

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y  
ZOOTECNIA**



**EFFECTO DE MICROMINERALES ORGÁNICOS EN LA PRODUCCIÓN Y  
CALIDAD DE HUEVO DE GALLINA DE POSTURA COMERCIAL DE  
80-90 SEMANAS.**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**ANA SOFÍA REYES JACINTO**

**TRUJILLO, PERÚ**

**2021**

La presente tesis ha sido revisada y aprobada por el siguiente Jurado:



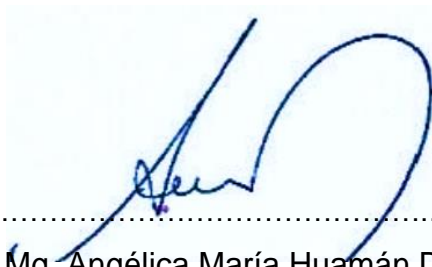
---

Ing. Dr. Wilson Lino Castillo Soto  
PRESIDENTE



---

MV. Mg. Luis Abraham Ortiz Tenorio  
SECRETARIO



---

MVZ. Mg. Angélica María Huamán Dávila  
VOCAL



---

Ing. Mg. César Eduardo Honorio Javes  
ASESOR

## **DEDICATORIA**

A Dios por ser mi guía y bendecirme cada día en todos mis proyectos.

A mis padres y hermanos por siempre ser ese soporte y apoyo incondicional, e impulsarme a cumplir mis metas.

A todas mis mascotas que desde el cielo fueron mi promesa para ser una profesional hoy en día y sobre todo a Bobby que fue mi mascota, paciente y compañero durante toda la carrera.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios y a mis padres, Santos y Liduvina; quienes siempre me dieron el tiempo y apoyo que necesité para seguir adelante y culminar ésta meta.

A mis amigos que me acompañaron desde que empecé la carrera y me brindaron su apoyo durante todo este tiempo, y a aquellos que conocí con el tiempo y se convirtieron en mis hermanos.

A mis maestros quienes al final del proceso se convirtieron en amigos, gracias a ustedes por su cariño, su guía constante, apoyo moral y académico.

Por último agradezco a todo aquel con quien compartí momentos en esta vida y me dieron su apoyo para lograr este sueño, sin todos ustedes estoy segura de que no hubiera sido una etapa exitosa.

## ÍNDICE GENERAL

	Páginas
CARÁTULA.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
APROBACIÓN POR EL JURADO DE TESIS.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
ÍNDICE GENERAL .....	iv
ÍNDICE DE CUADROS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
INDICE DE ANEXOS.....	ix
RESUMEN .....	x
ABSTRACT.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
I. INTRODUCCIÓN .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA .....	3
2.1. Fisiología de la puesta y aparato reproductor de la gallina .....	2
2.2. Huevo .....	4
2.3. Microminerales .....	9
2.4. Microminerales orgánicos y el impacto generado en las principales especies de producción en el país.....	11
2.5. Consecuencias que abarca el incremento y déficit de microminerales.....	123
2.6. Impacto de los microminerales orgánicos sobre los parámetros de producción de aves.....	145
III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	20

3.1. Lugar de investigación.....	20
3.2. Animales experimentales e instalaciones .....	20
3.3. Sanidad y manejo.....	21
3.4. Alimentación .....	21
3.5. Variable independiente .....	21
3.6. Tratamientos.....	23
3.7. Variable dependiente.....	23
3.8. Procedimiento para evaluar.....	23
3.9. Análisis estadístico .....	26
IV. RESULTADOS .....	27
V. DISCUSIÓN .....	34
VI. CONCLUSIONES.....	39
VII. RECOMENDACIONES .....	40
VIII. BIBLIOGRAFÍA .....	50

## ÍNDICE DE CUADROS

	Páginas
Cuadro 1. Efecto de las dietas base con cobre sobre los parámetros productivos de pollos de engorde al finalizar su campaña de 40 días .....	17
Cuadro 2. Porcentaje de acumulación y biodisponibilidad de fuentes de manganeso en tibia .....	18
Cuadro 3. Porcentaje de postura en gallinas ponedoras Hy-line Brown, desde la semana 35 hasta la 42.....	19
Cuadro 4. Composición porcentual y nutricional de la DB y DBMO, para gallinas de postura de la línea Hy-line Brown de 80-90 semanas de edad.....	22
Cuadro 5. Efecto de la adición de microminerales orgánicos en la producción de huevos (%), huevos rotos (%) y huevos en suelo (%), de gallinas Hy-line Brown de 80 a 90 semanas de edad.....	27
Cuadra 6 Efecto de la adición de microminerales orgánicos sobre la calidad del huevo de gallinas Hy-line Brown de 80 a 90 semanas de edad.....	30

## ÍNDICE DE FIGURAS

		Páginas
Figura 1.	Comportamiento del porcentaje de producción de huevos en función de las dietas DBMO y DB, durante el periodo de 10 semanas.....	28
Figura 2.	Comportamiento del porcentaje de huevos rotos en función de las dietas DBMO y DB, durante el periodo de 10 semanas.....	29
Figura 3.	Comportamiento del porcentaje de huevos en suelo en función de las dietas DBMO y DB, durante el periodo de 10 semanas.....	29
Figura 4.	Altura de albúmina (mm), en función del desempeño de las dietas DBMO y DB, durante el periodo de 10 semanas.....	31
Figura 5.	Resistencia a la ruptura (kgf), en función del desempeño de las dietas DBMO y DB, durante el periodo de 10 semanas.....	32
Figura 6.	Grosor de cáscara (mm), en función del desempeño de las dietas DBMO y DB, durante el periodo de 10 semanas.....	32
Figura 7.	Peso promedio del huevo (g) en función al desempeño de las dietas DBMO y DB, durante el periodo de 10 semanas.....	33
Figura 8.	Unidades Haugh (UH) en función del desempeño de las dietas DBMO y DB, durante el periodo de 10 semanas...	33



## ÍNDICE DE ANEXOS

	Páginas
Anexo 1. Promedio semanal del peso de huevo (g), altura de albúmina (mm) y unidades haugh (UH) por tratamiento.....	49
Anexo 2. Promedio semanal de grosor de cáscara (mm) y resistencia a la ruptura (kgf) por tratamiento .....	50
Anexo 3. Promedio semanal de la producción de huevos (%), huevos rotos (%) y huevos en suelo (%). ....	51
Anexo 4. Promedio de 10 semanas de experimentación por tratamiento por repeticiones sobre las variables de calidad de huevo.....	52
Anexo 5. Promedio de 10 semanas de experimentación por tratamiento por repeticiones sobre las variables de producción.....	53
Anexo 6. Ambiente experimental: jaulas modulares para gallina de postura.....	54
Anexo 7. Procedimiento de recolección y selección de muestras para su posterior análisis en el laboratorio.....	55
Anexo 8. Inspección de excretas y conteo de huevos en el suelo	55
Anexo 9. Determinación de las variables dependientes utilizando el equipo de medición digital de huevo DET 6000, laboratorio Montana S.A. Lima.....	56

## RESUMEN

El objetivo de ésta tesis fue evaluar el efecto de los microminerales orgánicos sobre la producción y calidad de huevo. Se utilizaron 250 gallinas ponedoras de la línea Hy-line Brown de 80 a 90 semanas de edad, las cuales fueron distribuidas a través de un diseño completamente al azar con dos tratamientos (dieta base - DB y dieta base más microminerales orgánicos - DBMO) y 25 repeticiones, la unidad experimental estuvo constituida por cinco gallinas ponedoras. Las dietas fueron formuladas para satisfacer los requerimientos nutricionales de gallinas ponedoras de la línea Hy-line Brown en producción fase dos, las dietas tuvieron el mismo aporte nutricional y energético. Los resultados fueron analizados y comparados con la prueba de t de student. Se tomaron como muestra 250 huevos por tratamiento durante un período de 10 semanas y se evaluó la calidad del huevo utilizando el medidor digital de huevo DET 6000; obteniendo valores promedio de 64.51 g de peso de huevo, 3.77 mm de altura de albúmina, 4.06 kgf de resistencia a la ruptura, 64.98 UH de unidades haugh, 0.40 mm de grosor de cáscara y 1.25% de huevos en suelo; estos resultados mostraron diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) a favor de la dieta que utilizó microminerales orgánicos.

El trabajo demostró que el uso de microminerales orgánicos mejora la calidad del huevo y disminuye el porcentaje de huevos en suelo en gallinas de postura comercial de 80 a 90 semana de edad.

## ABSTRACT

The objective of this thesis was to evaluate the effect of organic microminerals on egg production and quality. 250 laying hens of the Hy-line Brown line between 80 and 90 weeks of age were used, which were distributed through a completely randomized design with two treatments (base diet - DB and base diet plus organic microminerals - DBMO) and 25 repetitions, the experimental unit consisted of five laying hens. The diets were formulated to satisfy the nutritional requirements of laying hens of the Hy-line Brown line in phase two production, the diets had the same nutritional and energy intake. The results were analyzed and compared with the student's t test. 250 eggs were sampled per treatment over a period of 10 weeks and egg quality was evaluated using the DET 6000 digital egg meter; obtaining average values of 64.51 g of egg weight, 3.77 mm of albumin height, 4.06 kgf of resistance to rupture, 64.98 HU of haugh units, 0.40 mm of shell thickness and 1.25% of eggs in soil; These results showed a significant difference ( $P < 0.05$ ) in favor of the diet that used organic trace minerals.

The work showed that the use of organic trace minerals improves egg quality and reduces the percentage of eggs in the soil in commercial laying hens between 80 and 90 weeks of age.

## I. INTRODUCCIÓN

La producción de huevo y crianza de aves comerciales es una de las industrias con mayor crecimiento; sin embargo, ésta se ve influenciada por factores intrínsecos, como el biológico y factores extrínsecos como el clima, nutrición y manejo; Nilipour (2008) escribió que todos estos factores se deberían optimizar para alcanzar una producción exitosa. En nuestro país, MINAGRI (2019) reporta un aumento de producción anual de huevos del 8% en el año 2019 respecto al año 2018; y según MIDAGRI (2020) un 1.85% en el 2020 respecto al 2019; pero no sólo el crecimiento hace referencia a la producción sino paralelamente aumenta el consumo per cápita el cual, de acuerdo al último boletín de MIDAGRI (2020), se incrementó de 224 unidades en el año 2018 a 239 unidades para el año 2019, la misma que aumentó a 242 unidades para el 2020.

Fernández (2014) mencionó que las avícolas usan diferentes insumos pero la preocupación parte de la calidad de éstos en las dietas que se elaboran, porque la nutrición como factor es manejable pero es el que tiene mayor influencia sobre las aves ya que actúan directamente sobre los procesos fisiológicos, bioquímicos, desarrollo y producción de huevos (García y Ricardo, 2018), por otro lado, Huyghebaert (2006) mencionó que la edad del ave también es un factor importante, por que a mayor edad los requerimientos también incrementan ya que a medida que la edad avanza, los huevos incrementan en tamaño pero seguirá teniendo el mismo espesor, lo que conlleva a que tengamos huevos más débiles porque el cascarón será más delgado y ante esta situación se recurre al uso de microminerales.

Los microminerales por años estuvieron subvalorados, sin embargo, hoy se tiene en claro que participan en funciones tan importantes como los procesos bioquímicos naturales del organismo, así es como los microminerales son utilizados como suplementos y no solo son una opción para cubrir los requerimientos o deficiencias nutricionales sino también se usa con fines zootécnicos para asegurar la productividad (Fernández, 2014).

