



**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA ZOOTECNIA
CENTRO DE INVESTIGACIÓN PECUARIA**



**“MICROELEMENTOS QUELADOS A METIONINA EN LA DIETA DE
PAVOS DE CARNE HASTA LAS 13 SEMANAS DE EDAD”**

TESIS

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

INGENIERO ZOOTECNISTA

Por

BACH. NÉSTOR DANIEL DÍAZ CASTAÑEDA

Lambayeque

PERÚ

2008

“Microelementos quelados a metionina en la dieta de pavos de carne hasta las 13 semanas de edad”

TESIS

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

INGENIERO ZOOTECNISTA

por

NÉSTOR DANIEL DÍAZ CASTAÑEDA

**Sustentada y aprobada ante el
siguiente jurado**

**ING. ENRIQUE G. LOZANO ALVA, M.SC.
PRESIDENTE**

**ING. RAFAEL ANTONIO GUERRERO DELGADO, M.SC.
SECRETARIO**

**ING. NAPOLEÓN CORRALES RODRÍGUEZ, M.SC.
VOCAL**

**ING. PEDRO ANTONIO DEL CARPIO RAMOS, M.SC.
PATROCINADOR**

AGRADECIMIENTO

Le agradezco en primeramente a Dios por sobre todas las cosas, por guiarme e interceder para cumplir mis metas, también mi agradecimiento para mis padres la señora Ana Asunciona Condor quien luchó para ayudarme a lograr superar cada obstáculo y a mi padre José Teudocio Delgado que desde el cielo me guía y me protege.

Asimismo, mi agradecimiento para mis queridos profesores que se preocuparon para darme una excelente educación y buenas enseñanzas para finalizar agradezco a todos los que me apoyaron e incentivaron para lograr mis objetivos y metas

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico a mis padres en especial para mi madre que fue la persona más importante que me impulso a lograr mis objetivos y cumplir mis metas.

También es dedicado a mi hija quien fue la persona que me dio ánimos y me incentivo junto a amigos y familiares que me apoyaron para cumplir mis metas.

ÍNDICE

Nº Capítulo	Título del Capítulo	Pág.
I	INTRODUCCIÓN.....	01
II	REVISIÓN DE LITERATURA.....	03
	2.1. Minerales Orgánicos.....	03
	2.2. Función del cobre, manganeso, selenio y zinc.....	10
III	MATERIAL Y MÉTODOS.....	19
	3.1. Localización y Duración del Ensayo.....	19
	3.2. Tratamientos Evaluados.....	19
	3.3. Material Experimental.....	20
	3.4. Descripción de la Metodología.....	25
IV	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	29
	4.1. Consumo de Alimento.....	29
	4.2. Peso Vivo e Incremento de Peso Vivo.....	31
	4.3. Conversión Alimenticia.....	34
	4.4. Mérito Económico.....	37
V	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	42
VI	RESUMEN.....	43
VII	BIBLIOGRAFÍA CITADA.....	44
VIII	APÉNDICE.....	50

ÍNDICE DE CUADROS

Nº Cuadro	Título del Cuadro	Pág.
3.1.	Fórmula porcentual para las raciones testigo a diferentes edades.....	21
3.2.	Esquema del análisis de varianza para el Diseño Completamente azarizado.....	28
1.1.	Consumo de alimento de pavos de carne que recibieron microelementos orgánicos y Se-metionina en la dieta en sustitución de una premezcla tradicional.....	29
1.2.	Peso vivo e incremento de peso vivo en pavos de carne que recibieron microelementos orgánicos y Se-metionina en la dieta en sustitución de una premezcla tradicional.....	32
1.3.	Conversión alimenticia (C. A.) de pavos de carne que recibieron microelementos orgánicos y Se-metionina en la dieta en sustitución de una premezcla tradicional.....	35
1.4.	Mérito económico (M. E.) de pavos de carne que recibieron microelementos orgánicos y Se-metionina en la dieta en sustitución de una premezcla tradicional.....	38
8.1.	Prueba de homogeneidad de varianzas con los pesos iniciales	49
8.2.	Análisis de varianza con los incrementos de peso.....	49
8.3.	Análisis de covarianza entre peso inicial (X) e incrementos de peso (Y).....	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Nº Figura	Título de la Figura	Pág.
4.1.	Comparativo porcentual entre tratamientos para consumo de alimento.....	30
4.2.	Comparativo porcentual entre tratamientos para incremento de peso vivo.....	32
4.3.	Comparativo porcentual entre tratamientos para C. A.....	36
4.4.	Comparativo porcentual entre tratamientos para M. E.....	39

I. INTRODUCCIÓN

Investigaciones realizadas con fuentes inorgánicas de minerales (carbonatos, sulfatos, óxidos, etc.) han puesto de manifiesto que estas pueden comportarse en forma poco eficiente en el proceso productivo de los animales; debido a que los elementos ligados a estas fuentes pueden ser bloqueados a nivel del tracto gastrointestinal y, en consecuencia, no son absorbidos; quedando, por tanto, indisponibles para las diversas reacciones metabólicas en las que son requeridos.

Así mismo, se ha indicado que los portadores orgánicos (ácidos grasos de cadena corta, aminoácidos, monosacáridos, etc.) de minerales son más estables. Esto se debe a que los elementos minerales que transportan no reaccionan fácilmente con otros componentes de la dieta a nivel intestinal; por tanto, son más bio-disponibles (absorción y transporte más fáciles), por lo 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.

Conforme va transcurriendo el tiempo, salen al mercado diferentes fuentes orgánicas de elementos minerales, con innovaciones que hasta hace poco no se conocían o no se podían establecer, por lo que es importante evaluar el desempeño de los animales con el empleo de estas nuevas fuentes. Sobre todo en animales de rápido crecimiento y acumulación de grandes masas musculares como el pavo de granja.

El pavo de carne actual logra elevado rendimiento a edades relativamente jóvenes, en concordancia a la presión de selección para crecimiento que se ha implementado en esta especie. Bajo determinadas circunstancias el abastecimiento de minerales es inadecuado debido a la calidad de las premezclas o por que el metabolismo del pavo es de elevada intensidad; bajo estas condiciones, las fuentes inorgánicas de elementos minerales pueden

comportarse ineficientemente, no permitiendo el mejor rendimiento debido al inadecuado abastecimiento de minerales para los acelerados procesos de síntesis del organismo.

En el mercado local se viene disponiendo de fuentes orgánicas de elementos minerales, las que, teóricamente, disponen de innovaciones que las harían más eficientes para el proceso productivo; por lo que cabe preguntarse ¿Podrá una fuente abastecedora de micro-elementos orgánicos ligados a metionina, disponible en el mercado, permitir que se logre mejor rendimiento en pavos de carne?

Para cooperar en la búsqueda de una respuesta a esta interrogante se plantea en presente trabajo de investigación, considerando como hipótesis que “Si se emplea la fuente de micro-minerales ligados a metionina en la dieta de pavos de carne entonces se mejorará su nivel de producción con una mayor eficiencia y economía del alimento empleado”. En función de tal planteamiento de hipótesis se buscó el siguiente objetivo:

- Mejorar el incremento de peso, conversión alimenticia y mérito económico de pavos de carne que reciben una fuente de minerales orgánicos en la dieta.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. MINERALES ORGÁNICOS

A medida que la producción por animal es mayor la importancia de los minerales se acrecienta y no es de extrañar que, si la década de los sesenta fue de los aminoácidos y de la energía, en el amplio marco de la nutrición animal los últimos años se han convertido en la década de los minerales; y no sólo en alimentación animal, sino también en alimentación humana. Así, las deficiencias de hierro y zinc observadas en niños y adultos en los últimos años, la presencia de elementos tóxicos en los alimentos para personas y animales, y la sustitución de productos de origen animal por proteínas vegetales son circunstancias determinantes de que en los últimos años se haya intensificado la investigación en la búsqueda de compuestos oligoelementos desposeídos de las cualidades negativas que presentan las sales inorgánicas, a estos nuevos compuestos se les conoce como “metales quelados” o “minerales orgánicos”, entre otras denominaciones. (<http://www.infocarne.com/huevos/minerales.asp>).

En aves de carne es frecuente la formación de jabones, solubles o insolubles, de minerales con ácidos grasos provenientes de la dieta hipercalórica característica de esta crianza, propiciando una merma en el aprovechamiento de la energía y de los minerales de la dieta; esta situación es crítica en los primeros 15 días de edad, por la dificultad que tienen en digerir la grasa de la dieta, debido a la baja actividad de la lipasa y secreción biliar, y por el elevado requerimiento de minerales para la formación de tejidos. Los minerales orgánicos se absorben a través de un mecanismo en el que la partícula orgánica actúa como vehículo de transporte molecular ligado por interacción débil a los oligoelementos, potenciando así la biodisponibilidad de estos. En la última década, diversos ensayos han mostrado que el uso de microminerales altamente biodisponibles mejoran la salud y la productividad animal. Estos trabajos indican que las formas orgánicas

pueden reemplazar a las inorgánicas a menores niveles de uso, manteniendo e incluso mejorando la productividad (FREMAUT, 2003). Se han listado los siguientes beneficios percibidos de las formas orgánicas:

- Los quelatos se absorben mediante mecanismos diferentes a los minerales inorgánicos.
- La estructura tipo anillo de las fuentes orgánicas protege al mineral de reacciones indeseadas dentro del tracto gastrointestinal.
- Los quelatos atraviesan fácilmente la barrera intestinal pasando intactos al torrente sanguíneo.
- El uso de fuentes orgánicas facilita la absorción pasiva ya que las interacciones entre minerales y entre minerales y nutrientes son mínimas.
- El mineral orgánico se presenta en los tejidos “objetivo” de forma similar a como este lo necesita.
- Cada mineral de un quelato facilita la absorción del resto de minerales dentro del quelato.
- Los quelatos están cargados negativamente y por ello los minerales del complejo se absorben y metabolizan más eficientemente que los minerales de las formas inorgánicas.
- El proceso de quelación aumenta la solubilidad y facilita el movimiento del mineral a través de las membranas celulares.
- La quelación aumenta la solubilidad en agua y en lípidos del mineral, lo que facilita la absorción pasiva.
- A valores bajos de pH los quelatos son más estables que las fuentes inorgánicas.
- Los minerales contenidos en ciertos quelatos se transportan y absorben mediante el mismo mecanismo que los aminoácidos, lo que facilita su absorción.

La quelación es un proceso natural, por medio del cual un mineral se une a una molécula orgánica que permite su transporte directo hacia la corriente sanguínea. Como ejemplos de productos quelados naturales se pueden citar: la hemoglobina, con el hierro, la clorofila, con el magnesio, o la vitamina B12, con el cobalto. En todos los casos, el agente quelante impide que el metal reaccione y se combine con otros compuestos en la luz intestinal, evitando los problemas de interferencia, que son causa de la baja biodisponibilidad del mineral. Como agentes de quelación se han utilizado distintos compuestos. Así, los ácidos ascórbico, cítrico o fumárico, pero se ha comprobado que tales compuestos tienen una estabilidad muy inferior a los quelados órgano-metálicos, siendo resistentes a la acción del jugo gástrico y caracterizándose por su elevada absorción intestinal. Los quelados con aminoácidos son muy estables, debido a que el metal es químicamente inerte. Sólo los quelatos formados por aminoácidos y cuyo peso molecular total, incluido el metal, es inferior a 800 Daltons atraviesan las membranas de las células intestinales sin necesidad de ser hidrolizados en el lumen. De acuerdo con los conocimientos sobre absorción intestinal y tamaño de partículas, se puede decir que una molécula proteica de mayor tamaño al del dipéptido no puede transportar de manera efectiva un ion cualquiera a través de la mucosa, ya que es hidrolizada previamente en el lumen. En la membrana celular, un tripéptido (gamma - glutamil glutatión) se encarga del transporte del quelado hasta el interior del citoplasma, utilizando para ello dos sistemas enzimáticos: la gamma - glutamil transpeptidasa y la gamma - glutamil ciclotransferasa. La unión entre el quelado y el glutatión se realiza entre el grupo amino de aquel y el grupo carboxilo de éste. En el caso de los metioninatos la quelación se efectúa entre los grupos amino y carboxilo de la metionina (con cargas negativas) con el ion metálico (con dos cargas positivas). Estos quelados se absorben mediante el denominado transporte activo, requiriendo ATP (energía) para su plena realización. En los metioninatos se consigue para

los oligoelementos que les constituyen:

- Absorción casi del 100%
 - Ausencia de problemas de interacciones con otros macro y microminerales
 - No influenciados por la solubilidad del medio
 - Estables, debido a no formar otros ligantes con sustancias de la dieta y que originan la precipitación e insolubilización del metal y, por tanto, aseguran su absorción.
 - Alta disponibilidad biológica.
 - Por otra parte, en los quelados con aminoácidos el metal se encuentra químicamente inerte y no reaccionante, debido a su estabilidad (producto estable y eléctricamente neutro).
- Según MATEOS *et al.* (2004), todas estas propiedades y características hacen que los metioninatos sean hoy, y en el futuro, los aditivos minerales de elección.

