



**UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”
FACULTAD DE INGENIERÍA ZOOTECNIA”
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN PECUARIA**



TESIS

Micro minerales orgánicos en la crianza del pollo de carne

**Presentada como requisito para optar el
Título Profesional de
INGENIERO ZOOTECNISTA**

Por

Bach. Ríos Nevado, José Ewald

Asesor

Ing. Del Carpio Ramos, Pedro Antonio, Dr. C.

LAMBAYEQUE - PERÚ

2001

Micro minerales orgánicos en la crianza del pollo de carne

TESIS

**Presentada como requisito
para optar el título profesional de**

INGENIERO ZOOTECNISTA

por

Ríos Nevado, José Ewald

**Sustentada y aprobada
ante el siguiente jurado**

Ing. Villena Rodríguez, Francis, M. S.
Presidente

Ing. Guerrero Delgado, Rafael Antonio, M. Sc.
Secretario

Ing. Guerrero Quijano, Jorge Artemio, M. Sc.
Vocal

Ing. Del Carpio Ramos, Pedro Antonio, Dr. C.
Patrocinador

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, José Ewald Ríos Nevado, investigador principal, y Pedro Antonio Del Carpio Ramos, asesor, del trabajo de investigación **Micro minerales orgánicos en la crianza del pollo de carne**, declaramos bajo juramento que este trabajo no ha sido plagiado, ni contiene datos falsos. En caso de que se demuestre lo contrario, asumo responsablemente la anulación de este informe y, por ende, el proceso administrativo a que hubiera lugar, que puede conducir a la anulación del grado o título emitido como consecuencia de este informe.

Lambayeque, enero de 2020.

José Ewald Ríos Nevado

Pedro Antonio Del Carpio Ramos

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS DEL SEÑOR BACHILLER EN CIENCIAS ZOOTECNIA DON JOSE EWALD RIOS NEVADO PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO ZOOTECNISTA.

En la ciudad de Lambayeque, siendo las 11:20 horas del día ocho de agosto del año dos mil y en la Sala de Sustentaciones de la Facultad de Zootecnia, se reunieron los señores miembros del Jurado designado por resolución N° 137-00-FZ/p, de fecha 19 de setiembre del 2000: I.E.M.S. Francis Villena Rodríguez (Presidente), I.E. Rafael A. Guerrero Delgado (Secretario), I.E. Jorge A. Guerrero Quijano e I.E. Pedro A. Del Carpio Ramos (Patrocinador), encargados de recibir y dictaminar sobre el trabajo de tesis "MICROMINERALES ORGANICOS EN LA CRIANZA DEL POLLO DE CARNE", presentado por el señor Don Jose Ewald Rios Nevado como requisito para optar el título profesional de Ingeniero Zootecnista.

Presentado y expuesto el trabajo de tesis; formuladas las preguntas por parte de los miembros del Jurado, dadas las respuestas del sustentante; y las aclaraciones del señor Patrocinador, los señores miembros del Jurado, luego de deliberar, acordaron aprobar el trabajo de tesis con el calificativo de "Bastante Bueno" debiendo consignarse en el informe final, las observaciones y recomendaciones dadas por los miembros del Jurado durante la reunión previa y sustentación.

Por tanto, el señor Bachiller en Ciencias Zootecnia, don Jose Ewald Rios Nevado, se encuentra habilitado para recibir el título profesional de Ingeniero Zootecnista de conformidad con las disposiciones vigentes.

J. Villena

I.E. M.S. FRANCIS VILLENA RODRIGUEZ
PRESIDENTE

Rafael A. Guerrero Delgado

I.E. RAFAEL A. GUERRERO DELGADO
SECRETARIO

Jorge A. Guerrero Quijano

I.E. JORGE A. GUERRERO QUIJANO
VOCAL

Pedro A. Del Carpio Ramos

I.E. PEDRO A. DEL CAPIO RAMOS
PATROCINADOR

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LAMBAYEQUE
FACULTAD DE INGENIERIA ZOOTECNIA

La presente es copia fiel del original a la que me remito
en caso necesario

Lambayeque, 29 de Diciembre del 2017

Thays Joel V. Romero Pontoria
FEDATARIO

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de investigación a:

DIOS, por guiar mi vida.

Mi padre, por su perseverancia.

Mis hijos, por ser mi motor de vida.

AGRADECIMIENTO

Expreso un agradecimiento especial a mi maestro y guía, Ing. Pedro Antonio Del Carpio Ramos; por su constante apoyo para la realización de la tesis y poder obtener el título profesional.

*“Sí, ese es todo mi anhelo, esa es la
suprema verdad: Sólo merece vida y
libertad quien ha de conquistarlos
diariamente”*
FAUSTO (Johan Wolfgang von Goethe)

ÍNDICE

Nº Cap.	Título del Capítulo	Nº pagina
	Resumen/ Abstract	x
	INTRODUCCIÓN	01
I	ANÁLISIS DEL OBJETO DE ESTUDIO	03
	1.1. Tipo y Diseño de Estudio	03
	1.2. Lugar y Duración	03
	1.3. Tratamientos Evaluados	03
	1.4. Animales Experimentales (muestra)	04
	1.5. Alimento Experimental	04
	1.6. Instalaciones y Equipo	05
	1.7. Técnicas Experimentales	05
	1.8. Variables Evaluadas	06
	1.9. Evaluación de la Información	06
II	MARCO TEÓRICO	08
	2.1. Antecedentes Bibliográficos	08
	2.1.1. Minerales orgánicos	08
	2.1.2. Comportamiento de aves suplementadas con minerales orgánicos	10
	2.1.3. Papel nutricional del Cobre, Manganese, Zinc	13
	2.2. Base Teórica	19
III	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
	3.1. Consumo de Alimento	20
	3.2. Peso Corporal e Incremento de Peso	25
	3.3. Conversión Alimenticia	33
	3.4. Mérito Económico	35
	CONCLUSIONES	38
	RECOMENDACIONES	39
	BIBLIOGRAFÍA CITADA	40
	ANEXOS	42

ÍNDICE DE TABLAS

Nº	Título	Pág. Nº
1	Consumo de alimento en pollos de carne Hybro (0 – 7 semanas) que recibieron suplemento de Zn orgánico en la dieta	20
2	Consumo de alimento en pollos de carne Hybro (0 – 7 semanas) que recibieron suplemento de minerales orgánicos en la dieta	22
3	Pesos corporales en pollos de carne Hybro (0 – 7 semanas) que recibieron suplemento de Zn orgánico en la dieta	25
4	Pesos corporales en pollos de carne Hybro (0 – 7 semanas) que recibieron suplemento de minerales orgánicos en la dieta	26
5	Incremento de peso corporal en pollos de carne Hybro (0 – 7 semanas) que recibieron suplemento de Zn orgánico en la dieta	27
6	Incremento de peso corporal en pollos de carne Hybro (0 – 7 semanas) que recibieron suplemento de minerales orgánicos en la dieta	28
7	Conversión alimenticia en pollos de carne Hybro (0 – 7 semanas) que recibieron suplemento de Zn orgánico en la dieta	33
8	Conversión alimenticia en pollos de carne Hybro (0 – 7 semanas) que recibieron suplemento de minerales orgánicos en la dieta	33
9	Mérito económico de la alimentación de pollos de carne Hybro (0 – 7 semanas) que recibieron suplemento de minerales orgánicos en la dieta	36
10	Mérito económico de la alimentación de pollos de carne Hybro (0 – 7 semanas) que recibieron suplemento de minerales orgánicos en la dieta	36

ANEXOS

Nº	Título	Pág. Nº
1	Prueba de homogeneidad de varianzas con los pesos iniciales en pollos de carne Hybro que recibieron suplemento de minerales orgánicos en la dieta	42
2	Prueba de homogeneidad de varianzas con los incrementos de peso (estimados mediante regresión) en pollos Hybro que recibieron suplemento de minerales orgánicos en la dieta	42
3	Análisis de varianza para los incrementos diarios de peso (estimados mediante regresión) en pollos Hybro que recibieron suplemento de minerales orgánicos en la dieta	43
4	Análisis de covarianza entre peso inicial (X) e incrementos de peso (Y) en pollos Hybro que recibieron suplemento de minerales orgánicos en la dieta	43

Micro minerales orgánicos en la crianza del pollo de carne

Resumen

Trescientos pollos BB Hybro de ambos sexos, homogéneos en peso y sexo, se distribuyeron aleatoriamente en diez tratamientos para evaluar el rendimiento bajo el efecto de diferentes niveles de dos fuentes de micro minerales orgánicos, contrastados con un testigo (T₁). Una de las fuentes es aportante de propionato de zinc y se evaluó en niveles de 100(T₂), 200(T₃), 300(T₄), 400(T₅) 500(T₆) g por TM de alimento; la otra fuente es una premezcla en la que se encuentra propionato de zinc, cobre y manganeso que se evaluó en niveles de 1 (T₇), 2 (T₈), 3 (T₉), 4 (T₁₀) Kg. por TM de alimento. El ensayo tuvo una duración efectiva de siete semanas y fue evaluado estadísticamente mediante un Diseño Irrestringido al Azar. Respectivamente para los tratamientos en el orden mencionado, el consumo de alimentos fue de 104.2, 101.2, 103.3, 108.5, 102.9, 107.7, 105.6, 102.4, 103.7 y 107.2 g por pollo; peso corporal a la séptima semana de 2444.9, 2475.7, 2581, 2524.6, 2536.8, 2496.6, 2474.1, 2526 y 2578.6 g por Pollo; incrementos de peso de 49.03, 49.66, 51.82, 50.65, 50.91, 50.09, 50.9, 49.63, 50.7 y 51.76 g promedio por pollo; conversiones alimenticias acumuladas de 2.12, 2.04, 1.99, 2.13, 2.01, 2.18, 2.07, 2.06, 2.05 y 2.06 Kg. de alimento consumido por kilogramo de peso incrementado; y mérito económico de 2.57, 2.49, 2.43, 2.62, 2.49, 2.70, 2.54, 2.55, 2.56 y 2.59 nuevos soles gastados en alimento por cada kilogramo de peso incrementado. Los resultados mostraron, en general, la conveniencia de suplementar las raciones con fuentes de micro elementos orgánicos.

Palabras clave: minerales orgánicos; alimentación; pollos de carne.

Organic micro minerals in the raising of broiler chicken

Abstract

Three hundred BB Hybro chickens of both sexes, homogeneous in weight and sex, were randomly distributed in ten treatments to evaluate the performance under the effect of different levels of two sources of organic micro minerals, contrasted with a control (T₁). One of the sources is a zinc propionate contributor and was evaluated at levels of 100 (T₂), 200 (T₃), 300 (T₄), 400 (T₅) 500 (T₆) g per MT of food; The other source is a premix in which zinc, copper and manganese propionate is found which was evaluated at levels of 1 (T₇), 2 (T₈), 3 (T₉), 4 (T₁₀) Kg. per MT of food. The trial had an effective duration of seven weeks and was statistically evaluated by an Unrestricted Random Design. Respectively for the treatments in the order mentioned, the food consumption was 104.2, 101.2, 103.3, 108.5, 102.9, 107.7, 105.6, 102.4, 103.7 and 107.2 g per chicken; body weight at the seventh week of 2444.9, 2475.7, 2581, 2524.6, 2536.8, 2496.6, 2474.1, 2526 and 2578.6 g per chicken; weight increases of 49.03, 49.66, 51.82, 50.65, 50.91, 50.09, 50.9, 49.63, 50.7 and 51.76 g average per chicken; cumulative food conversions of 2.12, 2.04, 1.99, 2.13, 2.01, 2.18, 2.07, 2.06, 2.05 and 2.06 Kg. of food consumed per kilogram of increased weight; and economic merit of 2.57, 2.49, 2.43, 2.62, 2.49, 2.70, 2.54, 2.55, 2.56 and 2.59 soles spent on food for each kilogram of increased weight. The results showed, in general, the convenience of supplementing rations with sources of organic micro elements.

Key words: organic minerals; feeding; broiler chickens.