Este proyecto se basa en investigaciones como las de Manangi y otros (2012), quienes sustentan que al usar zinc, cobre, y manganeso quelados a la edad de 80 semanas, las aves muestran mayor resistencia a ruptura de tibia y mayor grosor de cáscara; asimismo Ramos (2005) utilizó los mismos microminerales pero en forma de complejo metal-aminoácido en aves de 65 a 84 semanas de edad obteniendo resultados significativos con respecto a la calidad de cáscara; sin embargo, en gallinas de 80 a 90 semanas de edad, no ha sido reportado.

El presente trabajo, busca evaluar el efecto de la utilización de microminerales orgánicos en dietas de gallinas de postura comercial de 80 a 90 semanas de edad sobre la calidad del huevo y su producción.

## **II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Fisiología de la puesta y aparato reproductor de la gallina**

Según García y Ricardo (2018), la reproducción de aves de manera general se caracteriza por la involución y atrofia del oviducto y ovario derecho por la falta del epitelio gonadal, y porque el oviducto izquierdo es mucho más prolongado, otra característica es que presenta un proceso reproductivo distinto al de los mamíferos por que presenta ovulación, ovoposición e incubación y no presenta fases foliculares o lúteales.

El ave posee como órganos primarios de reproducción al ovario y al oviducto; y como ya se había recalcado, el ave usa el ovario y oviducto izquierdo funcional llegando aproximadamente a las 16 semanas de vida con un órgano completamente desarrollado a nivel morfológico y funcional (Martín, 2015).

Soler y Bueso (2017) reportan que el huevo de gallina posee un período de conformación de aproximadamente 25 horas siguiendo un cronograma por las distintas fases y partes del oviducto del ave, en otra investigación Martín (2015) informa que el ovario izquierdo de una gallina se caracteriza por presentar más de 4000 óvulos de los cuales solo una pequeña porción irán a formar la yema, y también segmentiza al oviducto en las siguientes porciones:

#### **A. Infundíbulo**

Primer segmento del oviducto con aspecto similar a un embudo, al cual los folículos embrionarios ya desarrollados durante la fase de postura llegan a ser expulsado con un tamaño de 40 milímetros de diámetro y es

aquí donde el óvulo permanece durante 15 minutos aproximadamente (Casaubon y Huguenin, 2015).

### **B. Magnum**

Es la porción de mayor longitud y con grandes pliegues donde se inicia la formación de la clara o albumen según Martín (2015), es por esta razón que Casaubon y Huguenin (2015) redactan que el óvulo recorre el magnum por el período de tres horas aproximadamente para poder ser envuelto por la albúmina.

### **C. Isthmo**

Segmento pequeño donde se forma la membrana testácea interna (Martín, 2015); y según Casaubon y Huguenin (2015) es en esta parte donde también se forman a partir del polo obtuso, la cámara de aire. Soler y Bueso (2017) informan que en esta porción se realiza el plumping o la rehidratación de la clara y su contenido de agua logra duplicarse, sin embargo, la hidratación de la clara continuará hasta llegar al útero y de la misma forma también se añaden minerales como sodio ( $\text{Na}^+$ ) y fósforo (P).

### **D. Útero**

Según Soler y Bueso (2017) en el istmo se depositaban cristales de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) sobre las membranas testáceas para que en esta porción de oviducto logre mineralizarse la cáscara. Esta porción es también llamada glándula de la cáscara y es caracterizada por tener forma de bolsa con mayor grosor de musculatura y por que aquí se forma el agregado de calcio, dando oportunidad a la formación de la cáscara y la minerilización de la membrana testácea externa (Ramírez, 2015; Casaubon y Huguenin, 2015; y Martín, 2015).

## **E. Vagina**

Une al útero y a la cloaca, es una porción que forma parte de la unión útero vaginal el cuál su primera función es proteger y conservar espermatozoides (Ramírez, 2015 y Martín, 2015).

### **2.2. Huevo**

El huevo es un alimento altamente complejo, obtenido de un proceso natural y tiene un altísimo valor nutricional, por esta razón, más del 80% de huevos de gallinas se destina para el consumo humano (Huyghebaert, 2006), también es un alimento que posee la proteína animal más económica pero también posee las vitaminas liposolubles e hidrosolubles que el cuerpo necesita (Mojica y otros, 2018).

Según el boletín técnico de Hy-line international (2017) informa que un huevo ideal es aquel que tiene una estructura uniforme con una calidad que parte desde la presentación de la cáscara, limpia, con una textura suave y brillante, esto ocurre para la mayoría de países latinoamericanos en donde podemos decir que el color del cascarón deseado se trata de un color rosado o marrón uniforme. Además la preferencia del consumidor quienes como clientes miden la calidad de acuerdo a los defectos que observen en la cáscara como el no presentar grietas o deformaciones, sin embargo, existen ocasiones en el que las gallinas ponen huevos con grietas o agujeros, cuya anomalía según Martín (2015) se debe a la debilidad de la cáscara por el excesivo calor, déficit de calcio, edad del ave, o enfermedades. Es importante tener cuidado con la calidad interna del huevo, lo ideal debería ser que una albúmina sea clara, gelatinosa y libre de manchas de sangre o carne; y la yema deberá presentar un color amarillo uniforme casi naranja según Hy-line international (2017).



Fisiológicamente el huevo es el producto final de un proceso, el cual se inicia en la formación de folículos en el ovario izquierdo y luego pasan a formar las yemas; la ovulación se lleva a cabo en el infundíbulo, luego pasa al magnum donde se adhiere la albúmina a la cual ya se ha añadido fluidos y minerales; después pasa al istmo donde se forman las membranas testáceas y ya en la glándula tubular se vuelven a añadir minerales, para finalizar el proceso al llegar al útero se inicia la estructuración del cascarón del huevo y es aquí donde durante 15 horas el cuerpo transporta sus reservas aproximadas de 2.3 g. de calcio por huevo puesto (Huyghebaert, 2006).

### **A. Composición del huevo**

La composición del huevo varía según la edad del ave y el manejo que tienen. Las partes básicas de un huevo son la clara, la yema, y la cáscara (27% de yema, 61% de clara y 12% de cáscara). Los huevos de las aves están mayormente contenidos por agua, sin embargo, los sólidos que poseen son proteínas, lípidos y carbohidratos; con respecto a la cáscara, ésta contiene sales inorgánicas y poca agua, como el huevo de pollo el cual presenta un 1,6% de agua, un 3,3% de proteína y un 95,1% de lípidos como sustancias inorgánicas (Huyghebaert, 2006).

### **B. Calidad del huevo**

La calidad del huevo es primordial para que el consumidor; cuando hablamos de calidad del huevo se hace un énfasis sobre la cáscara ya que éste es uno de los factores más importantes dado al impacto económico que tiene sobre el precio en caso fallara su formación en la producción, sin embargo, la calidad puede variar por el sistema productivo al que las aves se encuentran sometidas (Jaramillo y otros, 2018).

Para determinar la calidad del ovoproducto según el consumidor tomaremos en cuenta su conformación tanto externa como interna:

#### **a. Calidad interna y aspecto nutricional**

Huyghebaert (2006) señala que un huevo de calidad interna óptima significa que el valor nutricional del huevo es alto, sus propiedades sensoriales y fisicoquímicas deberán estar relacionados con la salubridad, sin embargo, para un consumidor promedio depende mucho el aspecto interno y externo que pueda corroborar la frescura del producto como el color del huevo internamente y externamente; para lograr esto es necesario comprender como está compuesto el huevo y lo que necesita. Dentro de su composición cabe resaltar los minerales que más abundan en el huevo como el magnesio (0.9%) y fósforo (0.9%), otros cofactores que están ligados a la estructuración de la cáscara son el zinc y el manganeso (Huyghebaert, 2006) tal como se demuestra en un estudio hecho por Valle, J. (2013) quien reporta que al usar zinc en forma de quelato aumenta su biodisponibilidad en un promedio de 160% a 250% en comparación a un aditivo de fuente inorgánica, es por esta razón que en un segundo ensayo usando ponedoras y reproductoras redujeron en dieta los minerales inorgánicos como el zinc, cobre, o manganeso; para reemplazarlos por microminerales orgánicos, luego tomaron muestras de los huevos a las 42, 57 y 77 semanas y se determinó el contenido de microminerales en la yema demostrando que la inclusión del quelato de hidroxianálogo de metionina generó un aumento del 16 % de zinc.

#### **b. Calidad y aspecto externo**

Según el boletín técnico de Hy-line (2017) y Huyghebaert (2006) ambos destacan que para medir la calidad se debe tener en cuenta el peso del huevo, el color de la cáscara, forma, textura, limpieza de la

cáscara y la uniformidad del tamaño del huevo dentro del lote, sin embargo, un huevo con cascarones débiles, ásperos y deformes serán denominados de baja o mala calidad dado a que una estructura así no permite la correcta protección del huevo contra alguna bacteria .

Con respecto a una calidad externa cabe resaltar la función que cumple el cascarón del huevo, el cual presenta porciones orgánicas como la membrana de la cáscara que es una porción de un compuesto nitrogenado en forma de red, los centros mamilares que son los primeros en formarse durante el proceso de calcificación están conformados por grandes cantidades de proteínas, la matriz de la cáscara es una capa orgánica formada de proteína y mucopolisacárido ácido, y la cutícula que físicamente es la superficie externa del huevo, es cerosa formada por proteína, lípidos y polisacáridos para cumplir con su objetivo del no permitir la invasión microbiana ni la evaporación del agua (Salazar, 2008), otro autor como Huyghebaert (2006) nos dice que la cáscara está compuesta abundantemente por calcio (98,2%) y tiene un componente básico que es la keratina.

Por otro lado se sabe que a medida en que se incrementa la edad del ave, la calidad del huevo disminuye y con esto se puede observar variación en el color, en el peso y grosor del cascarón; es por esta razón que la guía de manejo Hy-line Brown (2017) nos muestra que el color de la cáscara es una característica que está estrechamente relacionada con las razas de las aves, sin embargo, también con la edad. Hy-Line Brown utiliza internamente un índice para el color de la cáscara. Además el peso del huevo es muy importante, sin embargo, la edad de las gallinas obliga a realizar una medición de peso del huevo en relación al contenido porcentual interno del huevo, es decir realizar la medición de cáscara, albúmina y yema, dado a que el grosor y peso de cáscaron son utilizados como referencia para tener en cuenta como y cuan resistente o uniforme está la integridad del cascarón en las aves de la misma edad.

### 2.3. Microminerales

Los minerales son denominadas sustancias inorgánicas presentes en el organismo categorizándolos en macrominerales y microminerales. Un micromineral abarca hasta 0.01% del peso vivo de los animales (Unger y Chiappe, 2008).

El uso de los microminerales se reportan en diferentes estudios desde la década del 50 cuando los piensos eran suplementados con cobre, hierro, magnesio, selenio y zinc; sin embargo, estos insumos provenían de fuentes inorgánicas, es así como en la década del 60 la producción tuvo mayor énfasis, la demanda de alimentos de origen animal cada vez era más grande y con esto las exigencias de los animales eran mayores por lo que se necesitaban insumos de mejor calidad, durante este tiempo también se vió que el uso constante de microminerales de fuentes inorgánicas conllevaban a probables intoxicaciones, sin embargo, existiría otro problema que en su momento no se notó y era el enorme impacto ambiental que se generó por la concentración de minerales no absorbidos en las excretas, tales son en el caso del cobre y zinc (Fernández, 2014), por tal motivo al iniciar la década del 70 se inicia también la fabricación de minerales orgánicos para consumo animal; estos resaltan en la industria por que accionan específicamente a nivel celular y tienen mayor biodisponibilidad y en comparación con los microminerales inorgánicos, la eliminación de estos es menor y el impacto generado sobre el medio ambiente es exiguo (Schmidt, 2016).