DAVIES *et al.* (1977), BAKER y HALPIN (1988), WEDEKIND *et al.* (1992), entre otros, han puesto en evidencia que la biodisponibilidad de los metales en la fuentes orgánicas se ve incrementada por que los quelatos tienen la habilidad para competir con sustancias anti-nutricionales (Ej.: ácido fítico) evitando que los elementos queden bloqueados e inútiles.

MIRES (2004), trabajando con pavos Big Six de 6 a 13 semanas de edad, empleó una premezcla que contenía zinc, manganeso y cobre ligados a una base orgánica, además de vitaminas, en cantidades de 0, 1, 2 y 3 kilos por tonelada de alimento. Las diferencias entre tratamientos para los incrementos de peso vivo no alcanzaron significación estadística (100, 102, 103 y 103 gramos por pavo por día); sin embargo, tales ganancias de pesos vivo fueron logradas con consumos de alimento menores en los tratamientos que recibieron la premezcla (249, 245, 245 y 237 gramos por pavo por día) lo que permitió que la conversión alimenticia en estos tratamientos fuese considerablemente más eficiente que la lograda con el testigo (2.485, 2.401, 2.389 y 2.317 kilos de alimento consumido por kilo

de peso vivo incrementado para los tratamientos del primero al cuarto, respectivamente), comportamiento que permitió lograr valores de mérito económico considerablemente mejores al emplear la premezcla con minerales orgánicos.

RUIZ (2008) evaluó la incorporación de una premezcla con microelementos orgánicos en la dieta de pollos de Cobb y determinó que los incrementos de peso fueron significativamente mayores en los tratamientos en los que se fue introduciendo la premezcla con minerales orgánicos en reemplazo de la premezcla tradicional, la superioridad en los incrementos de peso vivo estuvo alrededor del 20%; el análisis de regresión determinó que 30% de las variaciones en los incrementos de peso se debieron a la presencia de la premezcla de minerales orgánicos en la dieta. La conversión alimenticia también fue mejorada considerablemente, con 2 kilos de la premezcla por tonelada de alimento se empleó 15% menos alimento que el testigo para lograr un incremento de 1 kilo en el peso vivo.

Diversos trabajos de investigación realizados en el departamento de Lambayeque, con diferentes especies aviares y de mamíferos, han evaluado el empleo de bioestimulantes en el agua de bebida o aplicados directamente en forma oral; estos productos, denominados bioestimulantes, están basados en la inclusión en su composición de minerales traza ligados a proteínatos. Los resultados eficientes logrados con el empleo de tales productos se sustentan en la presencia de tales minerales, además de ser portadores de aminoácidos y de ácidos orgánicos carboxílicos (AGURTO, 2004; CASAS, 2004; RUIZ, 2004; ALZA, 2005; BAZAN, 2005; CASTRO, 2005; CORDOVA, 2005; LEYTON, 2005; LÓPEZ, 2005; NUNTÓN, 2005; VILLEGAS, 2005; BERNABÉ, 2006; IDROGO, 2006; RAMÍREZ, 2006; SALAZAR, 2006; ZÁRATE, 2006; DÍAZ, 2008).

Con pavos Hybrid Super Medio de 28 a 84 días de edad, RUIZ (2004) evaluó la incorporación de un bioestimulante en cinco tratamientos (0, 0.5, 1.0, 1.5 y 2.0 mililitros

por pavo por cinco días consecutivos cada 14 días) encontrando incrementos de peso de 119, 117, 126, 130 y 118 gramos por pavo por día respectivamente para los tratamientos del primero al quinto; los tratamientos 2 y 3 superaron al testigo en 5.9 y 9.2%, respectivamente. Sin embargo, la conversión alimenticia sólo fue mejorada en el tratamiento 5 en 2.3% con relación al testigo. Los incrementos de peso se sustentaron en el mayor consumo de alimento propiciado por los tratamientos en los que se empleó el bioestimulante.

Con pollos de carne de la línea Cobb 500, CASAS (2004) evaluó el empleo de un bioestimulante en el agua de bebida en cuatro tratamientos (0, 0.25, 0.5 y 1.0 mililitros por pollos en un programa de uso que implicaba la misma dosis cada 3 días hasta concluir el ensayo), determinando incrementos de peso vivo de 53, 54, 56 y 53 gramos por pollo por día, aun cuando el tratamiento 3 superó en 5% al testigo, las diferencias no alcanzaron significación estadística; la conversión alimenticia acumulada fue de 2.74, 2.67, 2.57 y 2.65 kilos de alimento consumido por kilo de peso vivo incrementado; como en el caso del incremento de peso vivo, las diferencias entre tratamientos no alcanzaron significación estadística, pero todos los tratamientos que recibieron el bioestimulante fueron más eficientes que el testigo, sobre todo el tratamiento 3 que lo superó en 6.2%. La ventaja atribuible al bioestimulante en estos dos importantes aspectos son atribuidos por el autor a los minerales orgánicos, que por ser proteinatos ofrecen una oferta extra de aminoácidos.

BAZÁN (2005) evaluó a un bioestimulante en simultáneo con una combinación de fitobióticos, el bioestimulante se suministró a razón de medio mililitro por pollo por día durante cinco días consecutivos en la primera, tercera y quinta semanas experimentales, en tanto que la combinación de fitobióticos fue de 0, 0.25, 0.50 y 0.75% en la dieta; comparativamente el tratamiento testigo incluyó antibiótico promotor de crecimiento y coccidiostato, los que no se usaron en los restantes tratamientos. Los incrementos diarios

de peso vivo, promedio por pollo, fueron de 59, 63, 55 y 61 gramos; el tratamiento 2 superó al testigo en 6.8%, lo que resultó significativo ($P \leq 0.05$). La conversión alimenticia fue 8.3% más eficiente con el mismo tratamiento. Para el autor citado resultó evidente que se puede potenciar el efecto de un bioestimulante (portador de minerales orgánicos) con fitobióticos.

ZÁRATE (2006) también combinó cantidades constantes de un bioestimulante con fitobióticos, en este caso con una combinación de canela y jengibre. Las diferencias entre los tratamientos para los incrementos de peso no alcanzaron significación estadística, sin embargo el tratamiento 3 con 0.2% de la combinación de canela y jengibre superó al testigo en 6.8%. El mismo tratamiento superó al testigo en 10.38% en conversión alimenticia, diferencia que resulta considerable si se tiene en cuenta que no se empleó antibiótico promotor del crecimiento ni coccidiostato. Si bien el autor considera que los resultados favorables son atribuidos a la interacción de varios factores, considera que un rol importante lo jugaron los minerales orgánicos presentes en el bioestimulante.

SALAZAR (2006) consideró la utilización de un bioestimulante (minerales orgánicos, aminoácidos y ácidos carboxílicos) reforzado con vitaminas en el agua de bebida de pollos Cobb en la fase de inicio en la misma cantidad (0.25 mililitros por pollo por día) pero en diferente programa de uso (tres o cinco días consecutivos a partir del séptimo día, una vez en la fase de inicio). Los dos tratamientos en los que se empleó bioestimulante los incrementos de peso fueron superiores a los registrados con el testigo en 7.7 y 6.2%, respectivamente para los tratamientos 2 y 3; en tanto que la conversión alimenticia fue mejor en 8 y 10.3%, en el mismo orden de tratamientos. En tanto que RAMÍREZ (2006) también consideró la evaluación de bioestimulantes, con pollos Cobb en la fase de inicio, pero en su caso se compararon dos productos en función de su concentración de minerales orgánicos, en el tratamiento 3 hubo una considerable mayor

concentración de estos en comparación al tratamiento 2 y el testigo que no consideró el empleo de bioestimulante alguno. Los tratamientos 2 y 3 superaron al testigo en 9.8 y 11.45% en el incremento de peso vivo; pero la conversión alimenticia fue similar en ambos tratamientos y superaron al testigo en 17.7%. Aun cuando con una mayor concentración de minerales orgánicos se logran mayores incrementos de peso, esta mayor concentración no influyó sobre la eficiencia de utilización del alimento. Tendencias parecidas en los incrementos de peso y en la conversión alimenticia son reportadas por ALZA (2006) al considerar el empleo de un bioestimulante con una mayor concentración de aminoácidos que de minerales orgánicos.

DIAZ (2008) encontró que los incrementos de peso vivo empleando un bioestimulante concentrado en pollos Cobb superaron al testigo entre 5 y 12%; la conversión alimenticia entre 5 y 10%.

En todos los casos citados con bioestimulantes, los investigadores pusieron relieve en la presencia de minerales orgánicos en el producto y en el no empleo de antibióticos promotores del crecimiento.

2.2. FUNCIÓN DEL COBRE, MANGANESO, SELENIO Y ZINC

2.2.1. COBRE

En muchas especies animales el cobre (Cu) es absorbido pobremente; la cantidad de absorción está influenciada por la forma química. Generalmente, en los animales adultos se absorbe no más de 5 a 10% del Cu presente en la dieta; en tanto que en animales jóvenes puede absorberse de 10 a 15% (UNDERWOOD, 1977). Dependiendo de las especies estudiadas, el Cu puede ser absorbido en todos los segmentos del tracto gastrointestinal; aunque los lugares de la sección anterior del intestino delgado juegan el rol principal en la absorción. Se ha investigado el mecanismo de absorción del Cu en el pollo y se determinó

apreciable absorción de Cu^{64} desde el proventrículo y duodeno, la absorción de este fue cinco veces comparada con la de aquel (STARCHER, 1969).

La homeostasis es efectuada mediante el control de la tasa de absorción, en tanto que esta es regulada por la mucosa intestinal. Existe apreciable evidencia que indica que la absorción intestinal del Cu es regulada por la necesidad del organismo y que la metalotioneína, en las células epiteliales del intestino, ejerce un rol clave en esa regulación. Estudios en varias especies han mostrado que la absorción intestinal está influenciada por la forma química y por una cantidad sustancial de interacciones con otros factores dietéticos (fitatos de la dieta, altos niveles de Ca, Fe, Zn, Cd o Mo reducen la absorción). Dos mecanismos participan en la absorción, uno saturable y el otro no saturable; sugiriéndose 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; el principal órgano de almacenamiento es el hígado. En primer lugar el Cu es liberado de las fracciones celular y subcelular del hígado para la síntesis hepática de ceruloplasmina, para la síntesis de eritrocupreina por los normoblastos de la matriz ósea y para su incorporación en muchos enzimas (McDOWELL, 1992),

En todas las especies estudiadas una alta proporción del Cu ingerido aparece en las heces, mucho del cual es Cu no absorbido; 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. El Cu es un componente esencial de varias metaloenzimas fisiológicamente importantes (citocromo oxidasa, lisil oxidasa, superóxido dismutasa, dopamina- β -hidroxilasa, 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, una pared engrosada, con aneurismas. El agrandamiento del corazón es una patología común de pollos y pavos Cu-deficientes; aparentemente los pavitos son más resistentes que los pollos al daño cardiovascular. Sin embargo, pavitos alimentados con una dieta Cu-deficiente desarrollaron una anemia intermedia a las 4 semanas de recibir dicha dieta. Los pollitos alimentados con una dieta Cu-deficiente presentaron la anemia entre 2 a 4 semanas y los huesos fueron quebradizos. Los huesos largos, especialmente los metatarsales, estuvieron curvados y excesivamente frágiles; el cartílago epifiseal empezó a engrosarse, y la invasión vascular del cartílago engrosado se suprimió. El defecto en el hueso Cu-deficiente está 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).

2.2.2. MANGANESO

La absorción de Manganeseo (Mn) ocurre igualmente bien a lo largo del intestino delgado en dos pasos: captación desde el lumen intestinal, luego transferencia a través de las células mucosales. En todas las especies estudiadas la absorción es relativamente pobre; menos de 0.1% de una dosis oral es absorbido por especies aviares. Otros minerales (especialmente Ca, P y Fe) influyen la absorción; en aves, altos niveles de dietéticos de fosfato de calcio agravan la deficiencia de Mn debido a una reducción de Mn soluble; en pollos, altos niveles de Fe dietético pueden acentuar la severidad de la perosis, probablemente por disminución de la absorción de Mn; el Mn compite directamente con Co y Fe por lugares de ligazón, así los excesos de Fe y Co pueden inducir deficiencia de

Mn y exceso de Mn o Co inducirían deficiencia de Fe (KEEN y ZIDENBERG-CHERR, 1990).