INTRODUCCIÓN

En especies animales, con líneas elevadas de productividad, cualquier desbalance o insuficiencia nutricional se manifiesta rápidamente en la performance, propiciándose grandes pérdidas económicas. Constantemente se buscan mejores fuentes de nutrientes para satisfacer las necesidades de los animales. En el pollo carne se ha realizado una mayor presión de selección, dando como resultado los mayores avances genéticos en producción; pero, es más susceptible a las influencias ambientales (Alimentación, manejo y sanidad) y es imprescindible proporcionarle óptimas condiciones para que pueda producir según su potencial genético.

De las influencias ambientales, el aprovisionamiento de nutrientes es el más importante. No sólo tienen que permitir que el pollo sintetice la mayor cantidad de músculos, sino que además deben permitirle generar la infraestructura (patas, ligamentos, huesos, etc.) que le permitan soportar los tejidos sintetizados a una alta tasa. Nadie discute la tremenda importancia de los minerales en la nutrición pero es necesario que estos se encuentren disponibles en cantidad y calidad óptimas en el lugar (o lugares) donde se les necesita (metabolismo).

Hace algunos años se determinó que las fuentes inorgánicas de minerales (carbonatos, sulfatos, óxidos, etc.) pueden comportarse nutricionalmente ineficientes debido a que los alimentos, ligados a estas fuentes, pueden ser bloqueados a nivel del tracto gastrointestinal o quedar indisponibles para diversas reacciones metabólicas. Se ha indicado que las fuentes orgánicas (ácidos orgánicos, aminoácidos, etc.) de minerales permiten mayor biodisponibilidad (transporte y absorción más fáciles), mayor estabilidad y no reaccionan fácilmente con otros componentes de la dieta. Se ha asumido que pueden dirigirse específicamente a ciertos órganos, tejidos o funciones del cuerpo y que

promueven una “ventaja metabólica” para el organismo permitiendo mayores niveles de rendimiento.

Existiendo en el medio disponibilidad de una fuente orgánica de Zinc (Propionato de Zinc) y una premezcla vitamínico - mineral que ha incorporado Zinc, Cobre, Manganeso y Cobalto orgánicos (también como propionatos) se planteó el presente trabajo de investigación para evaluar dichas fuentes en pollos de carne desde el día 1 al día 49 de edad; habiéndose propuesto el siguientes objetivo:

1. Mejorar los incrementos de peso, conversión alimenticia y mérito económico de pollos de carne suplementados en diferentes niveles de fuentes orgánicas de micro minerales.

I. ANÁLISIS DEL OBJETO DE ESTUDIO

1.1. Tipo y Diseño de Estudio

Según Hernández *et al.* (2010), el presente estudio es cuantitativo; según Bunge (1972) es propositivo, porque plantea respuestas a una problema de investigación. Así mismo, corresponde al diseño experimental, debido a que el investigador realiza el manejo de la variable independiente (Hernández *et al.*, 2010).

1.2. Lugar y Duración

El presente trabajo de investigación se desarrolló, en su fase de campo, en las instalaciones de la empresa Técnica Avícola S.A.C., ubicada en el Distrito de Jequetepeque, Provincia de Pacasmayo, Departamento de la Libertad; en tanto que la fase de gabinete se ejecutó en los ambientes de la Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”, en el Distrito, Provincia y Departamento de Lambayeque.

La fase de campo se ejecutó entre los meses de junio y julio de 2000.

1.3. Tratamientos Evaluados

T₁: Pollos de carne Hybro, de 0 a 7 semanas de edad, alimentados con dieta sin suplemento de minerales orgánicos (testigo).

T₂: Pollos de carne Hybro, de 0 a 7 semanas de edad, alimentados con dieta suplementada con 100 g de una fuente aportante de propionato de Zn por TM de alimento.

T₃: Pollos de carne Hybro, de 0 a 7 semanas de edad, alimentados con dieta suplementada con 200 g de una fuente aportante de propionato de Zn por TM de alimento.

T₄: Pollos de carne Hybro, de 0 a 7 semanas de edad, alimentados con dieta suplementada con 300 g de una fuente aportante de propionato de Zn por TM de alimento.

T₅: Pollos de carne Hybro, de 0 a 7 semanas de edad, alimentados con dieta suplementada con 400 g de una fuente apodante de propionato de Zn por TM de alimento.

T₆: Pollos de carne Hybro, de 0 a 7 semanas de edad, alimentados con dieta suplementada

con 500 g de una fuente aportante de propionato de Zn por TM de alimento.

T₇: Pollos de carne Hybro, de 0 a 7 semanas de edad, alimentados con dieta suplementada con 1000 g de una premezcla vitamínico - mineral, aportante de varios oligoelementos orgánicos, por TM de alimento.

T₈: Pollos de carne Hybro, de 0 a 7 semanas de edad, alimentados con dieta suplementada con 2000 g de una premezcla vitamínico - mineral, aportante de varios oligoelementos orgánicos, por TM de alimento.

T₉: Pollos de carne Hybro, de 0 a 7 semanas de edad, alimentados con dieta suplementada con 3000 g de una premezcla vitamínico - mineral, aportante de varios oligoelementos orgánicos, por TM de alimento.

T₁₀: Pollos de carne Hybro, 0 a 7 semanas de edad, alimentados con dieta suplementada con 4000 g de una premezcla vitamínico - mineral, aportante de varios oligoelementos orgánicos, por TM de alimento.

1.4. Animales Experimentales (muestra)

Se emplearon 300 pollitos BB, de ambos sexos (en la misma proporción); producidos por la planta incubadora de la misma empresa.

1.5. Alimento Experimental

Todos los tratamientos fueron alimentados con dietas iso - energéticas e iso proteicas, producidas por la planta de alimentos balanceados de la misma empresa. Según la edad que han alcanzado los pollos al alimento se le denomina pre - inicio, inicio, engorde 1, engorde 2, finalizador; se formularon para cubrir las necesidades productivas de los pollos a las diferentes edades.

Las raciones se diferenciaron por los contenidos de las fuentes de minerales orgánicos; tales fuentes son conocidas comercialmente como Kem Zin - 2000 y Polimix. Para el caso de Kem Zin - 2000, los ingredientes del producto son propionato de Zinc y

subproductos de gramos; se garantiza como mínimo 20% de Zn y 45% de Ácido propiónico; se indica compatible con todos los ingredientes comunes en los alimentos; una solución del producto al 10% tiene un pH de 5 - 6 y es estable por 18 meses después de manufacturados; de olor a granos y buena fluidez. Para el caso de Polimix, es un concentrado basado en Minerales y Vitaminas liposolubles, incluye en su composición microelementos (Zn, Mn, Cu, Co) orgánicos; cada elemento, de los mencionados, se halla ligado a dos moléculas de ácido propiónico formando propionato de Zn, de Mn, de Cu y de Co.

1.6. Instalaciones y Equipo

Se empleó un galpón de la empresa destinado a la conducción de trabajos experimentales; en el interior existen corraletas de 4 m² para albergar a 30 pollos.

Se contó con comederos y bebederos para pollitos y comederos y bebederos para pollos de mayor edad; criadora, a gas, para la recepción de los pollitos; termómetro láser, para control de la temperatura del ambiente; balanza electrónica digital para control de los pesos.

Libreta de campo, para registro de todas las incidencias diarias y material para la identificación individual de los pollos.

Además de todo el equipo necesario y de disponibilidad en la granja.

1.7. Técnicas Experimentales

Las aves fueron asignadas aleatoriamente a los diferentes grupos que conformaron los tratamientos; dentro de cada grupo se asignaron 15 machos y 15 hembras. Cada una de las aves fue identificada mediante una banda elástica adhesiva numerada sujeta al tarso, la banda fue diferente de color según los tratamientos.

Realizada la identificación, inmediatamente se procedió a registrar el peso inicial y las pesadas subsiguientes se realizaron al cumplirse cada semana, hasta la séptima.

El alimento fue suministrado, inicialmente en bandejas y luego en tolvas, en cantidades que propiciaron consumo *ad libitum*. Se registró la cantidad de alimento suministrado y el residuo; los bebederos fueron abastecidos permanentemente con agua limpia. Las fuentes de oligoelementos orgánicos fueron incorporados a las raciones en las cantidades proporcionales especificadas para cada tratamiento.

Antes del empleo de las instalaciones, estas se limpiaron y desinfectaron. Se empleó cascarilla de arroz como material de cama. Se puso especial énfasis en las normas regulares de bioseguridad (vacunaciones, limpieza, control de la cama, acceso restringido, control de moscas, etc.)

1.8. Variables Evaluadas

Se registró y evaluó la siguiente información:

- Consumo de alimento
- Peso corporal e incrementos de peso
- Conversión alimenticia (kg de alimento consumido/ kg de peso vivo incrementado)
- Mérito económico (dinero gastado en alimento/ kg de peso vivo incrementado)

1.9. Evaluación de la Información

Tratándose de un experimento en el que consideró la evaluación de diez tratamientos se procedió a realizar el siguiente planteamiento estadístico de hipótesis:

$$\mathbf{H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6 = \mu_7 = \mu_8 = \mu_9 = \mu_{10}}$$

$$\mathbf{H_1: AL MENOS UNA MEDIA DIFIERE DEL RESTO}$$

las que fueron contrastadas mediante el diseño de tratamientos completamente al azar, que responde al siguiente modelo aditivo lineal (Ostle, 1979):

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \xi_{ij}$$

Donde: Y_{ij} , es la variable por evaluar; μ , es el verdadero efecto medio; τ_i , es el verdadero efecto del i-ésimo tratamiento; ξ_{ij} , es el verdadero efecto de la j-ésima unidad

experimental sujeta a los efectos del i-ésimo tratamiento (error experimental).

Se mantuvo la probabilidad máxima de 5% de cometer error de tipo I (Scheffler, 1982).

Las diferencias entre tratamientos fueron evaluadas mediante la dócima F, según el siguiente esquema de análisis de varianza (Ostle, 1979):

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F
Media	Myy	1	M	
Tratamientos	Tyy	$t - 1 = 9$	T	T/ E
Error experimental	Eyy	$t(r-1) = 290$	E	
TOTAL	Σy^2	$tr = 300$		

Los pesos iniciales y los incrementos de peso corregidos por regresión (X = edad, Y = peso corporal) fueron evaluados mediante la Prueba de Homogeneidad de Varianzas de Bartlett, para determinar homocedasticidad y aditividad.

Se realizó el análisis de covarianza para determinar el efecto de la variable concomitante (peso inicial) sobre los incrementos de peso.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes Bibliográficos

2.1.1. Minerales orgánicos

Se conocen como “minerales orgánicos” a los elementos minerales quelados a un portador orgánico. Quelación es la habilidad de un agente químico para formar un anillo con un ion metal; los agentes quelantes pueden ser inorgánicos u orgánicos (aminoácidos, polisacáridos, ácidos grasos volátiles). En una forma quelada los metales son absorbidos más eficientemente y su retención en el cuerpo es más alta que los mismos elementos en forma no quelada (Fouad, 1976; Stansbury *et al.*, 1990).

El interés por determinar el papel que juegan los minerales traza en fuentes “orgánicas” o quelatos en la nutrición animal han venido aumentando paulatinamente; muchos se presentan en la naturaleza ya en esta forma (Ej.: caseinato de calcio). No sólo son más biodisponibles, pues se absorben y transportan con mayor facilidad dentro del organismo, sino que también son más estables y no reaccionan con otros componentes de la dieta. Se asume que pueden dirigirse específicamente a ciertos órganos, tejidos o funciones del cuerpo y promover una “ventaja metabólica” para el organismo; generando, así, mayores niveles de rendimiento (Close, 1998).

Según Vohra y Kratzer (1964), un mecanismo mediante el cual un agente quelante puede mejorar la disponibilidad mineral depende que el agente quelante tenga una constante de estabilidad más fuerte para el metal que el agente quelante tenga una constante de estabilidad más fuerte para el metal forme un complejo con el agente quelante en el tracto digestivo, así el metal quelado puede ser absorbido si el complejo es una molécula relativamente pequeña. Producida la absorción el metal puede quedar disponible para funciones corporales específicas si es que puede ser separado del agente quelante; esto significa que los varios sistemas, en los cuales el metal es requerido para

un funcionamiento adecuado (Ejem.: enzimas, hormonas), deberían tener constantes de estabilidad, para el metal, más altas que para el agente quelante con el cual es absorbido. Para satisfacer los requerimientos de este mecanismo, un agente quelante, para ser efectivo en la mejora de la disponibilidad del metal, necesitaría tener una constante de estabilidad más fuerte que el agente ligante en el alimento y una constante de estabilidad más débil que el sistema del tejido.