Según Fernández (2014), los microminerales de mayor uso son, Yodo (I), Hierro (Fe), Selenio (Se), Zinc (Zn), Cobre (Cu) y Manganeseo (Mn); estos también son llamados oligoelementos o minerales traza. Estos microminerales tienen como funciones fundamentales la síntesis de proteínas, cicatrización, formación de tejidos conectivos, queratinización e interviene en el sistema inmunológico según Santos (2018), los microminerales son denominados orgánicos dado a que en el interior de su

estructura se encuentran adheridos a una molécula orgánica cuya naturaleza según Walji (2003) pueden ser una proteína o un aminoácido.

Las formas en que se utilizaron comunmente los minerales inorgánicos en los piensos fueron en presentación de sulfatos, carbonatos y óxidos (Acedo y Gonzales, 1998), sin embargo Fernández (2014) reporta que los microminerales quelados como sustituto de microminerales de fuentes inorgánicas cada vez es de mayor uso en la actualidad dado a que tienen mayor disponibilidad que los sulfatos, carbonatos y oxidos; y según Walji (2003) en esta presentación puede ser absorbida hasta diez veces más que cualquier otra presentación de los minerales.

Los microminerales orgánicos han sido estudiados en las diferentes especies en producción, entre éstas tenemos al cerdo, donde en un estudio de tejidos de una muestra de cerdos destetados, el uso de microminerales ayudó a que los cerdos no desenvuelvan problemas cutáneos como paraqueratosis a diferencia de una dieta basal la cual no incluye microminerales como suplemento (Martin y otros, 2011). Unger y Chiappe (2008) también reportan que los problemas óseos se desencadenan por falta de los microminerales esenciales como el cobre, zinc y yodo, sin embargo, su suplementación en una dieta deberá ser equilibrada ya que su ausencia o exceso puede afectar los correctos niveles de calcio y fósforo.

Los microminerales se pueden encontrar de manera natural en las materias primas y se liberan durante la digestión por acción de enzimas y del ph y luego son transformados en cationes, sin embargo, en la industria los microminerales son considerados como aditivos, pero nunca se suplementan de forma individualizada sino se suelen mezclar entre sí y casi siempre se le adhiere vitaminas e incluso otros insumos, estos serían los conocidos correctores vitamínico-minerales (Acedo y Gonzales, 1998). Dentro de la presentación de microminerales orgánicos también tienen sus compuestos como:

### **A. Complejo metal aminoácido específico**

Según Acedo y Gonzales (1998), un metal aminoácido es la reacción que se genera entre dos moles, uno de metal y otro de un aminoácido específico; éstos también pueden ser llamados complejos, por tal motivo tienen una proporción de 1:1 en peso y tienen dos características primordiales como su alta capacidad de solubilidad y su sencilla estructura que permite una absorción más directa. Según Pessôa y otros (2012), ésta categoría es más consistente que las demás categorías. Ejemplo de esta categoría que resalta en la producción animal, son los complejos de Zinc-Metionina ó Cobre-Lisina (Pessôa y otros, 2012).

### **B. Complejo metal – aminoácido**

Según Pessôa y otros (2012) redactan que este complejo se basa en la complejidad de un ion metálico ligado a aminoácidos libres, sin embargo, la diferencia entre el complejo anterior y este, es que en este complejo no se especifica el aminoácido.

### **C. Quelatos**

Acedo y Gonzales (1998) informan que un quelato se basa en una reacción generada entre una sal soluble de metal ligada a una sal soluble con aminoácidos en una proporción de 1:2 ó de 1:3. Otra diferencia es que los quelatos deben de tener un peso molecular de 800 daltons aproximadamente (Pessôa y otros, 2012). Los aminoácidos son los agentes quelantes mayormente usados por su mayor capacidad de absorción y transporte en el intestino, específicamente en la porción del yeyuno de donde luego pasa directamente al plasma sanguíneo, a diferencia de los no quelatos o inorgánicos, por que estos se disocian por el cambio de pH estómecal (Santos y otros, 2018).

#### **D. Proteinatos**

Es la reacción producida entre una sal soluble de metal y una proteína hidrolizada (Acedo y Gonzales, 1998; Santos 2018). El producto final de este contiene solamente aminoácidos, dipéptidos, tripeptidos o cualquier otro que sea derivado de una proteína (Santos, 2018). Según Colombatto (2007), un ejemplo de éstos es el uso de proteinatos de cobre en rumiantes para mejorar su absorción en presencia de agentes antagonistas.

#### **E. Polisacáridos**

Acedo y Gonzales (1998) y Santos (2018) indican que esta reacción se genera gracias a la mezcla de una sal soluble con una solución de polisacáridos.

### **2.4. Microminerales orgánicos y el impacto generado en las principales especies de producción en el país**

Los microminerales tanto orgánicos como inorgánicos han sido estudiados en las diversas especies animales de producción para poder observar sus pros y sus contras, dentro de los que cabe hacer hincapié los problemas óseos o problemas en el sistema inmunitario desarrollados a partir del déficit de los principales microminerales como lo es el caso del cobre, zinc y yodo, sin embargo, su uso debería ser equilibrado ya que su déficit o el incremento de algunos microminerales podrían hacer que se vieran afectados los correctos niveles de calcio y fósforo (Unger y Chiappe, 2008).

## **2.5. Consecuencias que abarca el incremento y déficit de microminerales**

Los microminerales traen consecuencias cuando no se utiliza con propiedad y no se controla el exceso ni los límites mínimos que un animal puede tolerar.

### **A. Cobre (Cu)**

El cobre es uno de los microminerales fundamentales en la vida del animal, es parte de diversas enzimas; esta es la razón por la cual García y otros (2007) informa que la hipocuprosis es la segunda carencia mineral más recurrente en animales que viven en un sistema al pastoreo.

Su deficiencia genera alopecia, carencia pigmentaria, trastornos en la síntesis de hemoglobina provocando anemia, lesiones del sistema nervioso como la dificultad de la locomoción sobre el tren posterior conocida como "ataxia enzootica" en Australia, o "renguera" en el Perú y cambios en el osteosistema, haciendo frecuente fracturas de huesos y malformaciones óseas (Toral, 2011).

### **B. Zinc (Zn)**

El Zinc no se deposita en algún órgano en específico pero los huesos y músculo tienen gran cantidad de este mineral según Rosa y otros (2008).

### **C. Hierro (Fe)**

El Hierro es el elemento más abundante en la naturaleza, según Ribas (2000) y según Martín (2016) el hierro es el elemento de mayor abundancia en nuestros organismos dado a que el 60% está formando parte de la hemoglobina y mioglobina. Este elemento traza se presentan



como óxido de hierro, sulfato o carbonato ferroso y una deficiencia de este produce anemias, inapetencia y tendremos animales letárgicos, sin embargo, también actúan sobre la absorción de proteínas, es decir la asimilación de las proteínas se reduciría en el cuerpo y en especial las proteínas de origen vegetal (Mateos y otros, 2004) siempre y cuando los elementos que usualmente se ahieran a las dietas de manera excesiva sean los causantes de que se inhiba su absorción y función, como lo son los fitatos, el cobalto, el manganeso y el zinc (Martín, 2016).

La biodisponibilidad del hierro es decadente cuando la ingesta de fosfato, calcio, cobre y zinc son elevadas en la dieta, sin embargo, se optimiza cuando se adhiere vitamina C a la dieta. La deficiencia de este mineral desencadena anemias, la fatiga, declive del crecimiento y baja inmunidad a enfermedades (Toral, 2011).

#### **D. Manganeso (Mn)**

Mufarregue (2003) reporta que el manganeso interviene directamente en la formación del tejido óseo y en el óptimo funcionamiento del sistema nervioso central, su deficiencia podría desencadenar perosi en el caso de las aves quienes demuestran que al suplementar con manganeso mejoran sus parámetros productivos como la conversión alimenticia y se reduce la mortalidad porque disminuye el caso de número de aves que podría sufrir de perosi o síndrome de ascitis.

#### **E. Yodo (I)**

Es un micromineral fundamental ya que participa de la síntesis de hormonas tiroideas, por consiguiente, un déficit o exceso puede desencadenar problemas de hipertiroidismo o hipotiroidismo como la posibilidad de presentar bocio por la hipertrofia de las glándulas tiroides (Jiménez y otros, 2016) como en el caso de rumiantes, en quienes una deficiencia de yodo podría provocar inapetencia, retenciones de placenta,

baja fertilidad, abortos y muerte de fetos, mientras que en toros lo primero que se ve afectado es la calidad de semen y reducción del libido.

## **2.6. Impacto de los microminerales orgánicos sobre los parámetros de producción de aves**

Diversas investigaciones en aves de producción han permitido observar como el uso de microminerales le dan un plus a la avicultura fundamentalmente pero también a los subproductos como al huevo y la carne, tal es el caso redactado por Lim y otros (2006) quienes demuestran mediante tratamientos su experimento con pollos de engorde Ross, quienes usaron quelato de cobre aumentaron el peso y la conversión alimenticia fue más baja para las fuentes orgánicas, sin embargo, también analizaron hígados y excretas donde hallaron grandes residuos de quelatos de cobre, corroborando así el estudio de Aksu y otros (2010) quienes demuestran que el uso de microminerales orgánicos en pollos en las mismas dosis que se administra un mineral inorgánico termina siendo menos tóxico para los animales ya que luego de la biopsia de hígados estuvieron menos intoxicados, sin embargo, esto no significa que el uso de microminerales orgánicos no debe ser usado en proporción menor a la cantidad que fue utilizada una fuente inorgánica, ya que por ser orgánico puede tener una biodisponibilidad mayor, esto no asegura que el cobre se absorba al 100% ni que ayudará al ave o se ahorraran costos, sino por el contrario se podría generar la deficiencia en tejidos haciendo que sean más propensos a una oxidación.

Mateos y otros (2004) reportan que otros efectos de los microminerales orgánicos es la mejora de sus parámetros de producción con la adición de zinc y selenio, quienes también beneficiaron al sistema inmune, y como consecuencia, una mejor resistencia a enfermedades;

también se observó un cambio ante el uso de cromo y manganeso quienes mejoraron en pollos de engorde la calidad de la canal, y es importante hacer hincapié en esta variable por que la mejora de la resistencia de huesos significa que se tendrá patas más resistentes, dato importante para una efectiva productividad, también es necesario resaltar que el uso de cobre y zinc son necesarios para disminuir problemas entéricos cuando son administrados en piensos en dosis farmacológicas como aditivos.

Zea (2011) demostró que la suplementación con diversas fuentes de cobre a nivel intestinal y hepático en pollos no tuvo gran influencia sobre la ganancia de peso, pero sí se vió el efecto con la suplementación en forma de sulfato para mejorar la conversión alimenticia; los resultados se plantearon dentro del cuadro 1, en donde se demuestra que el tratamiento suplementado con sulfato de cobre fue el que mejoró la conversión alimenticia, y al igual que el tratamiento suplementado con cloruro de cobre tribásico se observó menos mortalidad que el resto, sin embargo, el tratamiento suplementado con oxiclорuro de cobre fue el que tuvo mayor peso al final de la crianza; luego se realizó una biopsia de hígado en el que se verificó que el cobre clorado tribásico se almacena mejor en el hígado que otras fuentes, demostrando que es correcto el estudio de Aksu y otros (2010), sin embargo, la mejor ventaja que se obtuvo gracias a estos tratamientos fue la morfometría intestinal, es decir las vellosidades intestinales tuvieron un buen desarrollo y esta variable tendría una gran influencia sobre los parámetros como la conversión alimenticia.