El Mn absorbido puede permanecer libre o ser rápidamente ligado a la α_2 -macroglobulina antes de atravesar el hígado, de donde es extraído; sin embargo, algo del Mn ligado a la α_2 -macroglobulina puede ingresar a la circulación sistémica, ser oxidado al estado mangánico y ligado a la transferrina. Empleando Mn^{54} se concluyó que, sin considerar la ruta de administración, la transferrina es la principal proteína portadora de Mn en el plasma (HURLEY y KEEN, 1987).

El Mn puede funcionar tanto como activador de enzimas así como constituyente de metaloenzimas (arginasa, piruvato carboxilasa y Mn-superóxido dismutasa); pero, mientras que la cantidad de Mn-metaloenzimas es limitada, los enzimas que pueden ser activados por el Mn son numerosas (hidrolasas, quinasas, descarboxilasas y transferasas) (McDOWELL, 1992).

El Mn es esencial para el desarrollo de la matriz orgánica del hueso, la misma que está constituida ampliamente de mucopolisacárido. La deficiencia puede causar un defecto congénito irreversible en pollos jóvenes, ratas y cuyes; caracterizándose por ataxia y pérdida de equilibrio. Se conoce, desde hace algún tiempo, de una asociación metabólica entre Mn y colina, ambos son necesarios para la prevención de perosis en aves; así mismo, alivian el síndrome del hígado graso. El Mn está involucrado en la biosíntesis de colina; además, los cambios en la ultraestructura del hígado que surge cuando hay deficiencia de colina son muy parecidos a aquellos que se presentan cuando hay deficiencias de Mn. La deficiencia de Mn perjudica la utilización de glucosa; la necropsia ha revelado anomalías groseras en el páncreas (aplasia o hipoplasia marcada de todos los componentes celulares), por lo que el Mn puede estar involucrado, de alguna manera, en la formación o actividad de insulina. El Mn tiene un rol en la función inmunológica, se ha

demostrado interacción de Mn con neutrófilos y macrófagos, mediante interacciones con la membrana del plasma de células empleadas en la respuesta inmune (LEACH, 1978).

La deficiencia de Mn más común en aves se caracteriza por perosis y condodistrofia. La perosis es una malformación de huesos caracterizada por articulaciones tibiometatarsales ensanchadas y malformadas, torsión y doblamiento de la tibia y el tarso-metatarso, engrosamiento y acortamiento de los huesos largos, y deslizamiento del tendón gastronemius, o de Aquiles, de sus cóndilos. Puede afectarse una o ambas patas. En la inducción de la perosis están involucradas las deficiencias de otros nutrientes (colina, biotina y otras vitaminas del complejo B). La enfermedad también se agrava marcadamente por altas ingestiones de Ca y P. La condodistrofia está más relacionada con las gallinas reproductoras y su efecto sobre los embriones o pollitos tiernos (McDOWELL, 1992).

Muchos alimentos son adecuados en Mn; sin embargo, cuando el maíz es el ingrediente básico en dietas aviares, y en menor cantidad sorgo y cebada, el Mn puede estar deficiente, a menos que se proporcione suplementación con Mn o con alimentos ricos en Mn. Dietas con altos contenidos de Ca y P que, normalmente, se proporcionan a aves son una causa que contribuye a la presentación de perosis (SCOTT *et al.*, 1982).

2.2.3. SELENIO

El selenio (Se) es un constituyente de las selenoproteínas y juega un papel estructural y enzimático importante en nutrición animal. La historia del Se como nutriente en dietas para el ganado ha sufrido grandes vaivenes; desde la prohibición de uso por su posible toxicidad hasta el reconocimiento de la necesidad de incluirlo en dietas prácticas. En un principio, el Se estaba considerado como un tóxico con propiedades carcinogénicas y su utilización en piensos estaba muy controlada. Paradójicamente hoy día se cree que es un potente anticancerígeno. Aunque la deficiencia en Se ha sido reconocida desde 1954,

resultados obtenidos en diversos programas de investigación muestran que deficiencias subclínicas, que no producen síntomas de carencia, pueden afectar a la salud del animal. La influencia del Se sobre los fenómenos de inmunomodulación y el mantenimiento de la inmunidad a nivel celular y humoral pueden ocurrir a través de tres mecanismos: 1) Efectos anti-inflamatorios; 2) alteración del estatus redox de las células debido a su acción antioxidante; y 3) producción de compuestos anticancerígenos y citostáticos (McKENZIE *et al.*, 2002).

Niveles supranutricionales de Se con respecto a las necesidades estrictamente dietéticas, mejoran la respuesta inmune y protegen al huésped contra ciertas infecciones virales (LEVANDER *et al.*, 1995; RAYMAN, 2002; McKENZIE *et al.*, 2002). Larsen *et al.* (1997), citados por MATEOS *et al.* (2004), observaron que la mortalidad causada por *Escherichia coli* se reduce de 86 a 21% en pollitos al incluir 0.3 mg. de Se/ Kg. de pienso en la dieta base maíz-soja (0,14 mg. Se/ Kg. dieta).

Los efectos beneficiosos de la inclusión de Se sobre la salud animal fueron observadas por primera vez en ratas que consumían una dieta deficiente en vitamina E, indicando la existencia de una fuerte relación metabólica entre ambos micronutrientes. El Se es un componente clave de los mecanismos de defensa del organismo contra la oxidación y trabaja en íntima conexión con otros antioxidantes, en particular con la vitamina E. Se y vitamina E son complementarios y cada uno de ellos tiende a reducir las necesidades del otro en la prevención de enfermedades, tales como la necrosis del hígado y la diátesis exudativa, pero este ahorro mutuo no se observa con otras enfermedades (LEVANDER *et al.*, 1995; SURAI, 2003).

Algunos datos parecen indicar que ciertas formas de Se, tal como la Se-metionina, están mejor adaptadas para ayudar en la reparación de los tejidos que el Se en forma de selenito (SURAI, 2003). La Se-metionina se incorpora con preferencia sobre la metionina

en la proteína de los músculos; por tanto, su utilización enriquece en Se la carne y reduce el riesgo de carencia de la población.

Hasta muy recientemente se consideraba que la principal y casi única función del Se en el organismo animal era formar parte de la GSH-Px, enzima que ayuda a mantener la integridad de las membranas celulares evitando o reduciendo el efecto de los peróxidos formados durante el metabolismo celular. Sin embargo, a día de hoy, se han caracterizado más de catorce selenoproteínas, algunas de ellas con actividad enzimática redox y otras con funciones estructurales y de transporte (GLADYSER, 2001; McKENZIE *et al.*, 2002). Las nuevas funciones reconocidas del Se incluyen la producción y regulación del nivel de activación de las hormonas del tiroides a partir de la tiroxina y la estabilización de las proteínas relacionadas con la maduración del esperma y el mantenimiento de la fertilidad en machos (RAYMAN, 2002). El papel del Se en el desarrollo de la espermatogénesis y la calidad del semen puede que sea más importante que el de la propia vitamina E (MARIN-GUZMAN *et al.*, 1997, 2000; KOLODZIEJ y JACYNO, 2004).

2.2.4. ZINC

El Zinc (Zn) es absorbido, principalmente, a través del intestino delgado de las especies no rumiantes y en cantidad limitada en el estómago de ratas y proventrículo de pollos. Después de la absorción el Zn en el plasma se distribuye entre dos fracciones principales; casi dos tercios del Zn del plasma está flojamente ligado a la albúmina y la mayor parte del restante está estrechamente ligado a la α_2 -macroglobulina. El Zn está ampliamente distribuido a través del cuerpo; sin embargo, los animales tienen 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; la metalotioneína actúa como una forma de almacén principal en el hígado y se moviliza durante la necesidad metabólica; la fracción superóxido dismutasa del

hígado también ha sido sugerida como una forma de almacén de Zn (UNDERWOOD, 1977).

El Zn está asociado con enzimas, como parte de la molécula y como un activador; en su rol estructural, el Zn estabiliza la estructura cuaternaria de las enzimas; cantidades sustanciales de Zn firmemente ligado estabilizan las estructuras de ADN, ARN y ribosomas. El Zn 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 aquellos relacionados a la testosterona, insulina y corticoides adrenales. Universalmente se nota retardo en el crecimiento bajo condiciones de deficiencia de Zn, atribuible al daño de la biosíntesis de ácidos nucleicos (O'DELL, 1981), mala utilización de aminoácidos o síntesis de proteína; la pérdida de apetito es uno de los primeros síntomas de deficiencia; el pobre crecimiento puede ser sólo el signo visible de una deficiencia media. Las anormalidades esqueléticas son un aspecto prominente de la deficiencia de Zn; en aves los huesos largos se acortan y engruesan; con reducida amplitud del cartílago epifiseal y menor división celular; la síntesis e intercambio del colágeno óseo se reducen marcadamente, con actividad reducida de la collagenasa tibial, una Zn-metaloenzima (STARCHER *et al.*, 1980). La piel, que es particularmente rica en Zn, muestra lesiones paraqueratósicas como signos característicos de deficiencia; el Zn ejerce un rol en la síntesis de ácidos nucleicos de la piel y de colágeno (MILLER *et al.*, 1979). El Zn es esencial para la integridad del sistema inmune; 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

producción linfocina (HAMBIDGE *et al.*, 1986). Síntoma tempranos de la deficiencia de Zn, en muchas especies, son apariencia deshidratada, hematocrito elevado y diarrea (O'DELL, 1981); para los pollos no hubo cambio en el contenido total de agua, sino un flujo marcado desde el compartimiento extra al intracelular (el agua extracelular cambió de 29.4 a 19.6% del peso corporal y el volumen del plasma de 6.0 a 3.4%); también se ha registrado desbalance de electrolitos, el cambio de la concentración de sodio al interior de los tejidos explica la concentración más alta de agua en las células de los tejidos mayores (el desbalance 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 Na). El Zn permite el mantenimiento de concentraciones normales de vitamina A en el plasma y es necesario para el normal funcionamiento del epitelio general del ovario; además, participa en la protección de membranas, metabolismo de prostaglandinas y de lípidos, y en el crecimiento microbial (O'DELL, 1981; HAMBIDGE *et al.*, 1986).

La deficiencia de Zn se presenta ampliamente en gallináceas, pavos y otras especies aviares criadas con dietas prácticas. La posibilidad de deficiencia de Zn es afectada por factores como edad de las aves, cantidad y disponibilidad de Zn en la dieta, presencia y proporción de antagonistas dietéticos (Ej.: fitatos y calcio), y la disponibilidad de Zn en el ambiente (Ej.: material galvanizado de equipo e instalaciones); la probabilidad de deficiencia es mayor en animales tiernos, particularmente en aquellos provenientes de madres Zn-deficientes; generalmente, la deficiencia en aves no es severa; sin embargo, aún la deficiencia moderada disminuye la tasa de crecimiento, eficiencia alimenticia y producción de huevos (O'DELL, 1979; SCOTT *et al.*, 1982).

El Zn debe estar presente en la dieta de todos los animales y debe suplementarse casi continuamente, debido a que los animales sólo disponen de pequeñas cantidades de Zn fácilmente accesible almacenado en el cuerpo (WEDEKIND y BAKER, 1990).

III. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL ENSAYO

El presente trabajo de investigación se desarrolló en las instalaciones de una granja familiar ubicada en el distrito de Mochumí, provincia y departamento de Lambayeque; a 10 Km. al norte de la ciudad de Lambayeque.

El clima típico de la zona experimental es similar al que predomina en el departamento de Lambayeque, temperatura máxima durante el verano que supera los 30° C y en el invierno la temperatura mínima puede llegar a los 15° C. La humedad relativa, que es de 70 a 75% durante la mayor parte del año, sube durante el verano debido a la mayor disponibilidad de agua y a la siembra generalizada del arroz. Salvo situaciones anormales como las que se presentan durante la manifestación del Fenómeno del Niño, las precipitaciones pluviales son escasas, el abastecimiento de agua se da a través de las descargas de los ríos que discurren desde la sierra; también se dan períodos (de varios años) de sequía, en los que la agricultura se ve disminuida considerablemente. Climatológicamente el departamento de Lambayeque se encuentra dentro de un sistema de Desierto Sub-Tropical.

La fase de campo tuvo una duración de doce semanas, las que estuvieron comprendidas entre los meses de septiembre y diciembre, correspondientes a la campaña navideña del año 2007.