Varias investigaciones han puesto en evidencia que la disponibilidad de los elementos minerales, en las fuentes orgánicas, se ve incrementada porque los quelatos tienen la habilidad para competir con sustancias antinutricionales (Ej.: ácido fítico) evitando que los elementos queden bloqueados e inútiles.

Así, una teoría, sostenida por Vohra y Kratzer (1964), postula que los complejos quelatos tienen la habilidad para competir contra el ácido fítico por su capacidad Zn – ligante; el Zinc contenido dentro del complejo – quelado forma un complejo soluble con el Zinc contenido en fuentes inorgánicas, después que forma complejo con el fitato, queda indisponible. Esto puede explicarse por que Zn - MET (metionato de Zn, zinc ligado al aminoácido metionina) ofrece más Zinc biodisponible que el sulfato en una dieta compleja, comparado a la pequeña ventaja ofrecida con una dieta desprovista de fitato y fibra soluble.

Davies *et al.* (1977) y Baker y Halpin (1988) han reportado que componentes del maíz, harina de soya y proteína aislada de soya reducen la biodisponibilidad del Zinc; estos ingredientes alimenticios no sólo contienen Zinc pobremente disponible, sino que en muchos casos también pueden reducir la disponibilidad del Zinc suplemental. Diferencias en el contenido de fitato y los diferentes mecanismos homeostáticos que ocurrían a bajos niveles de Zinc dietético (dieta con aislado de soya) vs. Niveles más altos (dieta C-SBM) pueden ofrecer explicaciones adicionales de cómo o porque los estímulos

de biodisponibilidad difieren entre las dos dietas. Los resultados del estudio indicaron que Zn MET proporciona más Zinc biodisponible que el sulfato u óxido de Zinc grado alimenticio, sin consideración de la dieta empleada. La mayor bio eficacia de Zn MET con relación a sulfato de Zinc en dietas que contienen fátato y fibra sugiere que el metabolismo de un complejo orgánico (Zn - metionina) difiere del metabolismo del Zinc proveniente de fuentes inorgánicas (Wedekind *et al.* 1992).

2.1.2. Comportamiento de aves suplementadas con minerales orgánicos

Wedekind y Baker (1989) reportaron mejores crecimientos e incremento en la deposición de Zinc del hueso en pollos alimentados con Zn Met en la ración con Oxido de Zinc y sulfato de Zinc.

Wedekind *et al.* (1992) realizaron ensayos para evaluar biodisponibilidad de Zinc, las dietas basales se formularon para ser adecuadas o súper adecuadas en todos los nutrientes excepto Zinc. Sin embargo, la dieta basal C - SBM, no suplementada con Zinc, contenía 45 mg de Zn/ Kg.; así, cubría los requerimientos de pollos (40 mg/ Kg.). Se hicieron adiciones dietéticas de Zn a expensas de dextrosa (dieta con aislado de soya) o almidón de maíz (dietas AA o C-SBM), el Zinc fue proporcionado como Zn MET, sulfato u óxido de Zn, todos en grado alimenticio. En el primer ensayo, adiciones dietéticas de 0, 7.5 y 15 Mg. de Zn/ Kg. proveniente de sulfato o Zn MET se incorporaron a las dietas cuya proteína provenía de aislado de soya; en el Ensayo N° 02, adiciones dietéticas de 0, 3, 6, y 9 Mg. de Zn/Kg. provenientes de sulfato o Zn MET se incorporaron a dietas cuyo aminograma provenía de aminoácidos (AA) cristalinos", en el Ensayo N° 03, niveles en exceso, pero no tóxicos de 0, 250, 500 y 750 Mg de Zn/ Kg., provenientes de óxido, sulfato o Zn MET fueron adicionados a una dieta que contenía 117 Mg. de Zn/Kg. (45 mg. De C-SBM y 72 mg de carbonato); en el Ensayo N° 04, sulfato o Zn MET se adicionaron a la dieta C - SBM no suplementada con Zn (45 Mg. de Zn/Kg.) en cantidades

para ofertar 0, 5, 10, 20, 30, 40 o 50 mg. de Zn suplemental/Kg.; en el Ensayo N° 05 las adiciones dietéticas incluyeron 0, 5 y 10 mg de Zn/Kg. provenientes de sulfato; 0, 5, 10, 20, 30, 40, y 50 Mg. de Zn/Kg. provenientes de óxido; y 4, 2 mg de Zn/Kg. proveniente de proteína aislado de soya. En el Ensayo N° 01, la ganancia de peso y el contenido de Zinc en la tibia respondieron linealmente a la ingestión suplemental de Zinc para Zn MET y sulfato; la concentración de Zinc del plasma tendió a incrementar linealmente en respuesta a las adiciones de sulfato, pero no respondió linealmente a las adiciones de Zn MET; al nivel intermedio de Zinc suplemental, las aves alimentadas con Zn MET consumieron más alimento que aquellas que recibieron sulfato de Zn, propiciándose un incremento del consumo de Zinc suplemental y basal; el incremento en ganancia de peso y en contenido total de Zinc en tibia en las aves que recibieron Zn MET puede haber resultado, en parte, del consumo incrementado de Zinc basal. En el Ensayo N° 02, en una dieta con AA cristalinos. Zn MET proveyó ligeramente más Zinc biodisponible que el sulfato (como quedó indicado por el contenido de Zinc del hueso). En el Ensayo N° 03, contrastes ortogonales simples no indicaron respuesta lineal en la concentración de Zinc del tejido para cualquiera de las fuentes de Zinc evaluadas; sin embargo, se consideró más importante el hecho que la concentración de Zinc de la tibia fue mayor para las aves que recibieron Zinc suplemental que para los que recibieron la dieta basal; se sugirió un rango de respuesta línea para el contenido del Zinc del hueso a los niveles más bajos de suplementación. En el Ensayo N° 04, comparando curvas de comportamiento, los puntos de inflexión indicaron que Zn MET proveyó 200% de Zinc biodisponible con relación a sulfato. En el Ensayo N° 05, la regresión lineal múltiple de contenido de Zinc del hueso (Y) sobre la ingestión de Zinc suplemental indicó que el Zinc proveniente de óxido fue (51% disponible con relación a sulfato (100%).

Sell, citado por REVESA (sin fecha), empleó pavitos de 4 a 21 días de edad para

determinar la biodisponibilidad de Zinc de tres fuentes (propionato, metionato y sulfato de Zn). Con las fuentes orgánicas se evaluaron dos niveles, para proporcionar 15 y 30 mg de Zn/ Kg. de alimento, y en el caso del sulfato tres niveles, para proporcionar 15, 30 y 45 mg de Zn/ Kg de alimento; además se contó con un tratamiento control. Al sulfato de Zinc se le asignó una biodisponibilidad de 100%, sobre esta base se determinó la biodisponibilidad de las dos fuentes orgánicas. Cuando las evaluaciones de biodisponibilidad se realizaron sobre el contenido del Zinc en las cenizas de la tibia ZinPro alcanzó 117% y KemZin 120.8%: cuando se empleó el nivel de Zinc en sangre la biodisponibilidad fue de 149.4 v 171.5%, respectivamente. Las formas orgánicas mostraron un incremento de la biodisponibilidad sobre el sulfato de Zinc y el propionato (KemZin) dio resultado similares o superiores comparados con los del metionato (ZinPro).

REVESA (sin fecha) reporta los resultados de una prueba, con pollos hasta los 21 días de edad, para comparar la biodisponibilidad biológica de Zinc proveniente de sulfato, metionato y propionato de Zinc. Se consideró la biodisponibilidad del sulfato en 100% en tanto que la de propionato y metionato, respectivamente, fue de 128.21 y 132.46% en función del peso vivo final; 128.4% y 131.52%. en función de la ganancia de peso; 100.3% y 90.38%, considerando la conversión alimenticia; 113.18 y 113.95%, teniendo en cuenta el contenido de cenizas en la tibia; 125.67 y 123.95%, con el contenido de Zn en las cenizas de la tibia; y de 113.33 y 124%, considerando el contenido de Zn del plasma.

Ruiz (2000) evaluó siete niveles de una fuente aportante de propionato de Zinc (0, 50, 100, 150, 200, 250 y 300 g/TM) en la dieta de pollos de carne Cobb desde los 21 hasta 49 días de edad. Respectivamente, en el orden mencionado, se obtuvo 0.19, 0.183, 0.185, 0.186, 0.184, 0.181, y 0.188 Kg de alimento consumido diariamente, promedio para todo

el ensayo; 2.438, 2.483, 2.741. 3.029, 3.132. 3.306 y 3.553 Kg por ave de peso final; 55.8, 60.1. 65.5. 75.5. 81.97. 85.4 y 94.8 g por ave por día de incremento de peso; 27.74, 29.25, 27.69, 30.78, 27.84, 29.74. y 28.75% de cenizas (base seca) en el hueso del tarso: 3.41, 2.80, 2.83, 2.47, 2.24, 2.12 y 1.99 de conversión alimenticia; 2.83, 2.53, 2.35, 2.05, 1.85, 1.76 y 1.65 de mérito económico. Se infirió que el mayor efecto que se logró con los niveles mayores del producto se debe a la elevada calidad genética de las aves experimentales.

Cotrina (2000) evaluó seis niveles de una fuente de propionato de Zinc (50, 100, 150, 200, 250 y 300 g/TM) y seis de una premezcla vitamínico - mineral (500, 1000, 1500, 2000, 2500 y 3000 g /TM) que incluía cuatro minerales (Cu, Co, Zn, Mn) orgánicos en la forma de propionato, además de un testigo (sin inclusión de minerales orgánicos); en gallinas ponedoras Isa Brown de 36 semanas de edad, durante 12 semanas experimentales. El propionato de Zn, principalmente a niveles de 250 y 200 g por tonelada de alimento, propició incrementos sustanciales, a lo largo del tiempo, sobre el porcentaje de postura, masa del huevo, peso promedio del huevo, conversión alimenticia y mérito económico.

2.1.3. Papel nutricional de cobre, manganeso y zinc

Cobre

En términos generalizados el cobre (Cu) es absorbido pobremente; la cantidad de absorción está influenciada por la forma química. En adultos se absorbe no más de 5 a 10 % del elemento presente en la dieta, en animales jóvenes de 10 a 15 % (Underwood, 1977). Puede ser absorbido en todos los segmentos del tracto gastro intestinal (TGI), aunque la sección anterior del intestino delgado (ID) parece jugar el rol principal en la absorción. Starcher (1969) investigó el mecanismo de absorción en el pollo y encontró apreciable absorción de Cu⁶⁴ desde los proventriculos y duodeno; siendo la absorción en

el último órgano cinco veces la del anterior. La homeostasia se realiza controlando la tasa de absorción, esta es regulada por la mucosa intestinal. La absorción intestinal es regulada por la necesidad del organismo y la metalotioneína juega un rol clave en tal regulación. La absorción intestinal está influenciada por la forma química e interacciones con otros factores dietéticos. La absorción es reducida por la presencia de fitatos dietéticos, altos niveles de Ca, Fe, Zn, Cd o Mo. El Cu es absorbido por dos mecanismos, uno saturable y el otro no saturable. Mediante transporte activo para el primero y difusión simple para el segundo. El Cu absorbido se liga estrechamente a la albúmina y aminoácidos séricos y así es transportado a través del cuerpo; siendo almacenado principalmente en el hígado. Primariamente, el Cu es liberado de las fracciones celular y sub - celular del hígado para la síntesis hepática de ceruloplasmina, para síntesis de eritrocupreína por normoblastos de la matriz ósea y para incorporación en muchos enzimas (McDowell, 1992). Una alta proporción de Cu ingerido aparece en heces; mucho de este es Cu no absorbido, pero también ocurre una excreción activa vía bilis (Underwood, 1977).

El Cu es requerido para la respiración celular, formación ósea, apropiada función cardíaca, desarrollo de tejido conectivo, mielinación de la cuerda espinal, keratinización y pigmentación de tejido; es componente esencial de varias metaloenzimas fisiológicamente importantes (citocromo oxidasa, lisiloxidasa, superóxido dismutasa, dopamina - β - hydroxilasa y tirosinasa) (McDowell, 1992).