En otra investigación, Yan y Waldroup (2006) reportan que el uso de microminerales orgánicos en su proyecto consistió en suplementar los tratamientos con manganeso orgánico, concluyendo que el manganeso orgánico si tuvo un efecto directo con respecto al nivel de concentración en la tibia de pollos de 20 días de edad en comparación con los pollos que fueron suplementados con minerales inorgánicos. La presentación del

manganeso según el cuadro 2, fue en forma de óxido y en forma de sulfato para comparar el manganeso orgánico y su efecto en el área de la tibia, los datos obtenidos tuvieron gran diferenciación, la fuente de manganeso orgánico tuvo mayores niveles de manganeso en tibia con un 15.81% más que la forma de sulfato y un 53.89% más que la forma de óxido (Yan y Waldroup, 2006).

Cuadro 1. Efecto de las dietas base con cobre sobre los parámetros productivos de pollos de engorde al finalizar su campaña de 40 días

Variables analizadas	Dieta base				
	Con antibiótico		Sin antibiótico		
	DBCA <sup>1</sup>	DBSA <sup>2</sup>	250 ppm		
			sulfato de cobre	oxicloruro de cobre	cloruro de cobre tribásico
Peso final (kg)	2783	2770	2790	2887	2799
Consumo de alimento (g/día)	116.2	113.4	103.9	112.7	110.8
Conversión alimenticia	1.70	1.67	1.52	1.57	1.62
Rendimiento de carcasa (%)	72.4	72.6	74.9	73.7	72.3
Mortalidad (%)	20	12.5	5.0	17.5	5.0

Fuente: Adaptado de Zea (2011).

<sup>1</sup>DBCA: Dieta base con antibiótico. <sup>2</sup>DBSA: Dieta base sin antibiótico.

Cuadro 2. Porcentaje de acumulación y biodisponibilidad de fuentes de manganeso en tibia.

Fuente	Manganeso orgánico (%)	Manganeso inorgánico (%)	
		Óxido	Sulfato
Oxido	153.89	-	123.87
Sulfato	115.81	75.26	-
Manganeso orgánico	-	64.98	86.34

Fuente: Adaptado de Yan y Waldroup (2006).

Además se registran datos del desarrollo de microminerales orgánicos en gallinas de postura como los reportes hechos por Oruna y Noemi (2015) quienes demuestran como los microminerales orgánicos e inorgánicos influyen sobre el porcentaje de postura y porcentaje de huevos rotos. Según el cuadro 3, basado en los datos recolectados por Oruna y Noemi (2015) se demuestra los porcentajes de postura del tratamiento suplementado con 250 g/t de mineral orgánico tiene mejores resultados que el tratamiento suplementado con 460 g/t de mineral inorgánico y el tratamiento suplementado con 500 g/t de mineral orgánico, pudiendo deducir así que la administración de mayor cantidad de microminerales orgánicos no significa que sea mejor sino por el contrario su sobredosis puede que la producción sea menos eficiente; también se corroboró que el tratamiento reduzca significativamente el porcentaje de huevos rotos durante la campaña siendo este resultado algo que diferencia la calidad del huevo.

Otro estudio realizado por Manangi y otros (2012) reporta que utilizaron 216 aves de postura quienes fueron alimentadas con zinc, cobre, y manganeso quelatados y fueron llevadas hasta las 80 semanas de edad, siendo alimentadas desde la semana 24 con la dieta suplementada con quelatos y otra dieta con microminerales inorgánicos en forma de sulfatos;

midieron el grosor del cascarón del huevo, la resistencia de este a rupturas y la resistencia a ruptura de tibia, también se midió los anticuerpos contra SRBCs (glóbulos rojos de oveja) para corroborar el beneficio sobre el sistema inmunológico; al concluir tal estudio se verificó que hay un aumento numérico significativo del grosor del cascarón, sin embargo, durante el estudio recién a partir de la semana 74 es que se empieza a observar las mejoras en cascarón según los milímetros medidos superando a los microminerales inorgánicos, y a consecuencia de ese aumento de milímetros de grosor en cascarón se observó una mejora sobre la resistencia a ruptura de cáscara marcada a partir de la semana 56 a la 80; también el incremento de minerales en el organismo ayudó a que hubiera un aumento de resistencia a ruptura de tibias en el animal y con respecto a su inmunidad, las aves que fueron alimentadas con microminerales orgánicos tuvieron un aumento de títulos a comparación de los microminerales inorgánicos.

Cuadro 3. Porcentaje de postura en gallinas ponedoras Hy-line Brown, desde la semana 35 hasta la 42.

Edad (semanas)	Tipos de minerales (g/t)		
	Minerales inorgánicos	Minerales orgánicos	
	460	250	500
	%	%	%
35	84.13	85.43	85.07
36	93.11	97.96	87.24
37	97.15	97.19	92.60
38	95.24	97.96	90.56
39	94.26	96.68	89.54
40	93.92	97.70	92.09
41	93.41	96.94	89.80
42	92.52	98.88	89.89
Promedio	94.22	96.84	89.35

Fuente: Oruna, y Noemi (2015).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Lugar de investigación**

La fase experimental del presente trabajo se realizó en Agropecuaria Santo Domingo S.A.C., localizado en el distrito de Laredo, perteneciente a la provincia de Trujillo, Departamento La Libertad, Perú (8°06'58.9"S 78°55'27.8"W). El clima es semi cálido con temperaturas que oscilan hasta los 11° C en invierno y 30° C durante los meses de verano.

#### **3.2. Animales experimentales e instalaciones**

Se utilizaron 250 aves de 80 semanas de edad, de la línea Hy-line Brown y recibieron el mismo manejo durante el experimento.

Las aves fueron alojadas en un galpón experimental implementado con: veredas de cemento; los techos de manta negra cubiertos con pintura teflex impermeabilizante; las columnas fueron de madera y cemento; jaulas piramidales de dos pisos, con instalaciones de niples para la administración de agua.

Las aves fueron distribuidas en módulos, cuyas jaulas albergaron a 5 aves y cada grupo de repetición destinado para evaluación constó de 25 cuadros. Los módulos tenían una altura de 60 cm y para la recepción de excretas se dejó una pequeña zanja de 5 cm de profundidad debajo de los módulos, en el cual durante el proceso se colocó una manta de plástico para la recepción diaria de las heces y los posibles huevos débiles que se quiebran durante la puesta y no llegan a la canastilla para su recolección. Y para la separación de repeticiones se utilizó divisiones de espacio entre heces, huevos y alimento.

### **3.3. Sanidad y manejo**

La fase experimental del trabajo tuvo una duración de 10 semanas, durante este tiempo se llevó el registro de producción y se tomó en cuenta los parámetros de producción para la evaluación, las aves fueron pesadas individualmente al iniciar el proyecto para cuidar la uniformidad del lote. Se cumplió el calendario de vacunación de la empresa según la etapa de levante y manejo hasta las 80 semanas de edad de acuerdo a los protocolos seguidos de la avícola.

Dentro del galpón: las jaulas, tuberías y demás instalaciones, fueron desinfectadas para evitar algún proceso infeccioso que pueda ser motivo de variación en el experimento.

### **3.4. Alimentación**

La dieta que se utilizó para el presente trabajo se muestra detallada en el cuadro 4, donde se observa que fue formulada para atender a las distintas necesidades nutricionales de las aves, según la guía de manejo de la stirpe Hy-line Brown en la edad respectiva de producción y también siguiendo las recomendaciones de Rostagno (2011).

Las aves fueron alimentadas dos veces al día, y para nuestra dieta experimental se utilizó microminerales orgánicos como aditivos y estuvieron compuestos por zinc, cobre y manganeso; cuya dosis recomendada era 500 g/tm para todas las fases de producción y como aminoácido unido a estos microminerales estuvo presente la metionina.

### **3.5. Variable Independiente**

Uso de microminerales orgánicos en dieta formulada para gallinas de postura comercial usada en aves de 80-90 semanas de edad. Premezcla mineral elaborada a partir de zinc (200 g), cobre (54 g) y manganeso (246 g); su composición esta basada en g/dosis.



Cuadro 4. Composición porcentual y nutricional de la DB y DBMO, para gallinas de postura de la línea Hy-line Brown de 80-90 semanas de edad.

Ingredientes (%) <sup>1</sup>	Tratamientos (%) <sup>3</sup>	
	DB	DBMO
Maíz grano, 8%	58.01	58.02
Torta de soya, 45%	18.59	18.61
Soya integral	3.00	3.00
Polvillo de arroz	8.00	7.92
Carbonato de calcio	10.00	10.00
Fosfato dicálcico (phosbic)	1.20	1.20
Secuestrante de micotoxinas (klinofeed)	0.25	0.25
Bicarbonato de sodio	0.30	0.30
Sal común	0.20	0.20
Fitasa (quantum blue)	0.01	0.01
Pre-mezcla (rovimix)	0.10	0.10
Biocolina	0.02	0.02
Metionina	0.18	0.18
Lysina	0.10	0.10
Treonina	0.04	0.04
Microminerales orgánicos (MintrexP)	0.00	0.05
Valor nutricional <sup>2</sup>		
Proteína, %	16	16
Energía metabolizable (kcal/kg)	2790.00	2790.00
Calcio, %	4.22	4.22
Fósforo disponible, %	0.37	0.37
Lisina total, %	0.87	0.87
Metionina + cistina, %	0.70	0.70
Metionina total, %	0.43	0.43
Treonina total, %	0.65	0.65
Triptófano, %	0.19	0.19
Ac. Linoleico, %	1.69	1.69

<sup>1</sup>Composición de ingredientes según Rostagno (2011).

<sup>2</sup>Requerimientos nutricionales tomados de Hy-line (2016).

<sup>3</sup>DB: dieta base sin microminerales , DBMO: dieta base con microminerales orgánicos (500 mg/t).

### 3.6. Tratamientos

DB: Dieta base sin microminerales orgánicos

DBMO: Dieta base con microminerales orgánicos (200 g. de Zn,  
54 g. de Cu y 246 g. de Mn)

### 3.7. Variable Dependiente

#### Producción

- Producción de huevos, %
- Huevos rotos, %
- Huevos en suelo, %

#### Calidad de huevo:

- Grosor de cáscara, mm
- Peso de huevo, g
- Altura de albúmina, mm
- Unidades haugh, UH
- Resistencia a la ruptura, kgf

### 3.8. Procedimientos para evaluar

Para medir los parámetros en granja se registraron diariamente los siguientes datos: la cantidad de huevos sanos que se recolectó en caseta; la cantidad de huevos rotos ; la cantidad de huevos caídos en suelo, para lo cual se tuvo que recolectar heces diariamente y dentro de ellas se inspeccionó y contabilizó el número de huevos que se encontraban en las heces sobre la manta de plástico. Luego de la contabilización y su respectivo registro diario, se procedió a realizar la limpieza de las mantas para la nueva recolección del día posterior. Al finalizar el llenado de nuestro registro diario, procedimos a la selección al azar de huevos para su evaluación de la calidad del huevo en el laboratorio.