3.2. TRATAMIENTOS EVALUADOS

En el presente trabajo de investigación se evaluó el efecto de la inclusión en la dieta de dos fuentes aportantes de oligoelementos orgánicos (Cobre, Zinc, Manganeso, Hierro y Selenio) sobre el rendimiento, a través de los siguientes tratamientos:

T1: Dieta con fuente de minerales inorgánicos (Testigo), 1 Kg. / tonelada

T2: Dieta con 1/3 de fuente de minerales orgánicos, 2/3 de inorgánicos

T3: Dieta con 2/3 de fuente de minerales orgánicos, 1/3 de inorgánicos

3.3. MATERIAL EXPERIMENTAL

3.3.1. ANIMALES

Se emplearon 75 pavitos Hybrid Super Medium de 7 días de edad, de ambos sexos, provenientes de una planta incubadora de la ciudad de Lima.

3.3.2. ALIMENTOS

Se utilizaron raciones que fueron balanceadas para cubrir los requerimientos nutritivos de los pavos.

En el Cuadro N° 3.1. Se presenta la relación de insumos que constituyeron las raciones para el tratamiento testigo; la incorporación de la premezcla a evaluar se hizo sustituyendo a la premezcla típica sólo hasta en dos tercios. Las raciones fueron formuladas para aportar 28% de proteína y 2.8 Mcal de energía metabolizable (E. M.) en el Inicio I (hasta los 21 días de edad), 25% de proteína y 2.9 Mcal de E. M. desde los 22 a los 42 días de edad (Inicio II), 22% de proteína y 3 Mcal de E. M. desde los 43 a los 63 días de edad (Inicio III) y 19% de proteína y 3.1 Mcal de E. M. desde los 64 a los 84 días de edad (Engorde 1), como se indica en la Guía de Manejo para los Pavos Comerciales Engorde Hybrid (SOPRAVAL, s. a.)

3.3.3. PRODUCTOS EVALUADOS

Los productos evaluados son comercializados bajo la denominación de Bioplex® y Selplex® de la firma Alltech Inc. de los Estados Unidos de Norteamérica; el primero es portador de Zinc, Cobre, Manganeso y Hierro ligados a metionina y el segundo es portador de selenio-metionina, obtenida de las paredes de una cepa selecta de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*). Los minerales orgánicos reemplazaron progresivamente a la premezcla comercial tradicional, hasta la proporción de dos tercios.

Cuadro N° 3.1. Fórmula porcentual para las raciones testigo a diferentes edades

Insumos	Inicio I	Inicio II	Inicio III	Engorde I
Maíz amarillo	32.74	38.70	39.60	42.00
Torta de soja	53.27	47.63	32.60	26.50
Harina integral de soja	-----	-----	15.00	12.5
Pasta de algodón	02.99	03.00	03.00	03.00
Sub-producto de trigo	-----	-----	01.00	07.20
Aceite de soja	02.72	02.72	03.70	03.90
Polvillo de arroz	01.00	01.00	01.00	01.00
Delac	01.86	01.89	-----	-----
Carbonato de calcio	01.39	01.18	00.50	00.50
Fosfato di-cálcico	02.75	02.75	02.75	02.75
Sal común yodada	00.27	00.27	00.27	00.27
Cloruro de colina	00.25	00.20	00.15	00.10
L-lisina	00.18	00.14	00.10	00.10
DL-metionina	00.18	00.14	00.10	00.10
Bicarbonato de sodio	00.10	00.10	00.10	00.10
Bio Mos	00.10	00.10	00.10	00.10
Mycosurb	00.05	00.05	00.05	00.05
Mold Zapp	00.05	00.05	00.05	00.05
Premezcla	00.10	00.10	00.10	00.10
Aporte estimado* de:				
E. M., Mcal/ Kg.				
Proteína, %				

*Según McDOWELL *et al.* (1974)

Según MORAN *et al.* (2007), la quelación de un átomo de metal a un ligando puede proteger el metal mediante la disminución o enmascarando su carga. Un ligando puede ser una molécula o un ión que contiene un átomo que tiene un par de electrones libres capaces de ser compartidos con el metal. El ión metálico en un complejo es unido al ligando por medio de donantes de átomos como el oxígeno, nitrógeno y azufre. Cuando los ligandos se unen al ión metálico por medio de uno o más átomos donantes, se forman las estructuras llamadas anillos heterocíclicos que contienen el metal. Estas formas son

llamadas quelatos (del griego, *chele*: pinza de cangrejo), debido a que la estructura generada se semeja a un átomo de metal que está siendo sujetado en una prensa parecida a una pinza. Se acepta que el tipo de enlace involucrado es una unión covalente coordinada y que esto sólo puede ocurrir entre iones de metales de transición y ligandos adecuados. Un buen ligando debe ser capaz de prevenir o interferir con la hidroxipolimerización y, quizás, también competir con las mucinas por la unión de los iones metálicos. Sin embargo, no debe ligar al ión metálico tan fuertemente que impida su absorción o su utilización metabólica. Existe considerable evidencia que indica que los aminoácidos y péptidos de cadena corta son los más adecuados como agentes quelantes, ya que tienen una escasa carga o una forma eléctricamente neutra y se considera que se encuentran protegidos de las reacciones de hidroxipolimerización o interacciones con las mucinas. Los autores citados consideran que esto tiene varias implicaciones importantes para la absorción final del metal en cuestión:

- 1) Disminuyendo o enmascarando la carga sobre el ión metálico hidrolítico, los ligandos previenen o interfieren con la hidroxipolimerización permitiendo, por lo tanto, una presentación efectiva del metal ante el estrato mucoso. Enmascarando la carga del metal también prevendría las interacciones negativas con factores dietéticos como el ácido fítico y los polifenoles en la fase general común dentro del lumen intestinal.
- 2) El pH del microclima intestinal (pH ~7.0) favorece la hidroxipolimerización de los iones metálicos hidrolíticos no protegidos. En contraste, esos valores de pH representan el máximo de conductividad para la formación de complejos estrechamente ligados entre esos cationes metálicos, aminoácidos y péptidos cortos. Por lo tanto, los metales llegan a la mucina adherente del estrato mucoso en una forma no precipitada, máximamente protegida.

3) La tasa de pasaje de los iones metálicos a través del estrato mucoso sigue un orden $M^+ > M^{2+} > M^{3+}$. Así, disminuyendo o enmascarando la carga positiva sobre el metal el ligando puede acelerar el pasaje del metal a través del estrato mucoso negativamente cargado.

4) Debido a que el átomo de metal protegido no tiene que competir con iones de metales no protegidos por un sitio de ligadura sobre las mucinas los antagonismos como los que comúnmente son observados, por ej.: entre Cu y Zn, son evitados.

Lo citado por MORAN *et al.* (op. cit.), es perfectamente aplicable para la fuente portadora de Cu, Zn, Mn y Fe ligados a metionina; no es correcto para Se-metionina, ya que el selenio se encuentra incorporado dentro de la molécula de metionina, reemplazando al azufre. ALLTECH (2002) menciona que las plantas (la levadura es un vegetal), a diferencia de los animales y humanos, son capaces de convertir el selenito de sodio en selenio-metionina. Más del 80% del total de Se en la soja, trigo y maíz se encuentra en esta forma orgánica. Ciertas cepas de levadura (que también son parte del reino vegetal) son capaces de formar más de 97% de selenio-metionina. Dicha cepa de *S. cerevisiae* es utilizada en la producción de Sel-Plex™, el selenio orgánico de Alltech. Este selenio-aminoácido difiere de la metionina sólo en la sustitución del selenio por la molécula de azufre; y el cuerpo absorbe y metaboliza Se-metionina exactamente de la misma forma que la metionina. Por ello, cuando se suministra este producto a los animales, la selenio-metionina es almacenada en tejidos como músculos (conversión lenta) e hígado (conversión rápida).

Además, mencionan que la capacidad de la selenio-metionina de ser almacenada en las proteínas de los tejidos es crítica para el mantenimiento de las reservas necesarias para cubrir los requerimientos incrementados de selenio que resultan de las presiones fisiológicas de la reproducción y los desafíos de enfermedades. Durante esos períodos, los

organelos celulares (proteosomas) liberan una porción de los aminoácidos musculares, incluyendo la selenio-metionina, hacia el conjunto de aminoácidos circulantes para aportar los bloques estructurales requeridos para sintetizar anticuerpos y enzimas antioxidantes. En tanto que el proceso de reciclaje de proteínas es una parte continua del metabolismo normal, éste es mucho más rápido en animales jóvenes y aves. En el caso de animales jóvenes, el reciclaje de las células musculares puede ser de hasta 15% por semana y, en adultos, 5-6% por mes. El reciclaje de proteínas también aumenta durante el desafío de enfermedades. Si el selenio presente en la dieta es selenito de sodio, no puede ser convertido bioquímicamente en selenio-metionina; por lo tanto, las reservas corporales no pueden ser construidas. En el caso de la cerda, las reproductoras o en general cualquier animal reproductor, este es un factor crítico.

Para el caso de aves ponedoras/ reproductoras se indican las siguientes acciones:

- Mayor nivel de selenio en huevos
- Mayor nivel de vitamina E en huevos
- Incubabilidad aumentada
- Menor mortalidad temprana de pollitos
- Mejorada calidad de huevos de mesa
- Mejorada fertilidad de machos

Es un producto aprobado por la FDA (Foods and Drugs Administration) de los Estados Unidos de Norteamérica.

3.3.4. INSTALACIONES Y EQUIPO

- Corrales de 10 m², malla de pescar, pajilla de arroz
- Comederos de bandeja y tipo tolva y bebederos de sifón
- Balanza tipo reloj, con capacidad de 20 Kg. y 25 g. de aproximación
- Balanza de precisión, con capacidad de 5Kg. y aproximación de 2 g.

- Cintas de plástico y plumón de tinta indeleble
- Libreta de campo y registros
- Equipo típico de cada granja avícola

3.4. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA

3.4.1. DISEÑO DE CONTRASTACIÓN DE LAS HIPÓTESIS

El planteamiento experimental de las hipótesis fue:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$$

H_a : AL MENOS UNA MEDIA DIFIERE DEL RESTO

El no rechazo de la hipótesis nula (H_0) implicaría que los tratamientos tuvieron efectos similares; en tanto que el no rechazo de las hipótesis alternativa (H_a) indicaría efectos distintos de los tratamientos (al menos uno), siendo necesario determinar como se ejercieron tales efectos.

La decisión de rechazar una de las hipótesis se tomó después de contrastarlas mediante un Diseño Completamente Azarizado, que responde al siguiente modelo aditivo lineal:

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

Donde:

Y_{ij} , es la variable evaluada;

μ , es el verdadero efecto medio;

τ_i , es el verdadero efecto del i-ésimo ($i= 1, 2, 3, 4$) tratamiento;

ξ_{ij} , es el verdadero efecto de la j-ésima ($j= 1, \dots, 25$) ave sujeta a los efectos del i-ésimo tratamiento (OSTLE, 1979).

El rechazo o no de una de las hipótesis se hizo asumiendo una máxima probabilidad de 5% de cometer error de tipo I.

3.4.2. TÉCNICAS EXPERIMENTALES

Los pavos fueron albergados en corrales de 10 m², los mismos que fueron confeccionados con malla de pescar y pajilla de arroz como material de cama. Los comederos estuvieron suspendidos en el aire mediante alambre, permitiendo regulación de la altura según el crecimiento de los animales. Para evitar que los pavos se salieran de los corrales experimentales la malla de pescar fue fijada al suelo mediante el empleo de ladrillos. La fijación superior se hizo con alambre y caña brava. La cama fue vigilada constantemente y conforme se requería (por humedad) era cambiada (parcial o totalmente).

La asignación a cada uno de los tratamientos se hizo en forma aleatoria, para asegurar la distribución homogénea de los sexos, cada pavito fue identificado con una banda plástica numerada y sujeta al tarso y se procedió a tomar el peso inicial y luego se pesaron cada 7 días, hasta completar las 12 semanas experimentales.

Las raciones fueron preparadas en el piso y con palana, con insumos de disponibilidad local. El proceso de mezclado fue progresivo para lograr una mejor homogeneización, primero se combinaron los insumos que participaron en pequeñas proporciones en la fórmula, incluido el producto a evaluar, luego se mezcló con una parte de maíz y luego, progresivamente, con el resto de los insumos. El alimento fue suministrado en cantidades para propiciar consumo *ad libitum*; la cantidad consumida se determinó por diferencia entre el suministro y el residuo. Se mantuvo vigilancia permanente sobre las tolvas para asegurar el deslizamiento del alimento hacia el plato. Hubo un aprovisionamiento permanente de agua fresca y limpia.

La información colectada fue anotada en una libreta de campo y luego transferida a una base de datos para su análisis.