El síntoma general de deficiencia de Cu en aves es la anemia. Frecuentemente los pollos mueren de hemorragia interna como resultado de vasculatura defectuosa antes de mostrar anemia severa. Las aortas tienen déficit de elastina y, generalmente, pared engrosada y con aneurismas. El agrandamiento del corazón es una patología común de pollos y pavos Cu - deficientes; pavitos alimentados con dieta Cu - deficiente desarrollaron anemia intermedia a las 4 semanas de recibir dicha dieta. En tanto que

pollitos la presentaron en 2 a 4 semanas y los huesos fueron quebradizos. Los huesos largos, especialmente los metatarsales, estuvieron curvados y excesivamente frágiles. El cartílago espifiseal empezó a engrosarse y se suprimió la invasión vascular del cartílago engrosado. El defecto en el hueso Cu - deficiente esta asociado con la matriz orgánica y más particularmente con la falla de los ligamentos cruzados de colágeno. Bajo condiciones Cu - deficientes los pavitos desarrollaron tarsos agrandados y perosis. (O'Dell, 1979).

Manganeso

Aparentemente la absorción de manganeso (Mn) ocurre a lo largo del ID en dos pasos: captación desde el lumen intestinal, luego transferencia a través de las células mucosales. La absorción es relativamente pobre; en especies aviares menos de 0.1% de una dosis oral. La absorción es influenciada por la presencia de otros elementos, especialmente Ca, P y Fe. En aves, altos niveles dietéticos de fosfato de Ca agravan la deficiencia de Mn debido a una reducción de Mn soluble. En pollos, altos niveles de Fe dietético pueden acentuar la severidad de perosis, probablemente por disminución de la absorción de Mn. El Mn compite directamente con Ca y Fe por lugares de unión; así, los excesos de Fe o Ca podrían inducir deficiencia de Mn, y exceso de Mn o Ca inducirán deficiencia de Fe. El Mn absorbido puede permanecer libre o ser rápidamente ligado a α_2 - macroglobulina antes de ingresar al hígado, de donde es extraído; sin embargo, algo del Mn ligado a α_2 - macroglobulina puede ingresar a la circulación sistémica, ser oxidado al estado mangánico y ligarse a la transferrina. Empleando Mn^{54} se determinó que la transferrina es la principal proteína portadora de Mn en el plasma, sin tener en cuenta la ruta de administración. Mn puede funcionar tanto como activador o como constituyente de metaloenzimas; contienen Mn la arginasa, piruvato carboxilasa y Mn - superóxido dismutasa. Son más abundantes los enzimas que pueden ser activadas por Mn, incluyen

hidrolasa, quinases, decarboxilasas y transferasas. Mn es esencial para, el desarrollo de la matriz orgánica del hueso, lo cual está compuesta ampliamente de mucopolisacarido. La deficiencia de Mn puede causar un defecto congénito irreversible en pollos jóvenes, ratas y cuyes; caracterizándose por ataxia y pérdida de equilibrio. Desde hace algún tiempo se conoce una asociación metabólica entre Mn y Colina el hígado graso en ratas, inducido por deficiencia de Mn, es aliviado ya sea por Mn o Colina; tanto Mn como colina son necesarios para la prevención de perosis en aves. Mn está involucrado en la biosíntesis de colina; además, los cambios en la ultraestructura del hígado que surgen en la deficiencia de colina son muy parecidos a aquellos en deficiencia de Mn, la utilización de glucosa es perjudicada por la deficiencia de Mn la necropsia ha revelado anomalías groseras en el páncreas (aplasia o hipoplasia marcada de todos los componentes celulares); asimismo, Mn puede estar involucrado de alguna manera en la formación o actividad de insulina. Mn juega un papel en la función inmunológica; se ha demostrado la interacción de Mn con neutrófilos y macrófagos, posiblemente mediante interacciones con la membrana de plasma de células empleadas en la respuesta inmune (McDowell, 1992).

La deficiencia de Mn más comúnmente observada en pollos es la perosis; es una malformación de huesos caracterizada por ensanchamiento y malformación de las articulaciones tibio-metatarsales, torsión y doblamiento de la tibia y el tarso-metatarso, engrasamiento y acortamiento de los huesos largos, y deslizamiento del tendón gastrocnemio o de Aquiles de sus cóndilos. Pueden afectarse ambas o una pata. En la inducción de perosis están involucradas las deficiencias de otros nutrientes (colina, biotina y vitaminas del complejo B). La enfermedad también se agrava por altas ingestiones de Ca y P. La condrodistrofia es caracterizada por crecimiento defectuoso, edema enfermedad generalizada de huesos y alta mortalidad; hay protrusión del abdomen,

cabeza redondeada y el subdesarrollo de la mandíbula inferior hace que los pollos parezcan loros (pico de loro). En pollitos, una deficiencia de Mn produce síntomas nerviosos (ataxia), caracterizándose por una postura mirando a las estrellas”, similar a la observada con la deficiencia de ti amina; al parecer los otolitos del oído medio son defectuosos o están ausentes. La condrodistrofia en embriones de pollo y el crecimiento desproporcionado en el lugar de la matriz otolítica ocasionan un desarrollo anormal del oído medio, ambos parecen estar causados por defectuosa síntesis de mucopolisacáridos. (Scott *et al.*, 1982).

Zinc

El Zinc (Zn) es absorbido principalmente a través del ID de los no rumiantes y, en cantidad limitada, en el estomago de ratas y proventrículos de pollos. Después de la absorción, el Zn en el plasma se distribuye entre dos fracciones principales; casi dos tercios está flojamente ligado a la albúmina y mucho del tercio restante está estrechamente ligado a la α_2 macroglobulina. El Zn está ampliamente distribuido a través del cuerpo; sin embargo, el organismo tiene una capacidad limitada para almacenar Zn en una forma que pueda ser movilizada rápidamente para prevenir la deficiencia. En general los almacenes fácilmente disponibles de Zn son bastante pequeños, como se ha reflejado dramáticamente por la disminución de los valores plasmáticos hasta el rango de deficiencia dentro de las 24 horas después de suministrar dietas con contenidos muy bajos. La metalotioneína actúa como una forma de almacén principal en el hígado y se moviliza durante la necesidad metabólica (Underwood, 1977).

El Zn está asociado con enzimas, como parte de la molécula y como un activador; en su rol estructural, usualmente estabiliza la estructura cuaternaria de los enzimas; cantidades sustanciales de Zn, firmemente ligado, estabilizan las estructuras de ARN, ADN y ribosomas. Tiene muchas interacciones biológicamente significativas con hormonas; juega un rol en la producción, almacenamiento y secreción de hormonas

individuales, así como en la efectividad de los sitios receptores y en la capacidad de respuesta de los órganos terminales; entre los efectos más notables de la deficiencia de Zn, sobre la producción y secreción de hormonas, están aquellas relacionadas a la testosterona, insulina y corticoides adrenales. Mundialmente se ha observado retardo en el crecimiento bajo condiciones de deficiencia de Zn, quizás debido al daño de la biosíntesis de ácidos nucleicos (O'Dell, 1981); también hay una mala utilización de aminoácidos o síntesis de proteína, pérdida de apetito; se ha indicado que el pobre crecimiento puede ser sólo el signo visible de una deficiencia media de este elemento. Un aspecto prominente de la deficiencia lo constituye las anormalidades esqueléticas; en las aves se observa acortamiento y engrosamiento de los huesos largos, se reduce la amplitud epifiseal y se da menor división celular; se ha reportado una marcada reducción de la síntesis o intercambio de colágeno óseo, debido a reducción en la actividad del enzima colagenasa tibial, que es una Zn-metaloenzima (Starcher *et al.*, 1980). Otros investigadores han reportado que la piel, que es particularmente rica en Zn, muestra lesiones paraqueratóticas, como signos característicos de la deficiencia en este elemento (Miller *et al.*, 1979; O'Dell, 1979). Así mismo, se ha determinado que el Zn es especial para la integridad del sistema inmune; indicándose que diversidad de efectos sobre la inmunocompetencia, como resultado de la deficiencia, están relacionados a la producción y actividad de la hormona tímica, función linfática, función asesina natural, citotoxicidad célula-mediada anticuerpo dependiente, ontogenia inmunológica, función neutrófila y función linfocina (Hambidge *et al.*, 1986). Síntomas tempranos de deficiencia, en muchas especies, con apariencia deshidratada, hematocrito elevado y diarrea han sido reportados por O'Dell (1981). Los investigadores han reportado que en pollos no hubo cambio en el contenido total de agua, sino un cambio marcado de agua desde el compartimento extra al intracelular; el agua extracelular varió de 29.4 a 19.6% del peso

corporal y el volumen del plasma de 6.0 a 3.4%; también se ha demostrado el desarreglo del balance de electrolitos, un cambio del contenido de Na en el interior de los tejidos puede explicar la más alta concentración de agua en las células de los tejidos mayores; el desarreglo de las concentraciones sodio: potasio en los tejidos sugiere un cambio en la permeabilidad de la membrana (“membranas que hacen agua”) o un defecto de la bomba de sodio. Así mismo, los investigadores indican que el Zn mantiene concentraciones normales de vitamina A en el plasma y que es necesario para el normal funcionamiento del epitelio general del ovario; adicionalmente, que participa en la protección de membranas, en el metabolismo de prostaglandinas y lípidos, y en el crecimiento microbial (O’Dell, 1981; Hambidge *et al.*, 1986).

2.2. Base Teórica

Los minerales ligados a bases orgánicas pueden ser mejor absorbidos y transportados hacia los lugares en los que se necesitan para las funciones de síntesis de tejidos, como ha sido indicado por Vohra y Kratzer (1964), Wedekind *et al.* (1992), Close (1998), entre otros investigadores; así, el empleo de suplementos minerales a base de quelatos permitiría que los pollos de carne logren rendimientos mejores en base a su incremento de peso, conversión alimenticia y mérito económico.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Consumo de Alimento

En las tablas 1 y 2 se muestran los resultados referentes al consumo de alimento en pollos de carne Hybro que recibieron suplemento de una fuente de Zinc orgánico y otra de varios oligo - elementos orgánicos, respectivamente, en la dieta a diferentes niveles; en ambos casos contrastados con el grupo (tratamiento) testigo que no incluyó suplemento de elementos orgánicos y en cada una de las siete semanas que duró el ensayo.

Tabla 1. Consumo de alimento en pollos de carne Hybro (0 – 7 semanas) que recibieron un suplemento de Zn orgánico en la dieta

Tratamiento:	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Zn-orgánico en la dieta (g/ TM)	0	100	200	300	400	500
Primera semana						
Kg/ pollo/ semana	0.124	0.115	0.127	0.123	0.132	0.133
g/ pollo/ día	17.73	16.43	18.10	17.57	18.81	19.05
Segunda semana						
Kg/ pollo/ semana	0.348	0.330	0.329	0.355	0.333	0.333
g/ pollo/ día	49.75	47.14	47.02	50.74	47.62	47.62
Tercera semana						
Kg/ pollo/ semana	0.561	0.538	0.543	0.577	0.552	0.587
g/ pollo/ día	80.10	76.91	77.50	82.39	78.81	83.80
Cuarta semana						
Kg/ pollo/ semana	0.735	0.747	0.713	0.785	0.742	0.790
g/ pollo/ día	105.0	106.7	101.8	112.1	106.0	112.9
Quinta semana						
Kg/ pollo/ semana	0.907	0.916	0.921	0.969	0.916	0.951
g/ pollo/ semana	129.6	130.9	131.6	138.4	130.8	135.8
Sexta semana						
Kg/ pollo/ semana	1.265	1.143	1.218	1.278	1.201	1.245
g/ pollo/ día	180.7	163.3	174.1	182.5	171.6	177.8
Séptima semana						
Kg/ pollo/ semana	1.164	1.172	1.210	1.230	1.167	1.236
g/ pollo/ día	166.3	167.5	172.9	175.8	166.7	176.5
Total, acumulado						
Kg/ pollo	5.104	4.961	5.061	5.317	5.043	5.275
g/ pollo/ día	104.2	101.2	103.3	108.5	102.9	107.7