➤ **Producción de huevos (%)**

Se midió partiendo del día uno de la semana 80 hasta el primer día de la semana 90, se realizó el conteo por jaula y se utilizó la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Número de huevos producidos}}{\text{Número de gallinas por tratamiento}} \times 100$$

➤ **Porcentaje de huevos rotos (%)**

Se realizó el conteo de la cantidad de huevos rotos desde el primer día de producción de la semana 80 hasta el primer día de la semana 90 y se utilizó la siguiente fórmula para el cálculo porcentual:

$$\frac{\text{Número de huevos rotos}}{\text{Número de gallinas por tratamiento}} \times 100$$

➤ **Porcentaje de huevos en suelo (%)**

Se realizó el conteo de huevos rotos caídos al suelo según el sistema de crianza de esta avícola, donde todo se maneja en jaulas y un huevo caído hace referencia a aquel fue puesto por el ave y su fragilidad produjo que cayera al suelo a través del piso de las jaulas y fuera recepcionado en la manta de plástico puesta en el suelo colocada para su recepción desde el primer día de producción de la semana 80, hasta el primer día de la semana 90 y se utilizó la siguiente fórmula para el cálculo porcentual:

$$\frac{\text{Número de huevos rotos caídos al suelo}}{\text{Número de gallinas por tratamiento}} \times 100$$

La calidad de huevo fue evaluada en el laboratorio de la empresa Montana S.A., empleando el equipo de medición digital de huevos DET 6000, con este equipo se realizó los siguientes análisis:

- Peso de huevo (g): Se colocó cada huevo en la balanza del equipo DET 6000, registrándose los datos de cada tratamiento semanalmente.
- Resistencia a la ruptura (kgf): Se colocó cada huevo individualmente, en forma horizontal en un accesorio del equipo DET 6000 el cual ejerce una fuerza de presión en la parte de los polos opuestos del huevo logrando el punto de resistencia a la ruptura el cual es registrado automáticamente.
- Altura de albúmina (mm): Se colocó cada huevo en el plato del equipo DET 6000 y mediante el uso de rayos infrarrojo se estimó la altura.
- Unidades Haugh (UH): Se colocó cada huevo en el plato y mediante de un fotómetro a base de rayos infrarrojo perteneciente al equipo DET 6000, relaciona la altura de albúmina y el peso del huevo determinando automáticamente el cálculo de las unidades haugh mediante una ecuación logarítmica.
- Grosor de cáscara (mm): Se utilizó un micrómetro del equipo DET 6000 para medir el grosor de la cáscara para lo cual se obtuvo una parte de la cáscara de aproximadamente  $1 \text{ mm}^2$  de la parte ecuatorial del huevo retirándose la parte interna para la toma de la medida, cuyos datos son registrados automáticamente.

Todos los registros se realizan de forma automática por cada tratamiento y el equipo imprime la base individual por huevo de cada variable evaluada.

### 3.9. Análisis estadístico

Los animales estuvieron distribuidos a través de un diseño completamente al azar durante la etapa de producción con una edad de 80 a 90 semanas, con dos tratamientos y 25 repeticiones. Cada unidad experimental estuvo representada por 5 aves, distribuidos al azar.

Modelo Aditivo Lineal para el Diseño completamente al Azar:

$$y_i = u + t_i + e_i$$

Donde:

$y_i$  = Observación de la variable.

$u$  = corresponde al promedio de la población.

$t_i$  = mide el efecto del nivel de microminerales orgánicos en la dieta.

$e_i$  = mide el efecto aleatorio del error.

Los datos de las variables evaluadas fueron analizadas y los promedios comparados a través de la prueba de t de student.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Producción de huevo

En el cuadro 5, se muestra una diferencia significativa favorable en el porcentaje de huevos en suelo y huevos rotos cuando se usó la dieta con adición de microminerales orgánicos ( $p < 0.05$ ). Así mismo, vemos un ligero incremento en la producción de huevos; sin embargo, este incremento no es significativo ( $p > 0.05$ ).

Cuadro 5. Efecto de la adición de microminerales orgánicos en la producción de huevos (%), huevos rotos (%) y huevos en suelo (%), de gallinas Hy-line Brown de 80 a 90 semanas de edad.

Variables	Tratamientos <sup>1</sup>		p-valor
	DB	DBMO	
Producción de huevos (%)	71.79 <sup>a</sup>	73.95 <sup>a</sup>	0.2187
Huevos rotos (%) <sup>2</sup>	4.22 <sup>a</sup>	3.56 <sup>b</sup>	<0.0063
Huevos en suelo (%) <sup>3</sup>	1.84 <sup>a</sup>	1.25 <sup>b</sup>	<0.0001

Para cada variable, promedios seguidos de letras diferentes en la fila, difieren entre sí por la prueba de t student ( $P < 0.05$ ).

<sup>1</sup>DB: Dieta base sin microminerales orgánicos, DBMO: Dieta base con microminerales orgánicos (500 mg/t).

<sup>2</sup>Huevos rotos: considera los huevos que llegan a la canastilla pero rotos.

<sup>3</sup>Huevos en suelo: considera a los huevos rotos presentes en el suelo.

En la figura 1 muestra la producción de huevos (%), durante las 10 semanas de experimentación, donde se observa un mayor porcentaje de producción de huevos a favor del tratamiento en el que se usó microminerales orgánicos (DBMO).

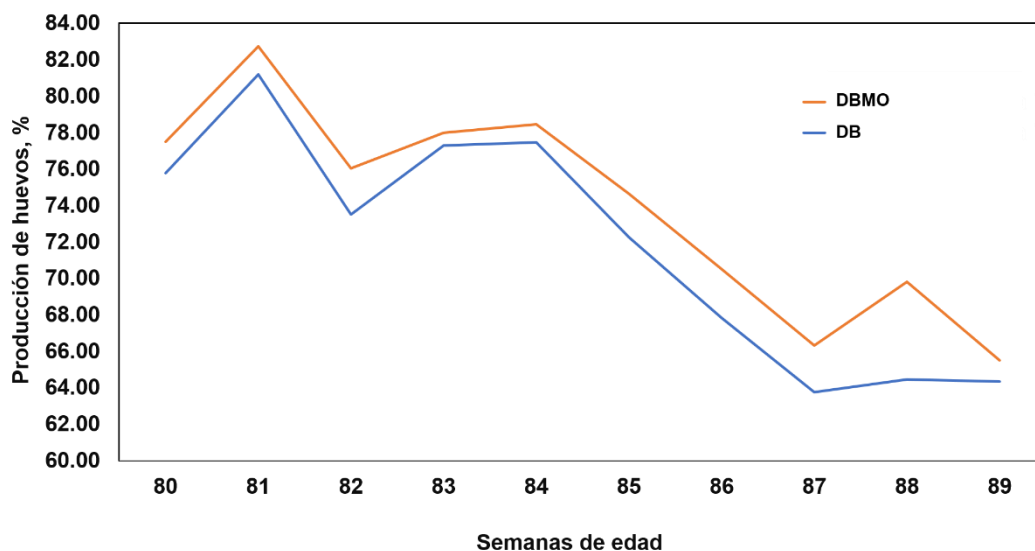


Figura 1. Comportamiento del porcentaje de producción de huevos en función de las dietas DBMO y DB, durante el periodo de 10 semanas.

Según la figura 2 se muestra el porcentaje de huevos rotos durante las 10 semanas de experimentación donde se observa mejores resultados porcentuales a favor del tratamiento en el que se usó microminerales orgánicos (DBMO).

En la figura 3 se muestra el porcentaje de huevos en suelo durante las 10 semanas de experimentación donde se observa que en promedio el tratamiento en el que se usó microminerales orgánicos (DBMO) tiene menor % de huevos en el suelo.

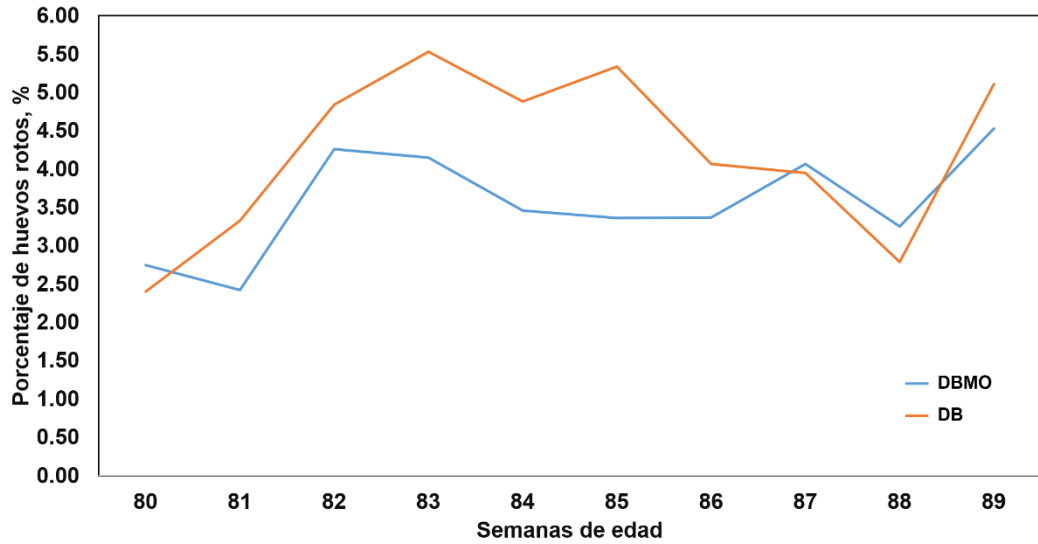


Figura 2. Comportamiento del porcentaje de huevos rotos en función de las dietas DBMO y DB, durante el periodo de 10 semanas.

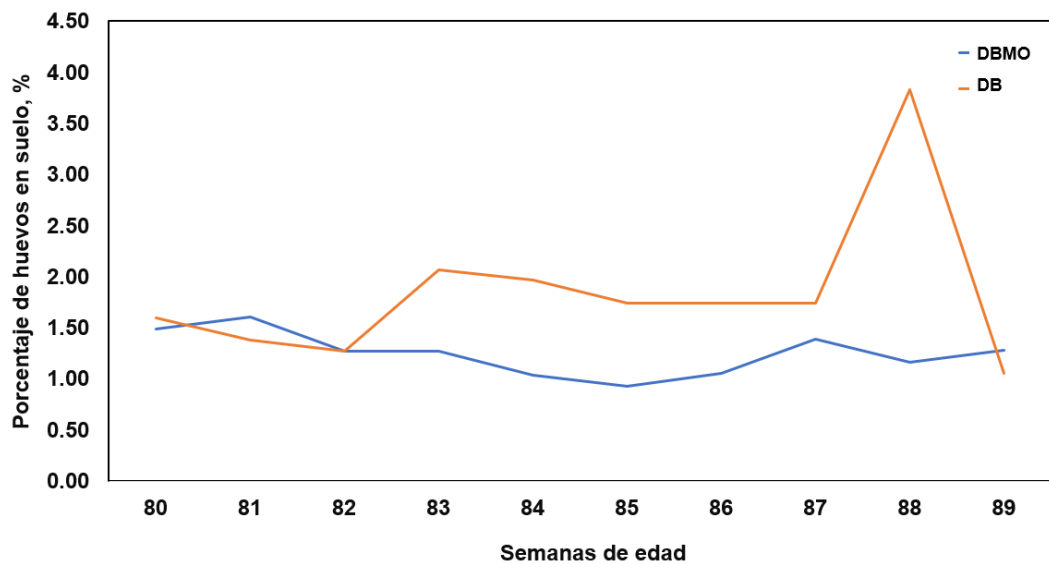


Figura 3. Comportamiento del porcentaje de huevos en suelo en función de las dietas DBMO y DB, durante el periodo de 10 semanas.