El plan de manejo y sanitario estuvo basado en la bioseguridad, programa que reconoce que es preferible evitar la presentación de las enfermedades a curarlas. Todos los

animales fueron vacunados, en el momento respectivo, contra New Castle – Bronquitis Infecciosa, Gumboro y Diftero-viruela aviar. Periódicamente todas las instalaciones fueron fumigadas con formol. No se permitió el humedecimiento de la cama. Se emplearon pediluvios con desinfectantes en el lugar de acceso a las instalaciones. No se permitió el ingreso de personas ajenas a la explotación.

3.4.3. VARIABLES EVALUADAS

La información recopilada permitió evaluar las siguientes variables:

- Consumo de alimento
- Peso y cambios en el peso vivo
- Conversión alimenticia
- Mérito económico

La conversión alimenticia se calculó mediante la aplicación de la siguiente relación:

C. A.= Kg. de alimento consumido/ Kg. de peso corporal incrementado

Un valor de C. A. más bajo indica una mayor eficiencia en la utilización de los alimentos.

Para calcular el mérito económico se empleó la siguiente relación:

M. E.= Nuevos soles gastados en alimento/ Kg. de peso corporal incrementado

Como en el caso de C. A., un valor más bajo de M. E. indica mayor eficiencia, en este caso, económica.

3.4.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Prueba de Bartlett de homogeneidad de varianzas para verificar la suposición de homocedasticidad (distribución homogénea de la componente residual de varianza) con los pesos iniciales. En el caso de los incrementos de peso, se aplicará para corroborar la ausencia de efectos multiplicativos, lo que se puede asumir a través de la homocedasticidad (SCHEFFLER, 1982).

Análisis de varianza para determinar el valor de F (Cuadro N° 3.2.).

Análisis de covarianza para determinar si la variable concomitante peso inicial ejerció efecto significativo sobre los incrementos de peso.

CUADRO N° 3.2. Esquema del análisis de varianza para el Diseño Completamente Azarizado

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F
Media	Myy	1	M	T/ E
Tratamientos	Tyy	$t - 1 = 3$	T	
Error Experimental	Eyy	$t(r - 1) = 71$	E	
TOTAL	ΣY^2	$tr = 75$		

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CONSUMO DE ALIMENTO

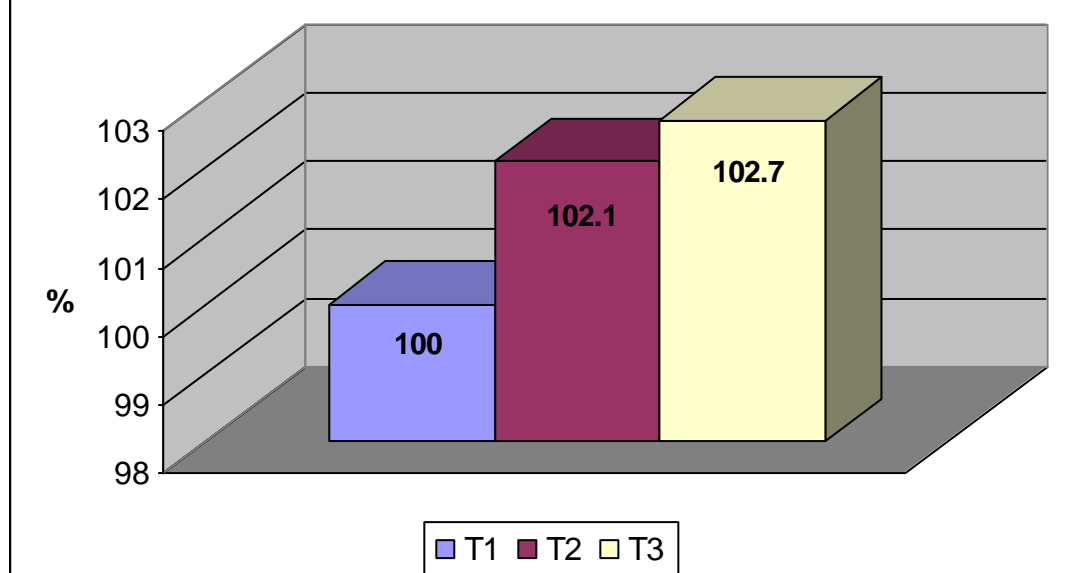
En el Cuadro N° 4.1. Se consignan las cifras de consumo de alimento de pavos de carne que recibieron microelementos orgánicos y Se-Metionina en la dieta en sustitución parcial de una pre-mezcla tradicional, aportante de minerales y vitaminas.

CUADRO N° 4.1. Consumo de alimento de pavos de carne que recibieron microelementos orgánicos y Se-metionina en la dieta en sustitución de una premezcla tradicional

Aspectos	Tratamientos		
	1	2	3
Pavos por tratamiento	25	25	25
Duración del ensayo, semanas	12	12	12
Sustitución de la premezcla	0	1/3	2/3
Consumo de alimento, Kilos/ pavo:			
- Total	15.8	16.1	16.2
- Diario	00.188	00.192	00.193
% respecto al testigo	100.	102.1	102.7

Respectivamente para los tratamientos 1, 2 y 3, el consumo total por pavo fue de 15.8, 16.1 y 16.2 kilos; cifras que expresadas en base diaria promedio fueron de 0.188, 0.192 y 0.193 kilos. Cuando el consumo se expresa en base comparativa, en base porcentual, los tratamientos 2 y 3 superaron al testigo en 2.1 y 2.3%, respectivamente; la ventaja para estos tratamientos no es de gran magnitud (en el consumo total es de 300 y 400 gramos y en base diaria de 4 y 5 gramos), no obstante es consistente como para indicar que la incorporación de los minerales orgánicos y Se-met propiciaron un ligero incremento en el consumo de alimento. En la Figura N° 4.1. se ilustra el comparativo porcentual entre los tratamientos, apreciándose la tendencia comentada con anterioridad.

FIGURA N° 4.1. Comparativo porcentual entre tratamientos para consumo de alimento



Evaluando una premezcla portadora de microminerales orgánicos, MIREs (2004) reporta disminución en el consumo de alimento, la que estuvo entre 1.6 y 4.8%; aunque el autor citado considera que la merma con relación al testigo no es considerable esta es consistente y manifiesta que bajo determinadas condiciones homeostáticas el consumo de alimento disminuye si el organismo ya ha satisfecho sus necesidades nutricionales. Cita a RUIZ (2000) quien menciona que bajo condiciones de deficiencia de minerales el suministro de una oferta extra de los elementos deficientes el consumo de alimentos debe promoverse. En el caso del presente trabajo de investigación, la promoción del consumo sólo llegó al 2.7% cuando se reemplazó 2/3 de la premezcla original, no portadora de microelementos orgánicos. Evidenciándose la activación de mecanismos homeostáticos que regulan el consumo para evitar posible toxicidad.

Se dispone de evidencias bibliográficas que indican que muchos oligoelementos están bajo control homeostático. Existe interés en metalo-proteínas de pequeño peso molecular (entre ellas la Metalotioneína que fue descrita por primera vez por KAGI *et al.*

en 1960) que ordenan el estado del contenido mineral presente en la mucosa intestinal (RICHARDS y COUSINS, 1977) y participan en la absorción, almacenamiento o detoxificación de Zn, Cu y otros elementos (STARCHER, 1969; RICHARDS y COUSINS, 1975, 1976; LEGER y MIYA, 1976; WEBB y VERSCHOYLE, 1976). Así, STARCHER *et al.* (1980) sugirieron que la incrementada Zn-metalotioneína provee un almacén temporal en las concentraciones elevadas de Zn, dirigiendo la absorción de este elemento mediante un efecto gradiente; al mismo tiempo, esta capacidad de almacenaje proveería una restricción a la oferta de Zn, previniendo al organismo de estar siendo suplementado hasta que la carga pueda reducirse. Similarmente ocurriría con el Cu y con el Mn (α_2 -macroglobulina).

Acción reguladora sobre el consumo de alimento por efecto del suministro de minerales orgánicos y otros nutrientes en pollos de carne ha sido reportada por BAZÁN (2005), CASAS (2005), ALZA (2006), RAMÍREZ (2006), SALAZAR (2006), ZÁRATE (2006) entre otros.

4.2. PESO VIVO e INCREMENTOS DE PESO VIVO

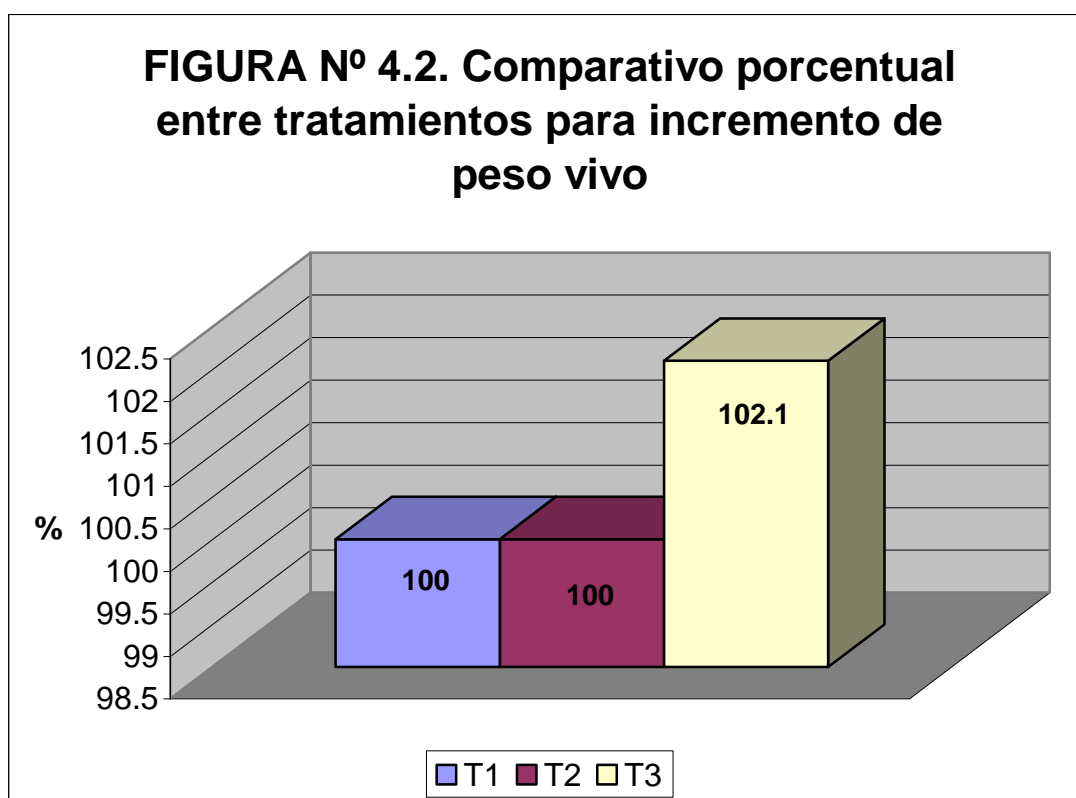
En el Cuadro N° 4.2. se presentan los resultados relacionados con los pesos y los incrementos de peso en pavos de carne que recibieron microelementos orgánicos y S-metionina en la dieta en sustitución parcial de una premezcla típica.

Los pesos al inicio del ensayo (7 días de edad), promedio por tratamiento, fueron 130.32, 139.48 y 140.52 gramos por pavo, respectivamente para los tratamientos del primero al tercero. Realizada la prueba de Bartlett de homogeneidad de varianzas (Cuadro N° 8.1.) se determinó que la componente residual de varianzas estuvo uniformemente distribuida entre los grupos implementados, indicando adecuación de la muestra.

CUADRO N° 4.2. Peso vivo e incremento de peso vivo en pavos de carne que recibieron microelementos orgánicos y Se-metionina en la dieta en sustitución de una premezcla tradicional

Aspectos	Tratamientos		
	1	2	3
Pavos por tratamiento	25	25	25
Duración del ensayo, semanas	12	12	12
Sustitución de la premezcla	0	1/3	2/3
Peso inicial, g. / pavo	130.32	139.48	140.52
Peso final, g. / pavo	8190	8200	8360
Incremento total de peso, g. / pavo	8060 ^a	8061 ^a	8220 ^a
Incremento diario de peso, g. / pavo	96	96	98
% respecto al testigo	100	100	102.1

^a Letras iguales sobre los promedios indican diferencias no significativas entre tratamientos ($P \leq 0.05$)



En el mismo orden de tratamientos, los pesos finales fueron 8190, 8200 y 8360 gramos por pavo; al sustituir los pesos iniciales de los pesos finales se determinó el incremento total de peso en 8060, 8061 y 8220 gramos por pavo, que al llevar a cifras de

incremento diario fueron de 96, 96 y 98 gramos por pavo. Realizado el análisis de la varianza (Cuadro N° 8.2.) se pudo determinar que las diferencias entre los tratamientos no alcanzaron significación estadística. Los tratamientos 1 y 2 fueron, prácticamente, iguales y el tratamiento 3 superó a ambos en 2.1%, el comportamiento de los tratamientos se puede apreciar en la Figura N° 4.2.