El consumo promedio por ave fluctuó entre 16.43 y 19.05 g/ día, en la primera semana de edad; los mayores consumos se registraron en los tratamientos 5 y 6 (con 400 y 500 g de la fuente de Zn - propionato/ Tonelada de alimento) que superaron al testigo en 2.1 y 2.8%, respectivamente; los tratamientos restantes se comportaron igual al testigo

o estuvieron ligeramente por debajo de él. Durante la segunda semana varió entre 47.02 y 50.74 g/día; con excepción del tratamiento 4 (300 g de la fuente de Zn - propionato/TM) que superó al testigo en 2%, el resto de los tratamientos estuvieron ligeramente por debajo del testigo. En la tercera semana estuvo entre 75.86 y 83.8 g/ día; los tratamientos 4, 6, 7 y 10 superaron al testigo en 2.9, 4.6, 1.4 y 1.5%, respectivamente; los tratamientos restantes estuvieron por debajo del testigo. Durante la cuarta semana el consumo fluctuó entre 101.79 y 112.88 g/ave/día; los tratamientos 10, 4 y 6 superaron al testigo en 6.1, 6.8 y 7.5 %; los tratamientos 7 y 9 en 3.6 y 5.2 %, respectivamente; los tratamientos restantes estuvieron ligeramente por encima o por debajo del testigo. Para la quinta semana el consumo registrado varió entre 129.59 y 138.39 g por pollo por día; todos los tratamientos superaron al testigo, en mayor proporción los tratamientos 4, 6, 7, 8, 9 y 10 en 6.8, 4.8, 4.1, 3.8, 3.1 y 3.7%, respectivamente. En tanto que para la sexta semana sólo los tratamientos 4 y 7 superaron al testigo ligeramente; el resto de tratamiento fueron superados por el testigo, especialmente los tratamientos 2 (en 9.6 %), 5(en 5.08 %) y 8 (en 6.5 %); el consumo varió entre 163.3 y 185.46 g por pollo por día. Para la sétima semana el consumo promedio por día por ave varió entre 161.74 y 176.79 g. Los tratamientos y 9 estuvieron ligeramente (alrededor de 2 %) por debajo del testigo, en tanto que los tratamientos restantes lo superaron, principalmente 3, 4, 6 y 10 en 3.9, 5,7, y 6.3 %.

Al evaluar el consumo registrado en cada semana se notó que hasta la sexta semana los consumos promedio por ave por día se ajustan a lo esperado; en tanto que en la sétima semana el consumo tuvo una caída considerable. A tal edad se esperan consumos entre 195 y 200 g por ave por día en tanto que los registrados variaron entre 161 y 176, estando por debajo de lo esperado en alrededor, de 15 %. Tal reducción en el consumo no es debida a las fuentes de minerales orgánicos que se han evaluado (toda vez

que también se apreció en el testigo, que no incluyó ninguna de las dos fuentes), sino, más bien, al alimento finalizador el cual podría haber incluido una mayor proporción de algún insumo fibroso (Ej.: subproducto de trigo).

Tabla 2. Consumo de alimento en pollos de carne Hybro (0 – 7 semanas) que recibieron suplemento de minerales orgánicos en la dieta

Tratamiento:	T1	T7	T8	T9	T10
Fuente de minerales orgánicos (Kg/ TM)	0	1	2	3	4
Primera semana					
Kg/ pollo/ semana	0.124	0.124	0.126	0.123	0.128
g/ pollo/ día	17.73	17.74	17.98	17.62	18.23
Segunda semana					
Kg/ pollo/ semana	0.348	0.345	0.345	0.338	0.345
g/ pollo/ día	49.75	49.26	49.26	48.28	49.26
Tercera semana					
Kg/ pollo/ semana	0.561	0.569	0.554	0.531	0.569
g/ pollo/ día	80.10	81.25	79.06	75.86	81.28
Cuarta semana					
Kg/ pollo/ semana	0.735	0.762	0.728	0.773	0.779
g/ pollo/ día	105.0	108.8	104.1	110.5	111.3
Quinta semana					
Kg/ pollo/ semana	0.907	0.945	0.941	0.935	0.941
g/ pollo/ semana	129.6	135.0	134.5	133.6	134.4
Sexta semana					
Kg/ pollo/ semana	1.265	1.298	1.183	1.238	1.254
g/ pollo/ semana	180.7	185.5	169.0	176.9	179.1
Séptima semana					
Kg/ pollo/ semana	1.164	1.132	1.141	1.145	1.238
g/ pollo/ día	166.3	161.7	163.1	163.6	176.8
Total, acumulado					
Kg/ pollo	5.104	5.175	5.018	5.083	5.254
g/ pollo/ día	104.2	105.6	102.4	103.7	107.2

El consumo general (para todo el período), que permite evaluar el comportamiento global entre tratamientos, fue de 5.104, 4.961, 5.061, 5.317, 5.043, 5.275, 5.175, 5.018, 5.083 y 5.254 Kg. por pollo por período, respectivamente para los tratamientos desde el primero al décimo. En tanto que el consumo promedio diario, en el mismo orden, fue de 104.2, 101.2, 103.3, 108.5, 102.9, 107.7, 105.6, 102.4, 103.7 y 107.2 g. Se puede apreciar que consumos superiores al testigo sólo fueron logrados por los tratamientos 4 (en 4.13%), 6 (en 3.36%), 7 (en 1.34%) y 10 (en 2.88%); los tratamientos restantes estuvieron por debajo, pero muy parecidos, al consumo registrado con el testigo.

Los consumos logrados en el presente ensayo son inferiores a los registrados por Ruiz (2000) quien, trabajando con pollos Cobb 500, reporta consumos fluctuantes entre 113 y 137 g / Pollo/ día durante la cuarta semana de edad, entre 106 y 171 g para la quinta semana, entre 196 y 218 g para la sexta semana, y entre 239 y 246 g por pollo por día durante la séptima semana de edad; cuando evaluó diferentes niveles de la misma fuente de propionato de Zinc. La autora no reporta, en general, cifras de consumo menores a las del grupo testigo; ella indica que el consumo de alimento tiende a ser menor en todas las especies animales sometidas a condiciones de deficiencia de Zinc y que se esperaría que, bajo condiciones de una oferta extra de Zinc, se pueda promover un mayor consumo; sin embargo, menciona, lejos de lograrse un mayor consumo, este fue menor (aunque ligeramente). La autora indica que, desde el punto de vista homeostático, el comportamiento registrado es explicable; toda vez que en el organismo a tener una oferta extra de un nutriente disminuirá el consumo de alimento para tratar de mantener una relación adecuada entre todos los nutrientes.

La primera sugerencia con respecto a qué el Zinc esta bajo control homeostático fue proporcionada por Cotzias *et al.* (1962), desde entonces se desarrollaron numerosos ensayos para determinar los mecanismos que controlan el balance de Zn. Se ha puesto bastante interés en una metalo - proteína de pequeño peso molecular, metalotioneína, descrita por primera vez por Kagi *et al.* (1960); esta proteína está presente en la mucosa intestinal y participa en la absorción, almacenamiento o detoxificación de Zn (Starcher, 1969; Richards y Cousins, 1975, 1976, 1977; Leber y Miya, 1976; Webb y Verschoyle, 1976). Se ha indicado que el estatus de Zn de un animal puede alterar los niveles intestinales de metalotioneína elevándose rápidamente la proteína inmediatamente después de la administración oral o parenteral de Zn (Richards y Cousins, 1975; Bremner y Davies, 1965); en un inicio se propuso que jugaba un rol importante en la absorción de

Zn, rol que fue considerado. Cousins (1979) y Richards y Cousins (1975) concluyeron que la metalotioneína tenía una función reguladora específica en el metabolismo del Zinc; sin embargo, la absorción estaba inversamente relacionada a la concentración de metalotioneína, sugiriendo que ésta sirve como un bloqueo mucosal a la absorción de Zn. Posteriormente (Evans *et al.*, 1979) se ha sostenido que la homeostasia del Zn es mantenida mediante secreción de este elemento dentro del lumen intestinal más que mediante control de la absorción de Zn; la metalotioneína no se consideró importante en la regulación de los procesos de absorción. Los resultados obtenidos por Starcher *et al.*, (1980) sugirieron que considerable control de la absorción del Zn reside dentro del intestino y es directamente proporcional al contenido intestinal de metalotioneína. Por lo citado, resulta evidente la existencia de puntos de vista en conflicto sobre el rol de la metalotioneína en el metabolismo del Zn, una razón para esto puede ser que la proteína sirven para más de una función en el organismo; indudablemente la metalotioneína protege contra la toxicidad de metales pesados, esta protección es mediada a través de niveles elevados de metalotioneína en los tejidos; también se ha señalado la función de almacenamiento de metales traza por parte de la metalotioneína (Richards y Cousins, 1975; Richards y Cousins, 1976; Cousins, 1977); bajo condiciones normales la metalotioneína del hígado está formando complejos principalmente con Zn, un hecho que resalta la importancia de esta proteína en el almacenamiento y metabolismo de Zn. Los experimentos de Starcher *et al.* (1980) no probaron que la Zn - metalotioneína sea la única forma de transporte del Zn desde el lumen hacía la serosa intestinal; podría argüirse que la incrementada Zn - metalotioneína intestinal provee un almacén temporal de las concentraciones elevadas de Zn, el cual conduce la absorción de Zn mediante un efecto gradiente; al mismo tiempo, esta capacidad de almacenaje proveería alguna restricción a la oferta de Zn, previniendo al animal de estar siendo sobre suplementado con Zn hasta

que la carga pueda reducirse.

Las evidencias bibliográficas explicarían el comportamiento de los tratamientos 2, 3, 5, 7 y 8, en los que el consumo general fue menor al registrado con el testigo. Sin embargo, no es concordante con lo sucedido en los tratamientos 4, 6, 7 y 10.

3.2. Peso Corporal e Incremento de Peso

Los resultados relacionados con los pesos corporales e incrementado de peso logrados, a través de todo el ensayo, son mostrados en las Tablas 3, 4, 5 y 6; en las Tablas 3 y 4 los referentes a los pesos corporales, respectivamente para la fuente de Zinc orgánico (Zn - propionato) y la fuente de varios oligo - elementos orgánicos (Cu- , Co-, Mn- y Zn- propionato) suplementada en la dieta; en tanto que, en las Tablas 5 y 6 los referentes a los incrementos de peso. En todos los casos comparados con el tratamiento testigo.

Tabla 3. Pesos corporales en pollos de carne Hybro (0 – 7 semanas) que recibieron suplemento de Zn-orgánico en la dieta

Tratamiento:	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Zn-orgánico en la dieta, g/ TM:	0	100	200	300	400	500
Días experimentales	49	49	49	49	49	49
Pollos por tratamiento	30	30	30	30	30	30
Peso inicial, g.	42.4	42.1	42.1	42.5	42.2	42.1
Peso corporal al finalizar (g):						
Primera semana	110	106	106	115	125	113
Segunda semana	269	263	272	274	284	261
Tercera semana	605	586	599	615	644	612
Cuarta semana	1013	1005	1000	1010	1061	1023
Quinta semana	1472	1461	1503	1505	1535	1476
Sexta semana	2040	2009	2125	2104	2128	2006
Séptima semana	2445	2426	2581	2525	2537	2497

Los pesos iniciales, promedio por tratamiento, fluctuaron entre 41.74 y 42.47 g. La prueba de homogeneidad de varianzas (Anexo 1)) indicó que la componente residual de varianzas estuvo uniformemente distribuida entre tratamientos. Al finalizar la primera semana de edad los pesos corporales fluctuaron entre 98.99 y 114.67 g; el menor peso corporal promedio correspondió al tratamiento 9, el cual había registrado el menor peso inicial; superaron al testigo los tratamientos 4, 5, 6, 7, 8 y 10, en tanto que fueron

inferiores los tratamientos 2, 3 y 9; el tratamiento con el mayor peso corporal al finalizar la primera semana fue el tratamiento 5 (400 g de la fuente de Zn - propionato por TM de alimento) que superó al testigo en 14%.