## 4.2. Calidad de huevo

En el cuadro 6, se muestra la diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) en el peso de huevo (g), altura de albúmina (mm), unidades haugh (UH), resistencia a la ruptura (kgf) y grosor de cáscara (mm) en las dietas con adición de microminerales orgánicos (DBMO).

Cuadro 6. Efecto de la adición de microminerales orgánicos sobre la calidad del huevo de gallinas Hy-line Brown de 80 a 90 semanas de edad.

Variables	Tratamientos <sup>1</sup>		p-valor <sup>2</sup>
	DB	DBMO	
Peso de huevo (g)	62.72 <sup>b</sup>	64.51 <sup>a</sup>	<0.0001
Altura de albumina (mm)	3.24 <sup>b</sup>	3.77 <sup>a</sup>	<0.0001
Resistencia a la ruptura (kgf)	3.29 <sup>b</sup>	4.06 <sup>a</sup>	<0.0001
Unidades Haugh (UH)	60.40 <sup>b</sup>	64.98 <sup>a</sup>	<0.0001
Grosor de Cáscara (mm)	0.29 <sup>b</sup>	0.40 <sup>a</sup>	<0.0001

Para cada variable, promedios seguidos de letras diferentes en la fila, difieren entre sí por la prueba de t student ( $P < 0.05$ ).

<sup>1</sup>DB: Dieta base sin microminerales orgánicos, DBMO: Dieta base con microminerales orgánicos (500 mg/t).

<sup>2</sup>Asociación entre los grupos que están presentes cuando  $p < 0.05$ .

En la figura 4, 5 y 6 tenemos a los promedios semanales de: altura de albúmina (mm); peso de huevo (g); unidades haugh (UH), las cuales están relacionadas a la calidad interna del huevo, durante las 10 semanas de experimentación. Y en los cuales observamos que a medida de que va avanzando las semanas de edad de las gallinas se obtiene mejores resultados a favor del tratamiento en el que se usó microminerales orgánicos en la dieta (DBMO).

Así mismo, tenemos en las figuras 7 y 8 : los promedios de grosor de cáscara (mm) y resistencia a la ruptura (kgf), las cuales están relacionadas a la calidad externa del huevo, durante las 10 semanas de experimentación. En los cuales, también se observa como a medida de que va avanzando las semanas de edad de las gallinas se obtiene mejores resultados a favor del tratamiento con microminerales orgánicos en la dieta (DBMO).

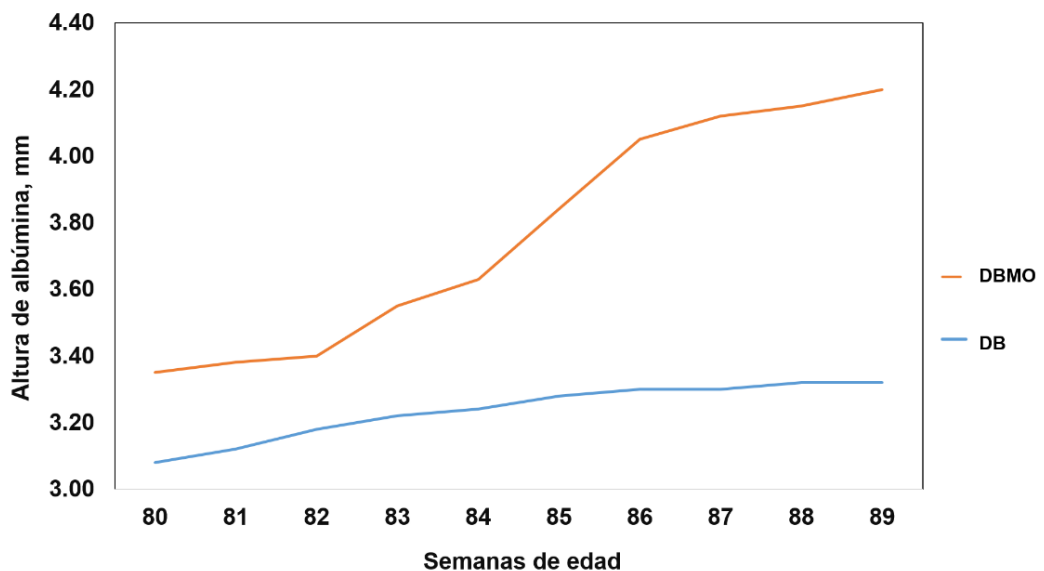


Figura 4. Altura de albúmina (mm), en función del desempeño de las dietas DBMO y DB, durante el periodo de 10 semanas.

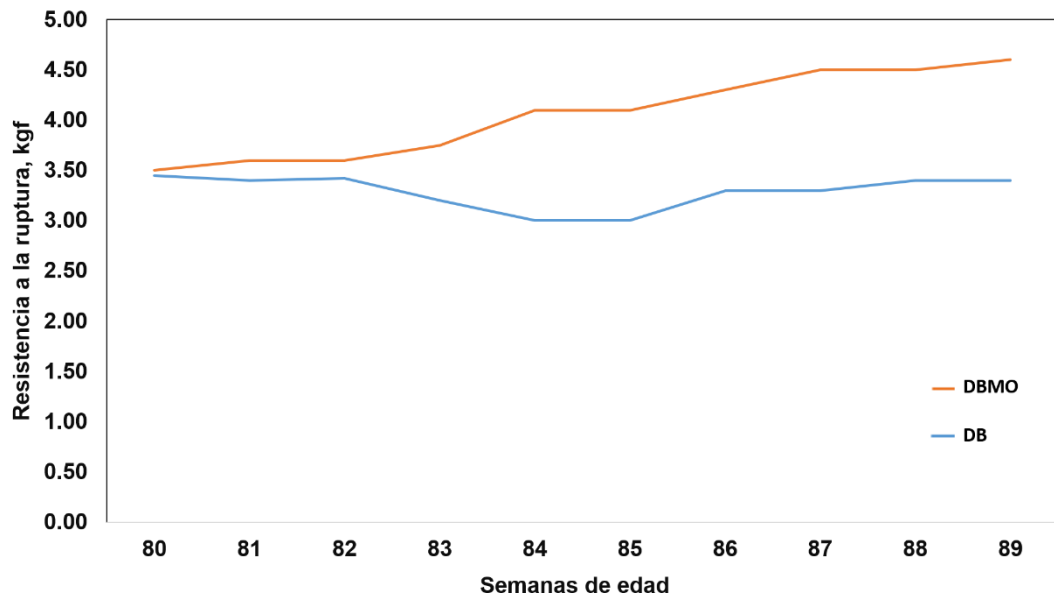


Figura 5. Resistencia a la ruptura (kgf), en función del desempeño de las dietas DBMO y DB, durante el periodo de 10 semanas.

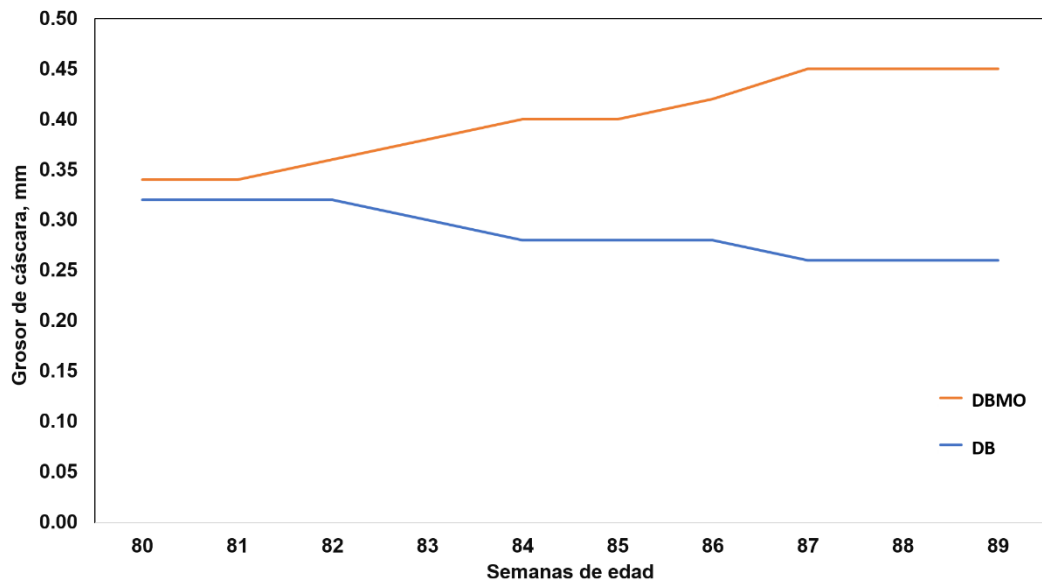


Figura 6. Grosor de cáscara (mm), en función del desempeño de las dietas DBMO y DB, durante el periodo de 10 semanas.

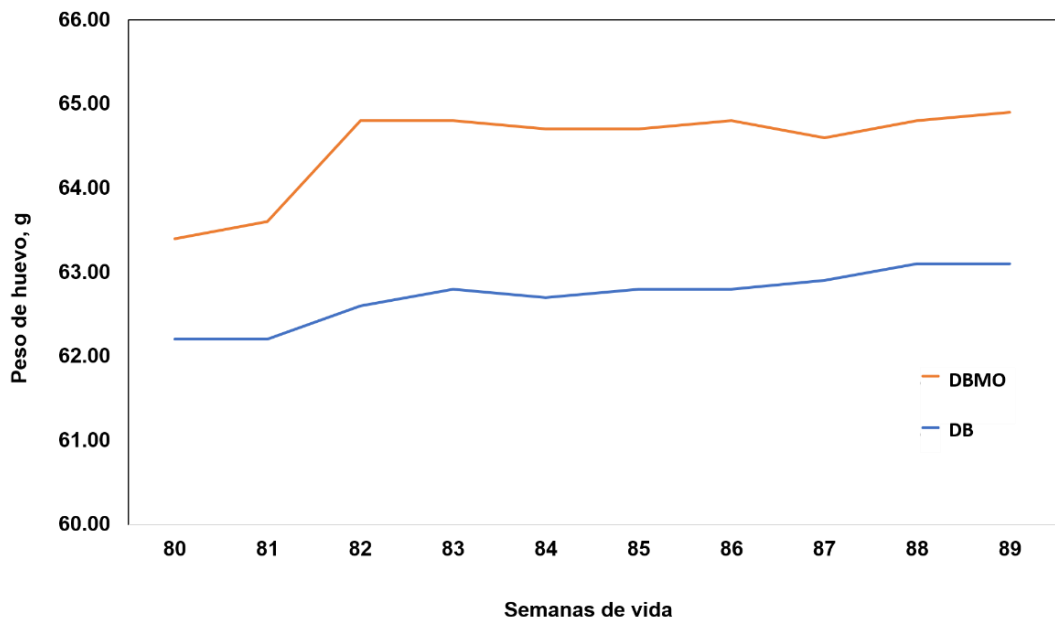


Figura 7. Peso promedio del huevo (g) en función al desempeño de las dietas DBMO y DB, durante el periodo de 10 semanas.