Trabajando con otra fuente de microminerales orgánicos en la dieta MIRES (2004) encontró un comportamiento parecido en los incrementos de peso vivo; las ventajas sobre el tratamiento testigo fueron no significativas y del orden de 2 a 3%.

En pollos de carne, RIOS *et al.* (2002) encontraron que, al emplear una premezcla con microelementos orgánicos, los incrementos de peso superaron al testigo hasta en 3.8%. En patos criollos (*Cairina moschata*) la respuesta a los minerales orgánicos ha sido diferente, CHAVEZ *et al.* (2002) reportaron ganancias de peso superiores al testigo en 5.9 y 7.2% al emplear 0.1 y 0.2%, respectivamente, de una premezcla en la que la base de quelación de los microelementos era ácido propiónico. Efectos promotores del incremento de peso o de la producción de huevos en gallináceas, por fuentes orgánicas de minerales, han sido reportadas por RUIZ (2000), COTRINA (2000), SAUCEDO (2001), y en patos criollos por VIDARTE *et al.* (2002).

Las respuestas encontradas en diferentes ensayos, así como en el presente, indican que cuando se tiene en cuenta sólo uno, o a lo mucho dos, de los microelementos ligados a base orgánica la respuesta es de mayor magnitud; lo que no sucede cuando se emplea una premezcla. Este comportamiento, presumiblemente, está asociado con un desbalance o superoferta de uno o más elementos al suministrar una premezcla.

El rendimiento ligeramente superior logrado con el tratamiento 3, en el que se reemplazó 2/3 de la premezcla típica, puede deberse al hecho de la costumbre de adicionar grandes ofertas de calcio y fósforo descuidando o desbalanceando la oferta adecuada de

microelementos; sin tener en consideración que la mejor utilización de calcio o fósforo para fines productivos está en gran medida relacionada al adecuado abastecimiento de microelementos, como en el caso de la interacción Calcio – Zinc (RUIZ, 2000; RIOS *et al.*, 2002; MIRES, 2004).

No obstante la escasa respuesta lograda en los incrementos de peso vivo, los minerales orgánicos y la selenio metionina están relacionados con características adecuadas de la carcasa (grado de magro, capacidad de retención de líquidos intracelulares, consistencia de la carne, etc.) lo que representa una ventaja para ganar el favor de los consumidores, que cada vez están más interesados en la adquisición de pavos de granja con mejores características de la carcasa, las que deben parecerse a las de los pavos criollos a las que están acostumbrados (CANTOR *et al.*, 1975; BUNK y COMBS, 1980; CANTOR *et al.*, 1982; EDWARDLY, 1982; JIANHUA *et al.*, 2000).

4.3. CONVERSIÓN ALIMENTICIA

Los resultados de conversión alimenticia obtenidos con pavos de carne que recibieron microelementos orgánicos y Se-metionina en la dieta en sustitución de una mezcla tradicional son mostrados en el Cuadro N° 4.3.

Respectivamente para los tratamientos 1, 2 y 3 los valores de conversión alimenticia fueron de 1.96, 1.997 y 1.97 kilos de alimento consumido por kilo de peso vivo incrementado. Se puede apreciar (Figura N° 4.3.) que los valores fueron, en la práctica, similares entre todos los tratamientos; sin embargo, se aprecia que hubo una ligera ineficiencia en la utilización del alimento en los tratamientos 2 y 3 en comparación con el tratamiento testigo, esta fue de 1.9 y 0.5%.

Como objetivo básico de la investigación se esperaba que la conversión alimenticia mejorara al utilizar la fuente de minerales orgánicos evaluada, lo que no sucedió. Una de las razones para que se diera este comportamiento estriba en las adecuadas condiciones que

se dieron a todos los tratamientos participantes del ensayo, que la oferta de microelementos en la premezcla típica haya estado muy próxima a la ideal para los pavos o que al reemplazar a la premezcla típica se hubiese dado un desbalance de micronutrientes, especialmente vitaminas.

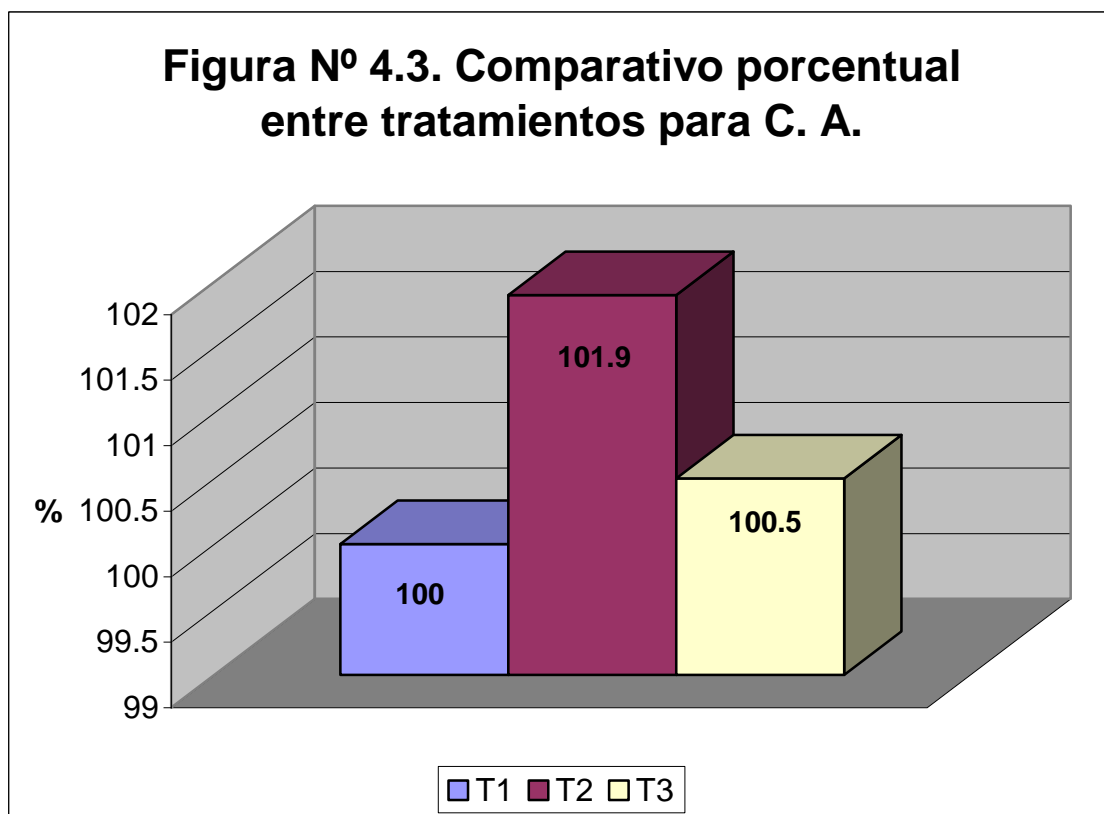
CUADRO N° 4.3. Conversión alimenticia (C. A.) de pavos de carne que recibieron microelementos orgánicos y Se-metionina en la dieta en sustitución de una premezcla tradicional

Aspectos	Tratamientos		
	1	2	3
Pavos por tratamiento	25	25	25
Duración del ensayo, semanas	12	12	12
Sustitución de la premezcla	0	1/3	2/3
Consumo de alimento, Kg. / pavo	15.8	16.1	16.2
Incremento de peso vivo, Kg. / pavo	8.060	8.061	8.220
C. A.	1.96	1.997	1.97
% respecto al testigo	100.	101.9	100.5
Eficiencia o ineficiencia		-1.9	-0.5

Aún cuando se suministró vitaminas en el agua de bebida, en las dosis recomendadas por el fabricante, existe la posibilidad de una inadecuada oferta de estos importantes nutrientes debido a la acción simple o conjunta de varios factores (no concordancia entre el rótulo en el empaque y el contenido real, destrucción de vitaminas desde la fabricación hasta el momento de utilización, etc.)

Conversiones alimenticias mejores a las logradas por el testigo fueron reportadas dentro de su ensayo por MIREs (2004) cuando evaluó la inclusión duna fuente de minerales orgánicos ligados a propionato en la dieta de pavos de carne; la mayor fue de un poco más de 6%. En el caso del investigador citado, aun cuando los incrementos de peso fueron parecidos la tendencia del consumo de alimento fue a disminuir, lo que se reflejó en

mejor eficiencia de utilización del alimento ingerido. En el caso del presente trabajo de investigación, el ligero incremento en el consumo no se materializó en considerables mejoras en el incremento de peso, las que se habría debido a la presencia de los minerales orgánicos.



RUIZ (2006), trabajando con pavos hybrid de 28 a 84 días de edad, empleó un bioestimulante en cuya composición se dispuso de una concentración apreciable de minerales quelados a aminoácidos, determinó que si bien los incrementos de peso tendieron a ser iguales o superiores a los logrados con el tratamiento testigo la conversión alimenticia fue, en términos generales, menos eficiente a la lograda con el tratamiento testigo.

Con pollos de carne, en el caso de BAZÁN (2005), quien evaluó la utilización de un bioestimulante en cuya composición contaba con minerales orgánicos, el consumo de alimento se mantuvo o disminuyó; sin embargo, los incrementos de peso fueron mejores,

lo que permitió el logro de conversiones alimenticias superiores, de hasta 8%. Una tendencia similar fue encontrada por CASAS (2005), aunque en este caso la mejora en el índice de conversión alimenticia fue de hasta 6%. El caso de ALZA (2006) fue aun más marcado, considerando que el producto que evaluó además de minerales orgánicos contenía una concentración considerable de aminoácidos, el consumo de alimento disminuyó hasta en 10% pero la eficiencia de utilización del alimento ingerido se incrementó hasta en 20%.

Como en caso de ALZA (2006), RAMÍREZ (2006) y SALAZAR (2006) reportaron menores cantidades de consumo de alimento con relación al testigo pero considerablemente mayor (entre 11 y 18%) eficiencia en la utilización del alimento. En los últimos tres investigadores citados se trabajó con pollos de carne en la fase de inicio, fase caracterizada por incrementos de peso proporcionalmente altos debido a la edad de las aves. Sin embargo, ponen de manifiesto la importancia del suministro suplementario de minerales en forma orgánica (quelados a una molécula orgánica).

El comportamiento de los pavos de carne al parecer es diferente al del pollo de carne, aunque se tiende a considerarlos como de comportamientos fisiológicos parecidos (debido a un proceso de selección y alimentación similares) al parecer la diferencia de especie los haría responder en forma diferente a la suplementación de minerales orgánicos.

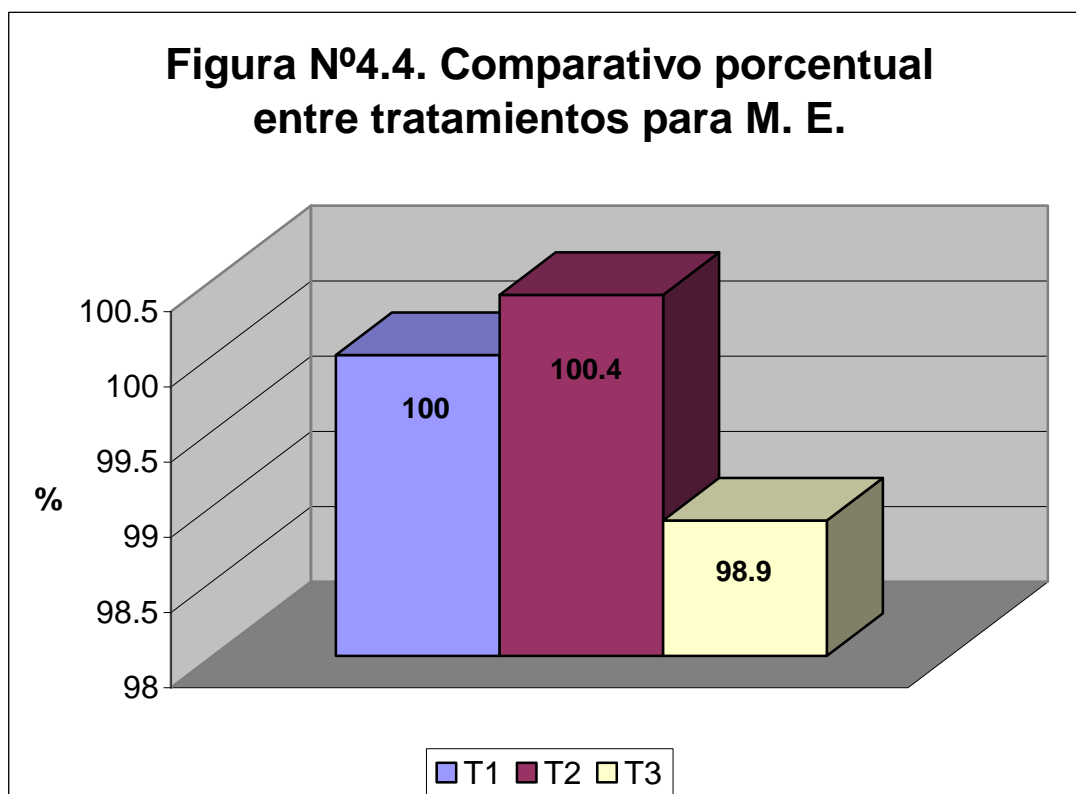
4.4. MÉRITO ECONÓMICO

En el Cuadro N° 4.4. se presentan los resultados de mérito económico y en la Figura N° 4.4. se ilustra el comparativo porcentual entre tratamientos para pavos de carne que recibieron microelementos orgánicos y selenio metionina en la dieta en sustitución de una premezcla típica.