Tabla 4. Pesos corporales en pollos de carne Hybro (0 – 7 semanas) que recibieron suplemento de minerales orgánicos en la dieta

Tratamiento:	T1	T7	T8	T9	T10
Fuente de minerales orgánicos (Kg/ TM) 0	1	2	3	4	
Días experimentales	49	49	49	49	49
Pollos por tratamiento	30	30	30	30	30
Peso inicial, g.	42.4	42.1	42.1	41.7	42.0
Peso corporal al finalizar (g):					
Primera semana	110	112	112	99	110
Segunda semana	269	280	285	249	271
Tercera semana	605	597	636	569	614
Cuarta semana	1013	1020	1033	1000	1046
Quinta semana	1472	1504	1524	1498	1521
Sexta semana	2040	2127	2068	2125	2150
Séptima semana	2445	2535	2474	2524	2579

Los pesos corporales, promedio por tratamiento, al finalizar la segunda semana de edad fluctuaron entre 249 y 285.4 g. El menor peso promedio fue, como en la semana anterior, para el tratamiento 9 (3 Kg de la fuente de varios elementos orgánicos por TM de alimento) con 249 g. (7.3% por debajo del testigo, mostrando algo de compensación ya que en la semana anterior estuvo casi 10% por debajo del testigo); los tratamientos 3, 4, 5, 7, 8 y 10 superaron al testigo en 1.23, 2.01, 5.73, 4.02, 6.22 y 0.86%, respectivamente. En esta semana el tratamiento 5 nuevamente mostró una buena performance, pero el mayor peso corporal fue logrado por el tratamiento 8 (2 Kg. de la Fuente orgánica de varios oligo - elementos orgánicos por tonelada de alimento), con un promedio de 285.4 g.

Para la tercera semana de edad de los pesos corporales, promedio por tratamiento, fluctuaron entre 568,9 y 644 g. El tratamiento 9 repite la menor performance, pero menos alejado de lo logrado por el testigo (alrededor de 6% por debajo); en tanto que las mejores performances fueron logradas por los tratamientos 5 y 8 (6.39 y 5,1%, respectivamente,

sobre el testigo); pesos por debajo del testigo fueron logrados por los tratamientos 2, 3, 7 y 9.

Al finalizar la cuarta semana de edad los pesos corporales, promedio por tratamiento, variaron entre 1000 y 1061 g. El tratamiento 9 estuvo por debajo del testigo, pero en mucho menor grado (1.2%) en comparación con la semana anterior; pero fue la menor, ya que el tratamiento 3 estuvo 1.3% debajo del testigo. Nuevamente, la mejor performance fue lograda por el tratamiento 5.

En la quinta semana, con excepción del tratamiento 2, que estuvo ligeramente (0.77%) por debajo del testigo, todos los tratamientos superaron al testigo (2.04, 2.24, 4.26, 0.24, 2.13, 3.51, 1.75 y 3.31%, respectivamente desde el tercero al décimo). Estando el mejor peso en los tratamientos 5 (1535.1 g), 8 (1524.1 g) y 10 (1521.1 g).

Tendencia parecida se notó a la sexta semana; en tanto que a la séptima semana todos los tratamientos con suplementos de minerales orgánicos superaron al testigo. En la sexta semana los pesos fluctuaron, entre 2009.0 y 2150 g; para la séptima semana entre 2444.9 y 2581 g.

Tabla 5. Incremento de peso corporal en pollos de carne Hybro (0 – 7 semanas) que recibieron suplemento de Zn-orgánico en la dieta

Tratamiento:	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Zn-orgánico en la dieta, g/ TM:	0	100	200	300	400	500
Días experimentales	49	49	49	49	49	49
Pollos por tratamiento	30	30	30	30	30	30
Incremento de peso (g/ pollo/ día) en:						
Primera semana	9.56	9.16	9.12	10.3	11.8	10.2
Segunda semana	22.8	22.4	23.7	22.8	22.8	21.1
Tercera semana	48.1	46.1	46.7	48.6	51.6	50.1
Cuarta semana	58.2	56.9	57.3	56.5	59.6	58.8
Quinta semana	65.8	65.1	71.8	70.7	62.7	59.6
Sexta semana	81.0	78.3	88.9	85.5	84.8	84.3
Séptima semana	57.9	66.7	65.1	60.1	58.4	61.5
General / período experimental	49.0 ^a	49.7 ^a	51.8 ^a	50.7 ^a	50.9 ^a	50.1 ^a

^a Letras iguales sobre los promedios indican ausencia de significación estadística (P>0.05) entre tratamientos.

Sin embargo, el verdadero efecto de los tratamientos se puede apreciar mejor

cuando se analiza el incremento de peso corporal (Tabla 5 y 6).

Tabla 6. Incremento de peso corporal en pollos de carne Hybro (0 – 7 semanas) que recibieron suplemento de minerales orgánicos en la dieta

Tratamiento:	T1	T7	T8	T9	T10
Fuente de minerales orgánicos (kg/ TM)	0	1	2	3	4
Días experimentales	49	49	49	49	49
Pollos por tratamiento	30	30	30	30	30
Incremento de peso (g/ pollo/ día) en:					
Primera semana	9.56	9.96	10.0	8.18	9.76
Segunda semana	22.8	24.0	24.7	21.4	23.0
Tercera semana	48.1	45.4	50.1	45.7	49.0
Cuarta semana	58.2	60.4	56.6	61.6	61.7
Quinta semana	65.8	69.1	70.2	71.1	67.9
Sexta semana	81.0	89.0	77.7	89.6	89.9
Séptima semana	57.2	58.2	58.0	57.2	61.2
General/ período experimental	49.0 ^a	50.9 ^a	49.6 ^a	50.7 ^a	51.8 ^a

^a Letras iguales sobre los promedios indican ausencia de significación estadística ($P>0.05$) entre tratamientos.

Expresados en gramos por pollo día, estos fluctuaron entre 8.18 y 11.79 durante la primera semana; superaron al testigo los tratamientos 4, 5, 6, 7, 8 y 10; el tratamiento que mejor respondió fue el 5 (400 g de la fuente de Zn - propionato por tonelada de alimento) que superó al testigo en 23,33%; los tratamientos que estuvieron por debajo del testigo fueron 2, 3 y 9; el que logró los menores incrementos por día fue el 9 (3 Kg. de la fuente de varios oligo - elementos orgánicos por tonelada alimento) con cerca de 15% por debajo del testigo.

En la segunda semana experimental fluctuaron entre 21.08 y 24.74 g.; los tratamientos 3, 7, 8 y 10 superaron al testigo; el mejor rendimiento en esta semana se logró con el tratamiento 8 (2 Kg. de la fuente de varios oligo - elementos orgánicos de TM de alimento), que superó al testigo en 8.65%; tratamientos por debajo del testigo fueron 2, 6 y 9; el menor rendimiento en esta semana fue el logrado por el tratamiento 6 (500 g de la fuente de Zn - propionato por TM de alimentos), con 7.4% menos que el testigo.

Para la tercera semana, los promedios por tratamiento variaron entre 45.36 y

51.57; los tratamientos 4, 5, 6, 8 y 10 superaron al testigo; el tratamiento 5 lo superó en 7.26%; los tratamientos 2, 3, 7 y 9 estuvieron por debajo con respecto al testigo; el más bajo fue el tratamiento 7 con 5.66% menos que el testigo.

Para la cuarta semana, fluctuaron entre 56.52 y 61.74; superaron al testigo los tratamientos 2, 5, 6, 7, 9 y 10; el tratamiento 10 lo superó en 6.14%; por debajo del testigo estuvieron los tratamientos 3, 4 y 8; el tratamiento más bajo fue el 4, superado por el testigo en 2.84%.

En la quinta semana, los promedios de incremento diario por tratamiento, estuvieron entre 59.57 y 71.79 g; el mejor tratamiento (3) superó al testigo en un 9.12% y el menor (6) fue superado por el testigo en 9.45%; superaron al testigo los tratamientos 3, 4, 5, 7, 8, 9 y 10; y por debajo del testigo los tratamientos 2 y 6.

Para la sexta semana los promedios fluctuaron entre 77.74 y 89.88 g; superaron al testigo los tratamientos 3, 4, 5, 6, 7, 9 y 10; sobre todo el 9 y 10 por más de 10%; por debajo del testigo tuvieron el 2 y 8, este último en casi 4% menos que el testigo.

En la última semana se apreciaron incrementos de peso por debajo de lo esperado, en todos los tratamientos, como respuesta a un menor consumo de la dieta finalizadora. Pero evaluando el efecto de las fuentes y niveles evaluados se apreció que, con excepción del tratamiento 9, todos los restantes superaron al testigo, sobretodo el tratamiento 2 en 15.13%.

Cuando se calculó el incremento diario de peso para todo el periodo experimental, éste estuvo alrededor de los 50 g para todos los tratamientos; pero todos estuvieron sobre el testigo, en 1.28, 5.69, 3.3, 3.83, 2.16, 3.81, 1.22, 3.41 y 5.56%. respectivamente para los tratamientos desde el 2 al 10; sin embargo, tales ventajas no alcanzaron significación estadística, como se puede apreciar en el análisis de la varianza respectivo (Anexo 3). No obstante, ventajas de 3 a 5%, si bien no pueden ser significativas estadísticamente, pueden

representar una diferencia económica sustantiva; así, una diferencia de 3 g por día por Pollo, son 21 g por semana por pollo y 147 g por Pollo por período de siete semanas, considerando que un galpón convencional alberga 10.000 pollos tal ventaja se transforma en 1470 Kg. por galpón.

Según las fuentes se aprecian tendencias definidas; para el caso de la fuente Zn - propionato, el mejor nivel hasta la cuarta semana, inclusive, sería de 400 g/TM de alimento; para quinta y sexta semanas sería de 200 g por TM y para la séptima semana, 100 g /TM siguiendo tal esquema el incremento diario general habría sido del 53.29 g, superando al testigo en 4.26 g. Para el caso de la fuente de varios oligo - elementos orgánicos, el mejor nivel para las tres primeras semanas sería de 2 Kg. /TM; para la cuarta, quinta y sexta semanas sería de 3 Kg. /TM y para la séptima de 4 Kg. /TM; con tal esquema el incremento diario general sería de 51.91 g, superando al testigo en 2.88 g. Se nota que conforme aumenta la edad de los pollos se debe emplear menor cantidad de la fuente de Zn propionato y mayor cantidad de la fuente de varios oligo - elementos orgánicos; tal comportamiento divergente es explicable por la forma en que se suministraron ambas fuentes, la primera representada 20% de Zn y 45% de ácido propiónico y al interior del organismo se estarían desarrollando procesos homeostáticos para controlar las elevadas cantidades de Zinc que se podrían estar consumiendo al incrementarse el consumo de alimento con la edad. En tanto que la otra fuente es una premezcla, como tal incluye otros elementos minerales (macros elementos principalmente), pero no en forma orgánica, y varias vitaminas que, relativamente, disminuirían la cantidad de oligo-minerales orgánicos en la dieta y que el conjunto de nutrientes en la premezcla sería muy útil para la formación, sobre todo, de hueso conforme avanza la edad o para los procesos de síntesis de tejido muscular y conectivo (tendones).

Los procesos, homeostáticos para el caso de apreciables ingestiones de Zn con la dicta, vinculados con metalotioneína, han sido reportados por diversos investigadores (Starcher, 1969; Richards y Cousins, 1975; Richards y Cousins, 1976; Leber y Miya, 1976; Webb Y Verschoyle, 1976; Evans *et al.*, 1979; Starcher *et al.*, 1980).

No obstante, no debe descartarse la presencia de efectos interactivos. Así por ejemplo, es común en industria avícola suministrar proporciones sustanciales de fuentes de calcio en la dieta a edades jóvenes con la intención de proporcionar en los pollos de carne un acelerado y mejor desarrollo de infraestructura ósea que permitan soportar la intensa síntesis de tejido muscular; sin embargo, siendo el Calcio y Zinc elementos antagónicos, mayores niveles de Calcio en la dieta atenían contra la absorción y metabolismo del Zinc, generándose condiciones de aparente deficiencia de Zinc; por tal motivo niveles mayores de Zinc orgánico a edades jóvenes se habrían comportado con mayor eficiencia. El comportamiento de la premezcla también se puede ajustar a la explicación dada para el Zinc - propionato; al disminuir proporcionalmente, por menor concentración o mayor consumo, las fuentes de calcio en la premezcla estarían aportándolos; por tal motivo, el efecto benéfico de la premezcla no debe achacarse únicamente al hecho de ser aportante de minerales orgánicos.