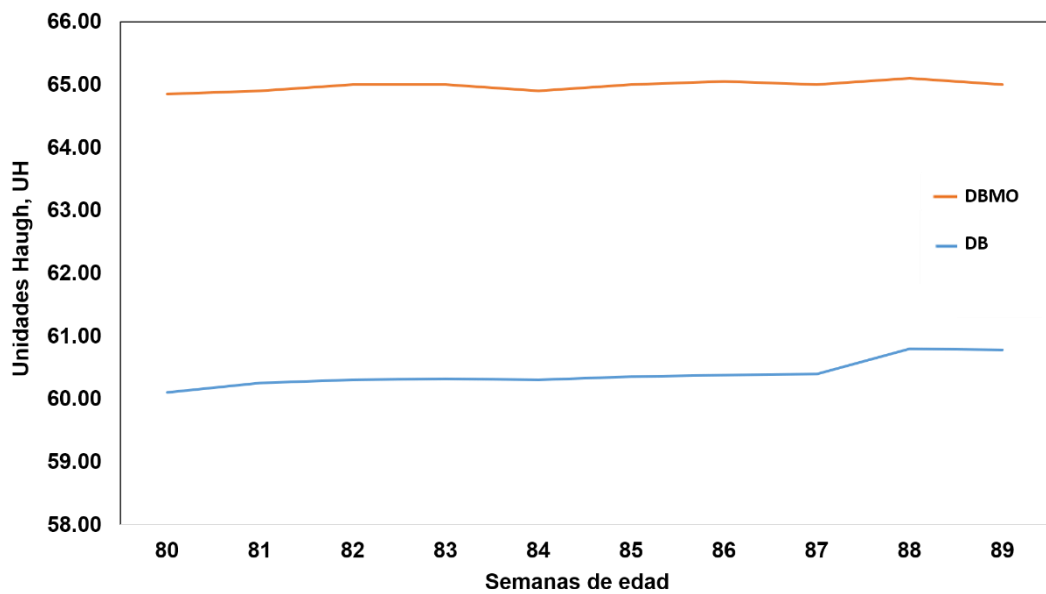


Figura 8. Unidades Haugh (UH) en función del desempeño de las dietas DBMO y DB, durante el periodo de 10 semanas.

## **V. DISCUSIÓN**

### **5.1. Producción de huevos**

Respecto a la producción de huevos, las dietas demostraron que la dieta que tuvo microminerales orgánicos obtuvo un índice mayor de producción a lo largo de las 10 semanas evaluadas con 73.95% a diferencia de la dieta que no tuvo microminerales orgánicos la cual obtuvo un 71.79%, sin embargo, los resultados tienen una diferencia de 2.16% entre ambas dietas; estos resultados coinciden con lo reportado por Manangi y otros (2015) cuyos tratamientos que se suplementaron con microminerales orgánicos durante el periodo de producción no obtuvieron diferencias significativas o efectos en comparación con los tratamientos que incluyeron microminerales inorgánicos al mismo nivel o incluso usando un nivel más alto de aditivo en comparación de los niveles que se utilizaron de microminerales orgánicos.

### **5.2. Huevo en suelo**

Respecto a la postura de huevo en suelo, quedó demostrado con el presente trabajo de investigación que el uso de microminerales orgánicos en la dieta de las gallinas de postura de la línea Hyline Brown, de 80 a 90 semanas de edad, redujo el porcentaje de huevos en el suelo de 1.84% a 1.25% significativamente ( $p < 0.05$ ).

Aunque no existiendo trabajos para poder compararlos, los beneficios del experimento pueden deberse a que los microminerales orgánicos aumentan el grosor de la cáscara y la resistencia a la ruptura (Georgievski y otros, 1982; Chowdhury, 1990; Nys y otros, 1999; Mabe y otros, 2003; Swiatkiewicz y otros, 2008). Además, los minerales quelados con aminoácidos tal es el caso de nuestro aditivo usado, tiene mejor

biodisponibilidad para los animales y se puede observar su efecto en los resultados del experimento (Kegley y otros, 2002; Creech y otros, 2004).

### **5.3. Huevos rotos**

Respecto al porcentaje de huevos rotos, se demostró que la dieta que incluía microminerales orgánicos obtuvo 3.56%, sin embargo, la dieta que no incluía el aditivo obtuvo 4.22%, es decir, los microminerales orgánicos redujeron un 0.66% de huevos rotos, asimismo reportó Salazar (2008) quien en su estudio sobre los microminerales, el porcentaje de huevos rotos en el grupo A (tratamiento con microminerales orgánicos) presentaba un porcentaje menor con relación al grupo B (tratamiento con microminerales inorgánicos), y cuya diferencia entre ambos grupos fue de 0.23%.

### **5.4. Peso del huevo (g)**

Respecto al peso de huevo, quedó demostrado que la inclusión de microminerales orgánicos en la dieta, aumentó significativamente el peso del huevo de 62.72 g. a 64.51 g., ( $p < 0.05$ ), desde la primera semana de uso. Nuestros hallazgos coinciden con Xie y otros (2019), quienes reportaron que el uso de microminerales quelados de hierro-glicina (Fe-Gly) en gallinas ponedoras Hy-line White de 26 semanas de edad aumentó ( $p > 0.05$ ) el peso del huevo. Asimismo, Saleh y otros (2020), reportaron que la utilización de una mezcla de minerales orgánicos (Cu, Zn y Mn) en dosis de 0.5 g/kg y 1.0 g/kg aumentaron significativamente ( $p < 0.05$ ) el peso del huevo en gallinas Bovans Brown de 30 semanas de edad.

### **5.5. Altura de albúmina (mm)**

Respecto a la altura de albúmina nuestros resultados evidencian un incremento significativo ( $p < 0.05$ ), de 3.24 mm a 3.77mm, sobretodo a partir de la semana 85 que el aumento se hace más evidente.

Nuestros resultados coinciden con lo reportado por Sun y otros (2012), quienes evaluaron el reemplazo parcial de oligoelementos (Cu, Mn Zn) sulfato por quelatos de análogos de hidroximetionina (MHA) en gallinas ponedoras Hy-line Brown de 37 semanas de edad, donde los quelatos MHA-Cu y MHA-Zn aumentaron ( $P < 0.05$ ) la altura de albúmina. No obstante, Xie y otros (2019), reportaron que el uso de quelato de hierro-glicina (Fe-Gly) en gallinas ponedoras Hy-line White de 26 semanas de edad no mostró diferencia ( $p > 0.05$ ) en la altura de albúmina. Los cambios en la calidad de la albúmina están relacionados con la ovomucina, particularmente la albúmina densa (Toussant y Latshaw, 1999).

### **5.6. Unidades Haugh (UH)**

Respecto a las unidades Haugh, quedó demostrado que también aumentó significativamente ( $p < 0.05$ ), de 60.40 UH a 64.98 UH desde la primera semana de uso de los microminerales orgánicos, siendo este aumento constante durante toda la investigación.

Así mismo, nuestros resultados coinciden con lo reportado por Sun y otros (2012), quienes evaluaron el reemplazo parcial de oligoelementos (Cu, Mn, Zn) sulfatos por quelatos de análogos de hidroximetionina (MHA) en gallinas ponedoras Hy-line Brown de 37 semanas de edad, donde los quelatos aumentaron ( $P < 0.05$ ) unidad Haugh después de 10 días de almacenamiento y atribuyeron a una mayor biodisponibilidad, puesto que se ha demostrado que el metal quelado con aminoácidos o proteínas tiene mejor biodisponibilidad para los animales (Kegley y otros, 2002; Creech y otros, 2004). Sin embargo, Xie y otros (2019), reportaron que el uso de

quelato de hierro-glicina (Fe-Gly) en gallinas ponedoras Hy-line White de 26 semanas de edad no mostró diferencia ( $p>0.05$ ) en las unidades Haugh. Roberts (2004) informó que las unidades Haugh (UH) disminuyen más rápidamente a temperaturas más altas. Además, según Li y otros (2019), el uso de Zn-Met disminuyó linealmente la concentración sérica de malondialdehído (MDA) en gallinas ponedoras. En comparación con el experimento, esta unidad también resulta importante porque de esta variable y el beneficio que nos de los microminerales orgánicos dependerá mucho la frescura del huevo.

#### **5.7. Resistencia a la ruptura (kgf)**

Respecto a la resistencia a la ruptura, nuestros hallazgos afirman que el uso de microminerales orgánicos en la Dieta de Postura de la línea Hy-line Brown aumento significativamente ( $p<0.05$ ), de 3.29 kgf a 4.06 kgf, favoreciendo al aumento de producción de huevos sanos, sobretodo a partir de la semana 83.

Coinciden con lo reportado por Min y otros (2018), quienes evaluaron la suplementación dietética con 40 mg/kg de MHA-Zn en gallinas ponedoras Hy-Line Grey de 57 semanas de edad, observándose mayor resistencia a la ruptura ( $p<0.05$ ) desde la semana 66 a 72. Asimismo, Manangi y otros (2015) reportaron una mejora en la resistencia a la rotura de la cáscara ( $p<0.05$  a la semana 68), al utilizar MHA-zinc, MHA-cobre y MHA-manganeso quelatos en ponedoras Hy-Line White de 36 semanas de edad.

#### **5.8. Grosor de cáscara (mm)**

Respecto al grosor de cáscara, se comprobó en esta investigación que usando microminerales orgánicos en la dieta para gallinas de postura



de la línea Hyline Brown en las semanas 80 a 90 incrementó significativamente ( $p < 0.05$ ) el grosor de la casaca del huevo, de 0.29 mm a 0.40 mm, lo cual influye directamente en la producción, reduciendo la pérdida de huevos en el suelo.

Nuestros hallazgos coinciden con lo reportado por Min y otros (2018), quienes evaluaron la suplementación dietética con 40 mg/kg de MHA-Zn en gallinas ponedoras Hy-Line Gray de 57 semanas de edad, observándose mayor grosor de la cáscara ( $p < 0.05$ ) desde la semana 66 a 72. Asimismo, Manangi y otros (2015) reportaron una mejora en el grosor de la cáscara ( $P = 0.03$  en la semana 74), al utilizar MHA-zinc, MHA-cobre y MHA-manganeso quelatos en ponedoras Hy-Line White de 36 semanas de edad. Zhang y otros (2017), indicaron que el grosor de la cáscara de huevo fue mayor en el grupo de tratamiento orgánico que en el grupo de tratamiento inorgánico, lo cual coincide con nuestros resultados. Esto puede deberse a que el Zn, Cu y Mn de fuentes orgánicas pueden afectar las propiedades mecánicas de la cáscara de huevo al efectuar la formación de cristales de calcita y ajustar la estructura de la cáscara de huevo (Mabe y otros, 2003; Swiatkiewicz y otros, 2008).

Esta bien documentado que el Zn es un componente de la anhidrasa carbónica, que es esencial para suministrar los iones de carbonato a lo largo de la deposición de la cáscara de huevo (Nys y otros, 1999). Asimismo, el Cu es un cofactor de la enzima lisil oxidasa que participa en la activación de la conversión de lisina en desmosina e isodesmosina reticuladas, lo que conduce a la mejora de las características de calidad de la cáscara del huevo (Chowdhury, 1990). Además, el Mn es un activador de enzimas que participan en la síntesis de mucopolisacáridos y glicoproteínas que participan en la formación de la matriz orgánica de la cáscara (Georgievski y otros, 1982).

## **VI.CONCLUSIONES**

El uso de minerales orgánicos mejora la altura de albumina , unidades haugh, el grosor de la cáscara, resistencia a la ruptura y aumenta el peso del huevo en gallinas de postura comercial de 80 a 90 semanas de edad.

El uso de microminerales orgánicos disminuye el porcentaje de huevos en suelo en gallinas de postura comercial de 80 a 90 semanas de edad.

