy of MINTREX® Reduce & Replace strategy in layer breeders <http://www.novusint.com/>
27. Bellairs, Osmond (2005) Atlas of Chick Development. 2nd Edition
28. Parker D. Benefits of trace minerals chelated with methionine hydroxy analogue, on breeder performance and chick development <http://www.novusint.com/>
29. Qiujuan S, Yuming G, Jianhui L, Tianguo Z, Jinlei W. Effects of methionine hydroxyl analog chelated Cu/Mn/Zn on laying performance, egg quality, enzyme activity and mineral retention in laying hens. J. Poult. Sci. 2012 (48) 20-25
30. Torres C. Korver D. (2011) Maternal supplementation with organic Cu, Zn and Mn form affects chick bone development at hatch. Neuvièmes Journées de la Recherche Avicole, Tours, France.
31. Manangi MK. et al (2012) Feeding laying hens diets with supplemental chelated trace minerals improves immune response, egg shell quality and tibia breaking strength. XXIV Int. Poultry Symp. WPSA Abstract 64 Poultry Science Meeting, Atlanta, Georgia