Trabajando con pollos Cobb 500, desde los 21 a 49 días de edad, Ruiz (2000) obtuvo incrementos promedio diarios de 55.8, 65.5, 81.97 y 94.8 g con niveles de la misma fuente Zn - propionato de 0, 100, 200 y 300 g/TM de alimento; los equivalentes en el presente ensayo fueron de 65.72, 67.49, 70.79 y 68.21 g. Resulta evidente que la respuesta obtenida por Ruiz (2000) a niveles crecientes de la fuente de Zn - propionato fue mayor a la del presente ensayo, a pesar que el testigo del presente ensayo fue 10g superior al de Ruiz.

Con respecto a su testigo, Ruiz obtiene incrementos superiores en 17.4, 47 y 70%,

en tanto que en el presente ensayo las superioridades respectivas fueron de 2.7, 7.7 y 3.8 %. Además de la línea de pollos que fue diferente, buena parte de las diferencias en las respuestas puede ser explicada por los niveles de las fuentes de calcio empleadas; RUIZ empleó niveles relativamente altos hasta el final de su ensayo.

Analizados los huesos tibiales, muestreo dentro de cada tratamiento, se pudo determinar, para los tratamientos desde el 1 al 10 respectivamente, que las tibias pesaron, en promedio, 26.5, 28.65, 22.95, 27.35, 28.6, 24.95, 22.97, 27.85, 24.73 y 24.03 g; fueron tibias más pesadas que el testigo las correspondientes a los tratamientos 2, 4, 5 y 8; tres de estos tratamientos (2, 4 y 5) corresponden a la fuente de solo Zn - propionato. En el mismo orden de tratamientos el contenido de materia seca lúe de 12, 12.43, 10.43, 11.94, 12.55, 11.06, 9.87, 11.95, 10.80 y 10.60 g, en este caso solo superaron al testigo los tratamientos 2 y 5; el contenido promedio de cenizas fue de 7.70, 7.87, 6.58, 7.57, 7.63, 6.87, 6.07, 7.41, 6.69 y 6.60 g., con concentraciones porcentuales de 64.22, 63.34, 63.05, 63.40, 60.77, 62.11, 61.46, 61.98, 61.90 y 62.29% en base seca.

Cambios en el metabolismo óseo por efecto de la ingestión de elementos minerales orgánicos (principalmente Zinc y Cobre) han sido reportados por diversos investigadores (Wedekind y Baker, 1989; Wedekind *et al.*, 1992; REVESA, s.f.; Ruiz, 2000; Cotrina, 2000); todos ellos han indicado mayor deposición de Zinc y cenizas en los huesos. En el presente ensayo a pesar que en varios tratamientos se han producido huesos de mayor peso la concentración y contenido de cenizas ha sido menor. Los reportes indican que el hueso se comporta como un pool de Zinc, ofertante lento del elemento; a diferencia de otros tejidos, como el músculo, que son pools ofertantes rápidos del elemento para funciones de síntesis. En el caso de pollos carne, donde el crecimiento y la ganancia de masa muscular es rápida, puede darse una movilización de Zn desde los huesos hacia los músculos; en el presente ensayo, todos los tratamientos que recibieron

elementos orgánicos crecieron a una mayor tasa que el testigo. Un comportamiento análogo se daría con otros elementos minerales propiciándose una menor concentración de cenizas en el hueso.

3.3. Conversión Alimenticia

Los resultados correspondientes a la Conversión Alimenticia (Kg. de alimento consumido/ Kg. de peso incrementado) son mostrados en las Tablas 7 y 8, respectivamente para la fuente de Zn - orgánico y para la fuente aprovisionadora de varios oligo - minerales orgánicos.

Tabla 7. Conversión alimenticia en pollos de carne Hybro (0 – 7 semanas) que recibieron suplemento de Zn-orgánico en la dieta

Tratamiento:	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Zn-orgánico en la dieta, g/ TM:	0	100	200	300	400	500
Días experimentales	49	49	49	49	49	49
Pollos por tratamiento	30	30	30	30	30	30
Conversión alimenticia en:						
Primera semana	1.85	1.79	1.98	1.70	1.59	1.87
Segunda semana	2.18	2.10	1.98	2.22	2.09	2.26
Tercera semana	1.66	1.66	1.66	1.69	1.52	1.67
Cuarta semana	1.80	1.78	1.77	1.98	1.78	1.92
Quinta semana	1.97	2.00	1.83	1.95	1.93	2.28
Sexta semana	2.23	2.08	1.95	2.13	2.02	2.09
Séptima semana	2.87	2.60	2.65	2.92	2.85	3.02
Acumulada	2.12	2.04	1.99	2.13	2.01	2.18

Tabla 8. Conversión alimenticia en pollos de carne Hybro (0 – 7 semanas) que recibieron suplemento de minerales orgánicos en la dieta

Tratamiento:	T1	T7	T8	T9	T10
Fuente de minerales orgánicos (kg/ TM)	0	1	2	3	4
Días experimentales	49	49	49	49	49
Pollos por tratamiento	30	30	30	30	30
Conversión alimenticia en:					
Primera semana	1.85	1.78	1.79	2.16	1.86
Segunda semana	2.18	2.05	1.99	2.25	2.15
Tercera semana	1.66	1.79	1.57	1.66	1.66
Cuarta semana	1.80	1.80	1.83	1.79	1.80
Quinta semana	1.97	1.95	1.91	1.87	1.98
Sexta semana	2.23	2.08	2.27	1.97	1.99
Séptima semana	2.87	2.77	2.81	2.96	2.88
Acumulada	2.12	2.07	2.06	2.05	2.06

En términos generales se puede apreciar que la Conversión Alimenticia (C.A.) es mejor

a edades más tiernas, en tanto que la eficiencia va mermando conforme se incrementa la edad de las aves; sin embargo, tales cambios son progresivos hasta la sexta semana de edad, pero se hacen abruptos en la séptima semana, como producto del empleo de una ración finalizadora de menor calidad que las anteriores.

Las aves consumen alimentos, primariamente, para satisfacer sus necesidades de energía; estas varían con el peso del cuerpo, edad, tasa de crecimiento, masa de huevos por día, y temperatura del ambiente. La ingestión de alimento por las aves es inversamente proporcional a la energía metabolizable (E.M.) en el alimento. Así, la eficiencia alimenticia (E.A.) será mejor (más baja) con dietas de alto contenido de energía; sin embargo, una concentración de energía demasiado alta conduce a una muy baja ingestión de alimento, así se genera una ingestión sub - óptima de proteína y otros nutrientes, resultando en pobre tasa de crecimiento y producción de huevos. Consecuentemente un alimento bueno debería tener un balance apropiado de energías y otros nutrientes para obtener óptima E.A. La EM óptima para mejor E.A. es más alta que la E.M. óptima para mejor tasa de crecimiento y producción de huevos. Si los niveles ideales de varios aminoácidos y otros nutrientes en el alimento se fijan, por unidad de EM, entonces será posible lograr ideales EA y tasa de crecimiento o producción de huevos (Narahari, 2000).

En términos generales, en el presente ensayo, las fuentes de minerales orgánicos propiciaron mejores conversiones alimenticias que la lograda por el tratamiento testigo; al comparar las conversiones generales (acumuladas en todo el ensayo) se puede apreciar que, con excepción de los tratamientos 4 y 6 (que fueron menos eficientes que el testigo en 0.5 y 2.8% respectivamente), casi todos los tratamientos presentaron mejores conversiones que el testigo; respectivamente para los tratamientos 2, 3, 7, 8, 9 y 10 la mejora con respecto al testigo fue de 3.77, 6.13, 5.19, 2.36, 2.83, 3.3 y 2.83%. Tal comportamiento evidencia una mejor utilización de la Energía Metabolizable de la ración

propiciada por el efecto de los productos evaluados; como ha indicado Narahari (2000) la EM óptima para la mejor E.A. es más alta que la E.M. óptima para mejor tasa de crecimiento. Así, se nota que los niveles que propiciaron mayores incrementos del peso a través de las diferentes semanas experimentales tuvieron mejores conversiones alimenticias, principalmente cuando el producto evaluado fue aportante de solo Zn - propionato; de la primera a la cuarta semana las mejores C.A. correspondieron al tratamiento 5 (dentro de los tratamientos que sólo recibieron Zn - propionato), en la quinta y sexta semanas al tratamiento 3 y en la séptima semana al tratamiento 2. combinando tales C.A. se lograría una C.A. más eficiente que la del testigo en, alrededor de, 10%. Para el caso de la fuente aportante de varios microelementos orgánicos, para las tres primeras semanas el mejor tratamiento fue el 8, para las tres subsiguientes el tratamiento 9 y para la última semana el tratamiento 7; combinando la C.A. de tales tratamientos, la C.A. general estaría alrededor de 1.96 que sería más eficiente que el testigo en, alrededor de, 7.5%. De tal manera que, se puede recomendar un plan de suplementación, siempre y cuando se siga el mismo esquema de alimentación (fórmula alimenticia, tipo de insumos, tipos de dieta, etc.) o parecido.

Ruiz (2000) reportó conversiones alimenticias generales de 2.83, 2.24, 1.99 para pollos Cobb de 21 a 49 días de edad que recibieron en la dieta niveles de 100, 200 y 300 g/TM de la misma fuente de Zn - propionato empleada en el presente ensayo; y sólo el nivel con 300 g/TM habría sido superior a lo logrado en el presente ensayo.

3.4. Mérito Económico

Los resultados para Mérito Económico (M.E.) se muestran en las Tablas 9 y 10; respectivamente para fuente de Zinc orgánico y fuente de varios oligo - elementos orgánicos, en ambos casos contrastándose con el testigo.

El M.E. sólo representa la cantidad de dinero (soles para el presente estudio)

gastado en alimento por cada Kg. de peso corporal incrementado; no tienen cuenta gastos en mano de obra, depreciación de equipo, etc., razón por la que no puede ser considerado como un costo de alimentación; sin embargo, puesto que el gasto en alimento representa, la mayoría de las veces, entre 60 y 70% del costo total de producción, el M.E. se convierte en un punto de referencia importantísimo para estimar si la crianza es rentable o no.

Tabla 9. Mérito económico de la alimentación de pollos de carne Hybro (0 – 7 semanas) que recibieron suplemento de Zn-orgánico en la dieta

Tratamiento:	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Zn-orgánico en la dieta, g/ TM:	0	100	200	300	400	500
Días experimentales	49	49	49	49	49	49
Pollos por tratamiento	30	30	30	30	30	30
Gasto total en alimento, s/.	173.3	177.1	185.4	184.0	186.3	183.7
Incremento total de peso/ lote, Kg.	67.35	71.07	76.17	70.14	74.88	68.16
Mérito económico	2.573	2.492	2.433	2.620	2.487	2.696
% respecto al testigo	100.	96.9	94.6	101.8	96.7	104.8

Tabla 10. Mérito económico de la alimentación en pollos de carne Hybro (0 – 7 semanas) que recibieron suplemento de minerales orgánicos en la dieta

Tratamiento:	T1	T7	T8	T9	T10
Zn-orgánico en la dieta, g/ TM:	0	1	2	3	4
Días experimentales	49	49	49	49	49
Pollos por tratamiento	30	30	30	30	30
Gasto total en alimento, s/.	173.3	177.8	179.5	183.6	188.1
Incremento total de peso/ lote, Kg.	67.35	70.09	70.52	71.70	72.50
Mérito económico	2.573	2.537	2.545	2.560	2.594
% respecto al testigo	100.	96.6	98.9	99.5	100.8

Para el presente trabajo de investigación los mejores M.E. correspondieron a los tratamientos 3, 5, 2, 7, 8 y 9, los que fueron más eficientes que el testigo en 5.44, 3.34, 3.15, 1.40, 1.09 y 0.5%; en tanto que el correspondiente a los tratamientos 6, 4 y 10 fueron menos eficientes que el testigo en 4.78, 1.83 y 0.82%, respectivamente.

La diferencia entre el mejor tratamiento (200 g de Zn - propionato por TM de alimento) que tuvo una superioridad de 5.44% y el testigo es de 14 céntimos de sol, gasto menor que se haría en alimento por cada Kg. de peso incrementado; en un galpón de diez mil pollos, que hayan logrado un incremento del peso de 2.5 Kg. en 7 semanas de edad,

esa diferencia de 14 céntimos representa un ahorro de tres mil quinientos soles en alimento.