CUADRO N° 4.4. Mérito económico (M. E.) de pavos de carne que recibieron microelementos orgánicos y Se-metionina en la dieta en sustitución de una premezcla tradicional

Aspectos	Tratamientos		
	1	2	3
Pavos por tratamiento	25	25	25
Duración del ensayo, semanas	12	12	12
Sustitución de la premezcla	0	1/3	2/3
Gasto en alimento*, s/. por pavo	22.66	22.75	22.81
Incremento de peso, kilos/ pavo	8.06	8.061	8.22
M. E.	2.81	2.82	2.78
% respecto al testigo	100.	100.4	98.9

* Incluye el gasto en minerales orgánicos y Se-met en los tratamientos 2 y 3.



El mérito económico para los tratamientos 1, 2 y 3 fue de 2.81, 2.82 y 2.78 nuevos soles gastados en alimento por kilo de peso vivo incrementado; como se puede apreciar en la Figura N° 4.4., los valores de mérito económico para los tratamientos 1 y 2 fueron, en la práctica, similares. El tratamiento 2 mostró un M. E. menos eficiente que el logrado con el testigo sólo en 0.4%. El tratamiento 3 fue más eficiente que el testigo en 1.1%.

Es innegable que un ahorro en alimentos, aun cuando sea relativamente pequeño, puede representar una cantidad considerable de dinero; lo que está en función del tamaño de la explotación. Pero más allá de la pequeña ventaja en ahorro de dinero habría que considerar las mejores condiciones de la carne que se supone que se deben lograr con los minerales orgánicos y con selenio-metionina, que pueden llegar incluso a una menor reducción durante los procesos culinarios del pavo. Por esta razón, trabajos de investigación como el presente deberían considerar, dentro de sus posibilidades, la evaluación de características de las carcasas.

Uno de los principales inconvenientes de la comercialización del pavo de granja se da cuando las carcasas son congeladas, el público consumidor tiende a manifestar poca preferencia por este tipo de pavo debido a que le atribuye efectos negativos sobre el sabor o alta merma durante el proceso culinario. Se dispone de información que indica que la utilización de minerales orgánicos y de selenio-metionina disminuye considerablemente tales mermas. Suministrando a las aves una alta concentración de antioxidantes dietéticos (como microelementos) es una herramienta simple para mejorar la estabilidad oxidativa y el tiempo de vida media de la carne de ave (O'NEIL *et al.*, 1998; SURAI y SPARKS, 2000; GRAU *et al.*, 2001; BOU *et al.*, 2004); dentro de los microelementos el papel clave es jugado por el selenio (COMBS, 1981). KLOTZ *et al.* (2003) citan abundante y determinante información que indica el rol también trascendental del cobre y zinc en el rol de protección contra la acción de radicales libres y metales pesados, permitiendo el

mantenimiento de la integridad de la pared celular y retardando la presentación de procesos apoptóticos, aun después del sacrificio de las aves.

Es importante, también, tener en consideración el efecto beneficioso sobre la salud de las personas. Si tales elementos, sobre todo en el caso de selenio-metionina, se pueden acumular a nivel del tejido muscular entonces serían aprovechados por las personas que consumen tales carnes. Por lo que tendría que considerarse la conveniencia o no de emplear los minerales orgánicos y selenio-metionina desde el punto de vista de tales aspectos y no solamente teniendo en consideración el desempeño en vivo; siendo necesarias las investigaciones que se hagan evaluando las características de las carcasas.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Bajo las condiciones en las que se realizó el presente trabajo de investigación se llegó a las siguientes conclusiones:

2. La sustitución de 1/3 y 2/3 de la premezcla típica por una premezcla de minerales orgánicos y selenio-metionina ocasionó un incremento en el consumo de alimento en 2.1 y 2.7% con respecto al testigo, respectivamente.
3. Los incrementos de peso vivo mejoraron con la sustitución de 2/3 de la premezcla típica, entre los otros tratamientos fueron similares; aunque las diferencias entre los tres tratamientos no alcanzaron significación estadística.
4. La conversión alimenticia fue prácticamente similar entre los tres tratamientos; sin embargo, al compararlos porcentualmente se notó menor eficiencia en la utilización del alimento en los tratamientos 2 (-1.9%) y 3 (-0.5%) con respecto al testigo.-
5. El mérito económico del tratamiento en el que se sustituyó 2/3 de la premezcla típica el mérito económico fue 1.1% más eficiente que el testigo; en tanto que el logrado con el tratamiento 2 fue similar.

Recomendándose:

1. La sustitución de 2/3 de la premezcla típica por la de minerales orgánicos y selenio-metionina.
2. Continuar con las evaluaciones bajo diferentes criterios de sustitución de la premezcla típica y determinar su efecto sobre diferentes características de la carcasa y en el aspecto culinario.

VI. RESUMEN

Se realizó un trabajo de investigación con la finalidad de determinar el efecto de la sustitución de una premezcla de uso típico por una con minerales orgánicos y selenio-metionina sobre el incremento de peso vivo, conversión alimenticia y mérito económico en pavos de carne, entre los 7 y 91 días de edad. Se implementaron los siguientes tratamientos: **T₁**, testigo; **T₂**, sustitución de 1/3 de la premezcla típica; **T₃**, sustitución de 2/3 de la premezcla típica. Se emplearon 75 pavos de la línea Hybrid, de ambos sexos, homogéneos en peso corporal inicial, provenientes de una planta de incubación de la ciudad de Lima. El ensayo se ajustó a un Diseño Completamente Azarizado. Las raciones fueron preparadas manualmente, teniendo cuidado de lograr una completa homogeneización; el alimento se suministró en cantidades para propiciar consumo *ad libitum*, la cantidad consumida de alimento se determinó por diferencia entre el suministro y el residuo. Se siguió el programa de manejo recomendado por la Guía de la línea empleada, así como el manejo sanitario. Respectivamente para los tratamientos 1, 2 y 3 se obtuvieron los siguientes resultados: 15.8, 16.1 y 16.2 kilos de alimento consumido en total, promedio, por pavo; 8.060, 8.061 y 8.220 kilos de peso vivo incrementado, promedio, por pavo; 1.96, 1.997 y 1.97 kilos de alimento consumido por kilo de peso vivo incrementado; 2.81, 2.82 y 2.78 nuevos soles gastados en alimento por kilo de peso vivo incrementado. Aun cuando las diferencias, entre los tratamientos, fueron pequeñas el tratamiento 3 logró una ventaja de 2.1% en el incremento de peso vivo y de 1.1% en el mérito económico; haciéndolo recomendable en tanto se sigue investigando para determinar la mejor tasa de sustitución e implementar investigaciones para poder determinar que tipo de efecto puede darse sobre algunas características de la carcasa y en el proceso culinario, que puede ser trascendente en el proceso de comercialización del pavo de carne.

VII. BIBLIOGRAFÍA CITADA

- AGURTO S., G. 2004. Tendencia de la producción y calidad de huevo en gallinas Hy-Line Brown que reciben minerales traza quelados y aminoácidos en el agua de bebida. Tesis. Facultad de Ingeniería Zootecnia, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú.
- ALLTECH. 2002. Navegando de Mercados Nicho a Mercados Globales. Alltech Inc. Nicholasville, KY, USA.
- ALZA G., E. C. 2005. Rendimiento del pollo de carne según nivel de suplementación en el agua de bebida con un bioestimulante de aminoácidos activados en la fase de inicio. Tesis. Facultad de Ingeniería Zootecnia, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú.
- BAKER, D. H. and K. M. HALPIN. 1988. Zinc antagonizing effect of fish meal. Wheat bran and corn-soybean meal mixture when added to a phytate- and fiber-free casein dextrose diet. *Nutr. Res.*, 8: 213.
- BAZÁN R., M. 2005. Rendimiento de pollos de carne que recibieron fitobióticos en la dieta y un bioestimulante en el agua de bebida, sin antibiótico promotor del crecimiento. Tesis. Facultad de Ingeniería Zootecnia, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú.
- BERNABE D., K. 2006. Crecimiento de pollitas Hy-Line Brown que reciben un bioestimulante en el agua de bebida. Tesis. Facultad de Ingeniería Zootecnia, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú.
- BOU, R.; F. GUARDIOLA; A. TRES; A. C. BARROETA, and R. CODONY. 2004. Effect of dietary fish oil, α -tocopheryl acetate, and zinc supplementation of chicken meat. *Poultry Science*, 83: 282-292.
- BUNK, M. J. and G. F. COMBS, Jr. 1980. Effect of selenium on appetite in the selenium-deficient chick. *Journal of Nutrition*, 110: 743 – 749.
- CANTOR, A. H.; M. L. SCOTT, and M. A. MUSSER. 1982. Comparative effects of sodium selenite and selenomethionine upon nutritional muscular dystrophy, selenium-dependent glutathione peroxidase, and tissue selenium concentrations of turkey poults. *Poultry Science*, 61: 478 – 484.
- CANTOR, A. H.; M. L. SCOTT, and T. NOGUCHI. 1975. Biological availability of selenium in feedstuffs and selenium compounds for prevention of exudative diathesis in chicks. *Journal of Nutrition*, 105: 95 – 105.
- CASAS L.; C. 2005. Minerales quelados en el agua de bebida y su efecto sobre el rendimiento en pollos de carne. Tesis. Facultad de Ingeniería Zootecnia, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú.
- CASTRO M., J. A. 2005. Rendimiento del pato criollo mejorado por inclusión de un simbiótico y minerales orgánicos en el agua de bebida en reemplazo de antibiótico

promotor del crecimiento. Tesis. Facultad de Ingeniería Zootecnia, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú.

- CHAVEZ A., F. J.; P. A. DEL CARPIO R., y C. SALA L. 2002. Oligoelementos orgánicos en la dieta de patos criollos (*Cairina moschata*) en crecimiento. En: **Resúmenes**. XXV Reunión Científica Anual de la Asociación Peruana de Producción Animal. Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú.
- COMBS, G. F., Jr. 1981. Influences of dietary vitamin E and selenium on the oxidant defense system of the chick. *Poultry Science*, 60: 2098 – 2105.
- CÓRDOVA C., J. R. 2005. Producción de gallinas Hy-Line Brown según la presencia de una fuente de minerales orgánicos (50%) y aminoácidos activados (50%) en el agua de bebida. Tesis. Facultad de Ingeniería Zootecnia, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú.
- COTRINA A., K. J. 2000. Oligoelementos orgánicos en la dieta de gallinas ponedoras. Tesis. Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú.
- DAVIES, N.; T. V. HRISTIC, and A. A. FLETT. 1977. Phytate rather than fiber in bran as the determinant of zinc availability to rats. *Nutr. Rep. Int.*, 15: 207.
- DÍAZ P., E. 2008. Rendimiento de pollos Cobb por incorporación de un bioestimulante concentrado en el agua de bebida, sin empleo de antibiótico promotor de crecimiento. Tesis. Facultad de Ingeniería Zootecnia, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú.
- EDWARDLY, J. S. 1982. Effect of supplemental selenium on the performance and ⁷⁵Se metabolism in chicks. In: *Trace Element Metabolism in Man and Animals* (GAWTHORNE, J. M.; J. HOWELL, and C. I. WHITE, eds.) Springer Verlag. New York, USA. pp. 226 – 229.
- FREMAUT, D. 2003. Trace mineral proteinates in modern pig production: reducing mineral excretion without sacrificing performance. **In: Nutritional Biotechnology in the Feed and Food Industries**. (LYONS, T. P. and K. A. JACQUES, eds.) Alltech 19th Annual Symposium. Nottingham University Press. Nottingham, United Kingdom. pp. 171-178.
- GLADYSER, V. N. 2001. Identity, evolution and function of selenoproteins and selenoprotein genes. In: *Selenium, Its Molecular Biology and Role in Human Health*. (D. L. HATFIELD; ed.) Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, Netherlands. pp. 99-104.
- GRAU, A.; R. CODONY; S. GRIMPA; M. D. BAUCCELLS, and F. GUARDIOLA. 2001. Cholesterol oxidation in frozen dark chicken meat: Influence of dietary fat source, and α -tocopherol and ascorbic acid supplementation. *Meat Sci.*, 57: 197 – 208.