Con un programa de suplementación como el sugerido para lograr una mejor Conversión Alimenticia en toda la fase de crianza, el ME sería aun mejor, propiciando una mayor ventaja económica hacia el empleo de fuentes de minerales orgánicos como suplemento. Además, sin tener en cuenta que los microminerales orgánicos tienen también efecto beneficioso sobre la inmunocompetencia, resistencia al estrés, etc. (Ferket, 1999) que no han sido cuantificados en el presente trabajo, lo que haría más eficiente el empleo de los suplementos evaluados.

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en que se realizó el presente trabajo de investigación y, teniendo en cuenta sus facilidades y limitaciones, se llega a las siguientes conclusiones:

1. No se dio un efecto definido de las fuentes suplementales de minerales orgánicos sobre el consumo de alimento.
2. No hubo diferencias significativas ($P>0.05$) entre tratamientos para el incremento de peso; sin embargo, todos los tratamientos que recibieron suplementación de minerales orgánicos estuvieron por encima del tratamiento testigo.
3. La fuente de Zn-propionato, en cantidades de 200 y 400 g/ TM de alimento, propició mejoras sustanciales en la conversión alimenticia; en tanto que todos los tratamientos que incluyeron diferentes cantidades de la fuente aportante de varios oligo-elementos orgánicos propiciaron mejores conversiones alimenticias, pero de menor magnitud, que el testigo; superándolo entre 2.4 y 3.3%. Un programa de suplementación según la edad de los pollos permitiría generar conversiones aún mejores.
4. La fuente de Zn-propionato, en cantidades de 100, 200 y 400 g/ TM de alimento, mejoró el Mérito Económico, con respecto al testigo, en 3.15, 5.44 y 3.34%; en tanto que, con 1, 2 y 3 kg de la fuente de varios oligo-elementos orgánicos por TM de alimento, también se mejoró el Mérito Económico, pero en menor magnitud.

RECOMENDACIONES

1. El empleo de 200 g de la fuente aportante de Zn-propionato, si no se quiere considerar un programa de suplementación, por propiciar mejor rendimiento y eficiencia en la utilización del alimento en los pollos de carne.
2. El empleo de 1 kg de la fuente aportante de varios oligo-elementos orgánicos, si no se dispusiera de la fuente aportante de Zn-propionato y si no se quisiera considerar un programa de suplementación.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Baker, D. H. & Halpin, K. M. (1988). Zinc antagonizing effect of fish meal, wheat bran and a com - soybean meal mixture when added to a phytate - and fiber — free casein dextrose diet. *Nutr. Res.*, 8:213.
- Bremner, L. & Davies, N. T. (1965). The induction of metallothionein in rat liver by Zinc injection and restriction of food intake. *Biochem. J.* 149: 733 - 738.
- Cherian, M. G. (1977). Studies on the synthesis and metabolism of Zinc - thionein in rats. *J. Nutr.* 107: 965 - 972.
- Close, W. H. (1998). La biodisponibilidad es la clave del éxito en la suplementación mineral. *Feeding Times*, 3(2):37 - 39.
- Cotrina, K. (2000). Oligominerales orgánicos en las dietas de gallinas ponedoras. Tesis Ingeniera Zootecnista. Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú.
- Cotzias, G. C., Borg, D. C., & Selleck, B. (1962). Specificity of Zinc pathway through the body: turnover of ⁶⁵Zn in the mouse. *Am. J. Physiol.* 202: 359-363.
- Cousins, R. J. (1979). Regulation of Zinc absorption: role of intracellular ligands. *Am. J. Clin. Nutr.* 32: 339 - 345.
- Davies, N. T.; Hristic, V., & Flett, A. A. (1977). Phytate rather than fiber in bran as the major determinant of Zinc availability to rats. *Nutr. Rep. Int.* 15: 207.
- Evans, G. W., Jhonson, E. C., & Jhonson, P. E. (1979). Zinc absorption in the rat determined by radioisotope dilution. *J. Nutr.* 109:1258 - 1264.
- Ferket, P. R. (1999). Inmunidad de pavas estimulada por la nutrición. *Avicultura Profesional*. 17 (7): 24 - 25.
- Fouad, M. T. (1976). The physiochemical role of chelated minerals in maintaining optimal body biological functions. *J. Appl. Nutr.* 28: 5.
- Hambidge, K. M., Casey, C. E. & Krebs, N. F. (1986). Zinc. **In** Trace Elements in Human and Animal Nutrition (W. Mertz, ed.). Vol. 2. Academic press. London. Pp. 1-137.
- Kagi, J. H. R. & Vallee, B. L. (1960). Metallothionein: a cadmium and Zinc - containing protein from equine renal cortex. *J. Biol. Chem.* 235: 3460 - 3465.
- Leber, A.P. & Miya, T. 1976. A mechanism for cadmium and Zinc induced tolerance to cadmium toxicity: envelopment of metallothionein. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 87: 403 - 414.
- McDowell, L. R. (1992). Minerals in animal and human nutrition. Academic press. San Diego, California, USA.
- Miller, E. R., Stowe, H. D., Ku, P. K., & Hill, G. M. (1979). In: Cooper and Zinc in animal nutrition. Literature Review Committee, National Feed Ingredients Association. West Des Moines, Iowa, USA.
- Narahari, D. (2000). Nutritional methods of improving feed efficiency. *World Poultry*, 12 (16).
- O'Dell, B. L. (1979). In: Cooper and Zinc in Animal Nutrition. Literature Review committee, National Feed Ingredients Association. West Des Moines, Iowa, USA.
- O'Dell, B. L. (1981). In: Proceedings of Trace Elements Metabolism in Man and Animals (TEMA - 4). (Howell, J. M. C.; J. M. Gawthorne, and C. L. White, eds.). Australian Academic of sciences. Canberra, Australia.
- Ostle, B. (1979). Estadística Aplicada, Técnicas de la estadística moderna, cuando y donde aplicarlas. Editorial Limusa. México.
- REVESA. (Sin año a). Biodisponibilidad del Zinc Proveniente de KemZim™ en pavos.

- Kemin Industries, Inc. REVESA S.R.L. Lima, Perú.
- REVESA. (Sin año b). Biodisponibilidad del Zinc en fuentes orgánicas e inorgánicas usando la técnica de bioensayo en pollos. Kemin Industries Inc., REVESA S.R.L., Lima, Perú.
- Richards, M. P. & Cousins, R. U. (1975). Influence of parenteral Zinc and actinomycin D on tissue Zinc uptake and the synthesis of a Zinc - binding protein. *Bioinorg. Chem.* 4: 215 - 224.
- Richards, M. P. & Cousins, R. U. (1976). Zinc binding protein: relationship to short - term changes in Zinc metabolism. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 153: 52 - 56.
- Richards, M. P. & Cousins, R. U. (1977). Isolation of an intestinal metallothionein induced by parenteral Zinc. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 75: 286 - 294.
- Ruiz, N. (2000). Zinc - Propionato en la dieta de pollos de carne. Tesis Ingeniera Zootecnista. Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional "Pedro Ruiz Gallo". Lambayeque, Perú.
- Scheffler, E. (1982). Bioestadística. Fondo Educativo Interamericano. EE. UU. de N. A.
- Scott, M. L., Nesheim, M. C., & Young, R. J. (1982). Nutrition of Chicken. M.L. Scott and Associates. Ithaca, New York, USA.
- Stansbury, W. F., Tribble, L. F., & Orr, D. E., Jr. (1990). Effect of chelated copper sources on performance of nursery and growing pigs. *Journal of An. Sci.*, 68: 1318 - 1322.
- Starcher, B. C. (1969). Studies on the mechanism of copper absorption. *J. Nutr.* 97: 321 - 326.
- Starcher, B. C.; Glaijber, J. G., & Hadaras, J. G. (1980). Zinc absorption and its relationship to intestinal metallothionein. *J. Nutr.* 110: 1391 - 1397.
- Underwood, E. J. (1977). Trace Elements in Human and Animal Nutrition. Academic Press. New York, USA.
- Vohra, P. & Kratzer, F. H. (1964). Influence of various chelating agents on the availability of Zinc. *J. Nutr.* 82: 249.
- Webb, M. & Verschoyle, R. D. (1976). An investigation of the role of metallothioneins in protection against the acute toxicity of the cadmium ion. *Biochem. Pharmacol.* 25: 673 - 679.
- Wedekind, K. J. & Baker, D. H. (1989). Biodisponibilidad de Zinc en alimentos y tipos de fuentes de Zinc. *Pharmacol.* 25: 673 - 679.
- Wedekind, K. J., Hortin, A. E., & Baker, D. H. (1992). Methodology for assessing Zinc bioavailability: Efficacy estimates for Zinc-methionine, Zinc sulfate and Zinc oxide. *J. An. Sci.*, 70: 178 - 187.

ANEXOS

Anexo 1. Prueba de homogeneidad de varianzas con los pesos iniciales en pollos Hybro que recibieron suplemento de minerales orgánicos en la dieta

Muestra	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	1/G.L.	S_i^2	$\text{Log}_{10}S_i^2$	G.L. ($\text{Log}_{10} S_i^2$)
1	80.5668	27	0.03704	2.9840	0.4748	12.8196
2	88.5296	27	0.03704	3.2789	0.5172	13.9246
3	75.1136	29	0.03448	2.5901	0.4133	11.9862
4	75.8471	27	0.03704	2.8092	0.4486	12.1117
5	51.2480	29	0.03448	1.7672	0.2473	07.1713
6	58.6667	27	0.03704	2.1728	0.3370	09.0995
7	90.2485	27	0.03704	3.3425	0.5241	14.1499
8	87.3979	28	0.03571	3.1214	0.4943	13.8418
9	59.7103	28	0.03571	2.1325	0.3289	09.2089
10	99.9896	27	0.03704	3.7032	0.5686	15.3516
Suma	767.6181	276	0.36262	-----	-----	119.7045

$$S^2 = 2.7812$$

$$B = 122.6091$$

$$X^2 = 6.6881^{\text{NS}}$$

Varianzas homogéneas

Anexo 2. Prueba de homogeneidad de varianzas con los incrementos de peso (estimados mediante regresión) en pollos Hybro que recibieron suplemento de minerales orgánicos en la dieta

Muestra	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	1/G.L.	S_i^2	$\text{Log}_{10}S_i^2$	G.L. ($\text{Log}_{10} S_i^2$)
1	1632.3965	27	0.03704	60.4639	1.7814	48.1004
2	1615.5203	28	0.03571	68.4032	1.8350	51.3821
3	1656.4046	29	0.03448	57.1128	1.7567	50.9452
4	1639.6274	27	0.03704	60.7317	1.7834	48.1522
5	1883.1686	29	0.03448	64.7317	1.8124	52.5612
6	1216.4130	27	0.03704	45.0559	1.6537	44.6513
7	1527.6616	27	0.03704	56.5845	1.7526	47.3228
8	1994.7110	28	0.03571	71.2311	1.8526	51.8747
9	1940.7375	28	0.03571	69.3037	1.8407	51.5411
10	1680.6330	27	0.03704	62.2506	1.7941	48.4418
Suma	17087.2735	277	0.36129	-----	-----	494.9728

$$S^2 = 61.6869$$

$$B = 495.8834$$

$$X^2 = 2.09^{\text{NS}}$$

Varianzas homogéneas

Anexo 3. Análisis de varianza para los incrementos diarios de peso (estimados mediante regresión) en pollos Hybro que recibieron suplementos de minerales orgánicos en la dieta

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F	Signif.
Tratamientos	9	290.55	32.28	<1	N. S.
Residual	277	17087.28	61.68		
Total	286	17377.83			

Anexo 4. Análisis de covarianza entre peso inicial (X) e incrementos de peso (Y) en pollos Hybro que recibieron suplementos de minerales orgánicos en la dieta

Fuente de Variación	GL	Suma de cuadrados y productos				GL	CM
		SC X	SP XY	SC Y	SC Y-(SP XY) ²		
Tratamientos	9	9.90096	-17.721	290.55			
Residual	277	768.8875	644.945	17087.28	16603.2583	276	60.15
Total	286	778.7885	627.224	17377.83	16872.657	285	
Diferencia para probar entre medias ajustadas de tratamientos					296.3987	9	20.93
							F=0.50 ^{NS}