- HAMBIDGE, K. M.; C. E. CASEV, and N. F. KREBS. 1986. zinc. In: Trace Elements in Human and Animal Nutrition (W. MERTZ, ed.). Vol. 2. Academic Press. London, England.
- HURLEY, L. S. and C. L. KEEN. 1987. In: Trace Elements in Human and Animal Nutrition (W. MERTZ, ed.). London, England.
- IDROGO S., N. Y. 2006. Bioestimulante vitaminizado en el agua de bebida de patos criollos y su efecto sobre el crecimiento. Tesis. Facultad de Ingeniería Zootecnia, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú.
- JIANHUA, H.; A. OHTSUKAWA, and K. HAYASHI. 2000. Selenium influences growth via thyroid hormone status in broiler chickens. *British Journal of Nutrition*, 84: 727 – 732.
- KAGI, J. H. R. and B. L. YALLEE. 1960. Metallothionein: a cadmium- and zinc-containing protein from equine renal cortex. *J. Biol. Chem.*, 235: 3460-3465.
- KEEN, C. L.; and S. ZIDENBERG-CHERR. 1990. In: Nutrition Reviews: Present Knowledge in Nutrition. 6th ed. (M. L. BROWN, ed.). The Nutrition Foundation, Inc. Washington, D. C.
- KLOTZ, L-O.; K-D. KRONCKE; D. P. BUCHCZYK, and H. SIES. 2003. Role of copper, zinc, selenium and tellurium in the cellular defense against oxidative and nitrosative stress. *Journal of Nutrition*, 133: 1448S – 1451S.
- KOŁODZIEJ, A. and E. JACYNO. 2004. Effect of dietary selenium and vitamin E supplementation on reproductive performance of young boars. *Elect. J. Polish Agric. Univ.*, 7: 102-107.
- LEACH, R. M., Jr. 1978. In: Handbook Series in Nutrition and Food. Section E: Nutrition Disorders. Vol. I. (M. RECHCIGL, ed.). CRC Press. West Palm Beach. Florida, USA.
- LEGER, A. P. and T. MIYA. 1976. A mechanism for cadmium and zinc induced tolerance to cadmium toxicity: involvement of metallothionein. *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, 87: 403-414.
- LEVANDER, O. A.; A. L. AGER, and M. A. BECK. 1995. Vitamin E and selenium: Contrasting and interacting nutritional determinants of host resistance to parasitic and viral infections. *Proc. Nutr. Soc.*, 54: 475-487.
- LEYTON R., J. 2005. Kelp en la dieta de pollos Cobb y su efecto sobre el rendimiento. Tesis. Facultad de Ingeniería Zootecnia, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú.
- LÓPEZ S., E. R. 2005. Producción de gallinas Hy-Line Brown según presencia de un simbiótico y minerales traza quelados a aminoácidos en el agua de bebida. Tesis. Facultad de Ingeniería Zootecnia, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú.

- MARIN-GUZMAN, J.; D. C. MAHAN; Y. K. CHUNG; J. L. PATE, and W. F. POPE. 1997. Effects of dietary selenium and vitamin E on boar performance and tissue responses, semen quality, and subsequent fertilization rates in mature gilts. *J. Anim. Sci.*, 75: 2994-3003.
- MARIN-GUZMAN, J.; D. C. MAHAN, and J. L. PATE. 2000. Effect of dietary selenium vitamin E on spermatogenic development in boars. *J. Anim. Sci.*, 78: 1537-1543.
- MATEOS, G. G.; D. VALENCIA y E. JIMÉNEZ. 2004. Microminerales en alimentación de monogástricos: Aspectos técnicos y consideraciones legales. XX CURSO DE ESPECIALIZACIÓN FEDNA (Federación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal). Barcelona, España.
- McDOWELL, L. R. 1992. *Minerals in Animal and Human Nutrition*. Academic Press Inc. San Diego, California, USA.
- McKENZIE, R. C.; J. R. ARTHUR; S. M. MILLER; T. S. RAFFERTY, and G. J. BECKETT. 2002. Selenium and the immune system. In: *Nutrition and Immune Function*. (CALDER, P. C.; C. J. FIELDS, and H. S. GILL, eds.) CABI Publishing. Wallingford, UK. pp. 239-250.
- MILLER, E. R.; H. D. STOWE; P. K. KU, and G. M. HILL. 1979. In: *Copper and Zinc in Animal Nutrition*. Literature Review Committee, National Feed Ingredients Association. West Des Moines, Iowa, USA.
- MIRES B., A. 2004. Microminerales orgánicos en la dieta de pavos de engorde BUT Big 6. Tesis. Facultad de Ingeniería Zootecnia, Universidad Nacional "Pedro Ruiz Gallo". Lambayeque, Perú.
- MORAN, C. A.; J. L. PIERCE, y R. POWER. 2007. Suplementación con minerales orgánicos para maximizar el rendimiento animal: Recientes desarrollos impulsando la industria hacia la redefinición de la nutrición mineral. En: *¿Alimento o Combustible? 17ª Ronda Latinoamericana de Alltech*. EE. UU. de N. A. pp. 33 – 42.
- NUNTON E., J. L. 2005. Rendimiento de gorrinos (destete-30 Kg.) por acción de un bioestimulante con diferentes proporciones de minerales orgánicos y aminoácidos administrado por vía oral. Tesis. Facultad de Ingeniería Zootecnia, Universidad Nacional "Pedro Ruiz Gallo". Lambayeque, Perú.
- O'DELL, B. L. 1979. In: *Copper and Zinc in Animal Nutrition*. Literature Review Committee, National Feed Ingredients Association. West Des Moines, Ia, 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. p. 319.
- O'NEILL, L. M.; K. GALVIN; P. A. MORRISSEY, and D. J. BUCKLEY. 1998. Comparison of effects of dietary olive oil, tallow and vitamin E on the quality of broiler meat and meat products. *Br. Poultry Science*, 39: 365 – 371.

- OSTLE, B. 1979. Estadística Aplicada. Limusa. México.
- RAMÍREZ M., M. O. 2006. Rendimiento al inicio de pollos de carne por acción de dos bioestimulantes, con diferentes proporciones de minerales orgánicos y aminoácidos, en el agua de bebida. Tesis. Facultad de Ingeniería Zootecnia, Universidad Nacional "Pedro Ruiz Gallo". Lambayeque, Perú.
- RAYMAN, M. P. 2002. The argument for increasing selenium intake. *Proc. Nutr. Soc.*, 61: 203-215.
- RICHARDS, M. P. and R. U. COUSINS. 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. and R. U. COUSINS. 1976. Zinc binding protein: Relationship to short-term changes in zinc metabolism. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 153: 52-56.
- RICHARDS, M. P. and R. U. COUSINS. 1977. Isolation of an intestinal metallothionein induced by parenteral zinc. *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, 75: 286-294.
- RIOS N., J. E.; P. A DEL CARPIO R.; C. SALA L. y M. CUMPA GONZALEZ. 2002. Microminerales orgánicos en la crianza del pollo de carne. En: **Resúmenes**. XXV Reunión Científica Anual de la Asociación Peruana de Producción Animal. Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional "Pedro Ruiz Gallo". Lambayeque, Perú.
- RUIZ G., N. 2000. Zinc-propionato en la dieta de pollos de carne. Tesis. Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional "Pedro Ruiz Gallo". Lambayeque, Perú.
- RUIZ E., J. M. 2005. Rendimiento de pavos Hybrid Super Medio que reciben aminoácidos y minerales quelados en el agua de bebida. Tesis. Facultad de Ingeniería Zootecnia, Universidad Nacional "Pedro Ruiz Gallo". Lambayeque, Perú.
- SALAZAR V., L. C. 2006. Bioestimulante reforzado con vitaminas en el agua de bebida y su efecto sobre el rendimiento en el inicio de pollos de carne. Tesis. Facultad de Ingeniería Zootecnia, Universidad Nacional "Pedro Ruiz Gallo". Lambayeque, Perú.
- SAUCEDO O., L. 2000. Zinc-propionato en la dieta de gallinas ponedoras criadas en piso. Tesis. Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional "Pedro Ruiz Gallo". Lambayeque, Perú.
- SCOTT, M. L.; M. C. NESHEIM, and R. J. YOUNG. 1982. Nutrition of the chicken. M. L. Scott and Associates. Ithaca, New York, USA.
- SCHEFFLER, E. 1982. Bioestadística. Fondo Educativo Interamericano. EE. UU. de N. A.

- STARCHER, B. C. 1969. Studies on the mechanism of copper absorption. *Journal of Nutrition*, 97: 321-326.
- STARCHER, B. C.; J. C. GLAUBER, and J. G. HADARAS. 1980. Zinc absorption and its relationship to intestinal metallothionein. *Journal of Nutrition*, 110: 1391-1397.
- SURAI, P. F. 2003.
- SURAI, P. F. and N. H. C. SPARKS. 2000. Tissue-specific fatty acid and α -tocopherol profiles in male chickens depending on dietary tuna oil and vitamin E provision. *Poultry Science*, 79: 1132 – 1142.
- UNDERWOOD, E. J. 1977. Trace Elements in Human and Animal Nutrition. Academic Press. New York, USA.
- VIDARTE CH., T.; P. A. DEL CARPIO R., y C. SALA L. 2002. Zn-propionato en la dieta de patos criollos (*Cairina moschata*) en crecimiento. En: **Resúmenes**. XXV Reunión Científica Anual de la Asociación Peruana de Producción Animal. Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú.
- VILLEGAS R., R. C. 2005. Producción de gallinas HY-Line Brown según la presencia de una fuente de minerales orgánicos (30%) y aminoácidos activados (70%) en el agua de bebida. Tesis. Facultad de Ingeniería Zootecnia, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú.
- WEBB, M. and R. D. VERSCHOYLE. 1976. An investigation of the role of metallothionein in protection against the acute toxicity of the cadmium ion. *Biochem. Pharmacol.*, 25: 673-679.
- WEDEKIND, K. J. and D. H. BAKER. 1990. Biodisponibilidad de zinc en alimentos y tipos de Fuentes de zinc. REVESA S.R.L. Lima, Perú.
- WEDEKIND, K. J.; A. E. HORTIN, and D. H. BAKER. 1992. Methodology for assessing zinc bioavailability: efficacy estimates for zinc-methionine, zinc sulfate, and zinc oxide. *Journal of Animal Science*, 70: 178-187.
- ZÁRATE L., L. M. 2005. Incorporación de canela y kióon en la dieta y de un bioestimulante en el agua de bebida y su efecto sobre el rendimiento en pollos de carne, sin APC. Tesis. Facultad de Ingeniería Zootecnia, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú.

VIII. APÉNDICE

CUADRO N° 8.1. Prueba de homogeneidad de varianzas con los pesos iniciales

Muestra	SC _i	GL	Si ²	log ₁₀ Si ²	GL x log ₁₀ Si ²
1	5045.44	24	210.2267	2.3227	55.7445
2	4506.24	24	187.7600	2.2736	54.5665
3	5718.24	24	238.2600	2.3771	57.0492
Total	15269.92	72	-----	-----	167.3602

$$S^2 = 212.0822$$

$$B = 167.5083$$

$$x^2 = 0.34^{N.S.}$$

Varianzas Homogéneas

CUADRO N° 8.2. Análisis de varianza con los incrementos de peso

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Sign.
Tratamientos	408427.79	2	204213.895	<1	N. S.
Residual	57662061.76	72	800861.97		
Total	58070489.55	74			

C. V. = 11.02%

CUADRO N° 8.3. Análisis de covarianza entre peso inicial (X) e incrementos de peso (Y)

Fuente de Variación	GL	Σx^2	Σxy	Σy^2	$\Sigma y^2 - \Sigma xy^2 / \Sigma x^2$	GL	CM
Tratamientos	2	1575.23	15471.16	408427.79			
Residual	72	15269.92	168597.2	57662061.76	56014831.66	71	788941.29
Total	74	16845.15	174068.4	58070489.55	56271764.1	73	-----
Diferencias para probar entre medias ajustadas de Tratamientos					256932.44	2	128466.22

$$F_{COV.} = 0.16^{N.S.}$$

$$F_{REG.} = 2.09$$