El uso de microminerales orgánicos no tiene un impacto significativo sobre la variable de porcentaje de producción de huevos de gallina de postura comercial de 80 a 90 semanas de edad.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Se recomienda evaluar el efecto de los microminerales orgánicos quelados en la composición mineral de la cáscara del huevo.

Se recomienda evaluar el efecto de los microminerales orgánicos quelados en la composición mineral en la yema del huevo.

## VIII. BIBLIOGRAFIA

Acedo, J., Gonzales, R. 1998. Utilización de aditivos en piensos para rumiantes: minerales forma orgánica, levaduras, enzimas, ionóforos y otros. XIV Curso de Especialización, Avances en Nutrición y Alimentación Animal. Argentina. 47-66 p.

Aksu, D.S., Aksu, T., Ozsoy, B., Baytok, E. 2010. The effects of replacing inorganic with a lower level of organically complexed minerals (Cu, Zn and Mn) in broiler diets on lipid peroxidation and antioxidant defense systems. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 23(8): 1066-1072.

Arce, J., Avila, E., López, C., Rapp, C., Ward, T., y Vela, G. 2004. Utilización de metionina - zinc y metionina - manganeso en dietas del pollo de engorda: parámetros productivos e incidencia del síndrome ascítico. *Técnica Pecuaria en México*. 42(1):113-119 p. México.

Casaubon, Huguenin, M.T. 2015. Primer congreso de ciencias veterinarias. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). DF-México. 6 p.

Chowdhury, S.D. 1990. Shell membrane system in relation to lathyrogen toxicity and copper deficiency. *World's Poult Sci J*. 46: 153–169.

Colombatto, D. 2007. Uso del cobre tribásico como fuente de cobre en dietas de rumiantes. *Vet. Arg*. 24: 574 p.

Creech, B.L., Spears, J.W., Flowers, W.L., Hill, G.M., Lloyd, K.E., Armstrong, T.A., Engle, T.E. 2004. Effect of dietary trace mineral concentration and source (inorganic vs. chelated) on performance, mineral

status, and fecal mineral excretion in pigs from weaning through finishing. *J. Anim. Sci.* 82: 2140-2147.

Fernández, O.A. 2014. Los microminerales en la nutrición animal. *AgriNews*. Recuperado de: <https://agriNews.es/2014/02/18/los-minerales-traza-en-la-nutricion-animal/>

García, J., Cuesta, M., Pedroso, R., Rodríguez, J., Gutiérrez, M., Mollineda, Á., y Quiñones, R. 2007. Suplementación parenteral de cobre en vacas gestantes: Efecto sobre postparto y terneros. *Revista MVZ Córdoba*. 12(2): 985-995.

García, V., Ricardo, J. 2018. Impacto del peso vivo, crestas y barbillas de gallinas Dekalb White® con 17 semanas de edad sobre la producción y calidad de huevo.

Georgievski, V.I. 1982. *Mineral nutrition of animals*. Butterworths, London. 475 p.

Huyghebaert, G. 2006. Fisiología de la puesta con énfasis en la calidad de la cáscara. *Selecciones avícolas*. 48(4): 227-230 p.

Hy-line. 2017. La ciencia de la calidad del huevo. Boletín técnico. Recuperado de: <https://www.hyline.com/ViewFile?id=88df674d-2faf-411b-a883-d64770fcb740>.

Hy-line. 2016. Guía de manejo Hy-line Brown. Recuperado de: <https://www.hyline.com/filesimages/Hy-Line-Products/Hy-Line-Product-PDFs/Brown/BRN%20COM%20SPN.pdf>

Jaramillo, Á.H., Mojica, J., Caro, É.A., Sosa, J. 2018. Evaluación de la calidad del huevo de gallina en dos sistemas de alojamiento–piso

convencional con suplementación de sauco (*Sambucus nigra*) y pastoreo con kikuyo (*Pennisetum clandestinum*)—en la Sabana de Bogotá. *Revista Siembra CBA*. 2(1): 59-77 p.

Jiménez, O.R., Domínguez, M.P., Rosales, S.R., Flores, G.H. 2016. Nutrición mineral en el ganado bovino.

Kegley, E.B., Spears, J.W., Flowers, W.L., Schoenherr, W.D. 2002. Iron methionine as a source of iron for the neonatal pig. *Nutr. Res.* 22: 1209-1217.

Li, L.L., Gong, Y.J., Zhan, H.Q., Zheng, Y.X., Zou, X.T. 2019. Effects of dietary Zn-methionine supplementation on the laying performance, egg quality, antioxidant capacity, and serum parameters of laying hens. *Poultry Science*. 98(2): 923-931.

Lim, H.S., Paik, I.K., Sohn, T.I., Kim, W.Y. 2006. Efectos de los quelatos de cobre suplementarios en forma de metionina, quitosano y levadura en el rendimiento de los pollos de engorde. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 19 (9):1322-1327 p.

Mabe, I., Rapp, C., Bain, M.M., Nys, Y. 2003. Supplementation of a corn-soybean meal diet with manganese, copper, and zinc from organic or inorganic sources improves eggshell quality in aged laying hens. *Poult Sci*. 82:1903–1913.

Mahan, D.C., Peters, J.C. 2004. Long-term effects of dietary organic and inorganic selenium sources and levels on reproducing sows and their progeny. *Journal of animal science*. 82(5): 1343-1358.

Manangi, M.K., Richards, J., Wuelling, B., Atwell, C., Fisher, P., Knight, C. M. Vazquez-Añon, Carter, S. Valle. 2012. La alimentación de gallinas ponedoras con microminerales orgánicos quelatados mejora la respuesta inmune, la calidad de la cáscara y la resistencia a la ruptura de la tibia. Novus International. Recuperado de: [https://www.wpsaaeca.es/aeca\\_imgs\\_docs/\\_alimentacion\\_de\\_gallinas\\_ponedoras\\_con\\_microminerales\\_organicos\\_quelatados\\_-\\_manangi,\\_m.pdf](https://www.wpsaaeca.es/aeca_imgs_docs/_alimentacion_de_gallinas_ponedoras_con_microminerales_organicos_quelatados_-_manangi,_m.pdf)

Manangi, M.K., Vazques-Añon, M., Richards, J.D., Carter, S., Knight, C.D. 2015. The impact of feeding supplemental chelated trace minerals on shell quality, tibia breaking strength, and immune response in laying hens. Poultry Science Association meeting, Athens, GA. *Journal of Applied Poultry Research*. 24(3): 316-326.

Martín, N. 2015. Defectos de la cáscara del huevo. *Veterinaria Digital*. Recuperado de: <https://www.veterinariadigital.com/articulos/defectos-de-la-cascara-del-huevo/>

Martin, R.E., Mahan, D.C., Hill, G.M., Link, J.E., Jolliff, J.S. 2011. Effect of dietary organic microminerals on starter pig performance, tissue mineral concentrations, and liver and plasma enzyme activities. *Journal of animal science*. 89(4): 1042-1055 p.

Martin, S. 2016. Perfil mineral del caballo de polo en reposo y post-ejercicio en relación a su alimentación. Trabajo final de graduación para optar por el título de Ingeniero en Producción Agropecuaria. Universidad Católica de Argentina. 32 p.

Martínez, A., Chamorro, J., Cardona, S., Estevez, J. 2016. Efecto de suplementación mineral en el desempeño productivo de cerdas gestantes y su camada. *Journal of Agriculture and Animal Sciences*. 5(1):8 p.

Mateos, G.G., Valencia, D.G., Moreno, E.J. 2004. Microminerales en alimentacion de monogastricos. Aspectos Tecnicos y Consideraciones Legales. XX Curso de especialización FEDNA, Barcelona, 275-323 p.

Min, Y.N., Liu, F.X., Qi, X., Ji, S., Ma, S.X., Liu, X., Wang, Z.P., Gao, Y.P. 2018. Effects of methionine hydroxyl analog chelated zinc on laying performance, eggshell quality, eggshell mineral deposition, and activities of Zn-containing enzymes in aged laying hens. *Poultry Science*. 97(10): 3587-3593.

MINAGRI, 2019. Boletín estadístico mensual de la producción y comercialización de productos avícolas. Perú. Recuperado de: <https://www.minagri.gob.pe/portal/boletin-estadistico-mensual-de-la-produccion-y-comercializacion-avicola/sector-avicola-2019>.

MIDAGRI, 2020. Boletín estadístico mensual de la producción y comercialización de productos avícolas. Perú. Recuperado de: <https://www.gob.pe/institucion/midagri/informes-publicaciones/454705-boletin-estadistico-mensual-del-sector-avicola-2020>

Mufarregue, D. 2003. El hierro y el manganeso en la alimentación del ganado de carne en la región NEA. Estación Experimental Agropecuaria Mercedes. Argentina. Boletín Noticias y Comentarios. 376: 5 p.

Neri, B.R., Solís, A.L., Villegas, C.H., Esquivel, M.J., Castro, H.C. 2008. Efecto de la metionina de zinc en el casco del equino: una evaluación por microscopía electrónica de barrido ambiental. *Veterinaria México*. 39(3): 247-253.

Nilipour, A.H., 2008. Los factores de éxito para una producción avícola de alta calidad. Engormix. República de Panamá.



Nys, Y., Hincke, M.T., Arias, J.L., Garcia-Ruiz, J.M., Solomon, S.E. 1999. Avian eggshell mineralization. *Poult Avian Biol Rev.* 10:143–166.

Oruna, J., Noemi, J. 2015. Efecto de la suplementación de minerales orgánicos sobre los parámetros productivos de ponedora comercial hy line durante el periodo 35–42 semanas de edad. Tesis Ing. Zootecnista. Trujillo, Perú. Universidad Nacional de Trujillo. 59 p.

Pessôa, B.S., Tavernari, D.C., Vieira, R.A., Albino, L.F. 2012. Novos conceitos em nutrição de aves. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal.* 13(3): 755-774.

Ramírez, L.A. 2015. Programas de luz en ponedoras. Incidencia de la luz en la fisiología de la postura. Recuperado de: <https://www.engormix.com/avicultura/articulos/programas-luz-ponedoras-incidencia-t320-25.htm>

Ramos, J.L. 2005. Efectos de la suplementación de fuentes orgánicas e inorgánicas de zinc, manganeso y cobre sobre la producción, calidad del huevo y respuesta inmunológica en gallinas, durante el segundo ciclo de postura. Tesis para obtener el grado de médico veterinario. Santiago. Chile.

Ribas, O.B. 2000. Importancia del hierro en la alimentación. Monografías de la Real Academia Nacional de Farmacia, Madrid, España.

Roberts J.R. 2004. Factors affecting egg internal quality and egg shell quality in laying hens. *J. Poult. Sci.* 41: 161-177.

Rosa, D., Fazzio, L., Picco, S., Furnus, C., Mattioli, G. 2008. Metabolismo y deficiencia de zinc en bovinos. *Analecta Veterinaria, Argentina.* 28 (2):34-44 p.

Rostagno, H., Teixeira, I., Donzele, J., Gomes, P., Oliveira, R., Lopes, D., Ferreira, A., Toledo, S., Euclides, R. 2011. Tablas brasileñas para aves y cerdos. Trad. por Salguero, S., Prada, J. 3ed. Brasil. Universidad federal de vicoso. 259p.

Salazar, G.Y. 2008. Evaluación de la adición de minerales orgánicos vrs. minerales inorganicos, sobre la calidad externa de la cáscara de huevo en gallinas ponedoras comerciales en jaula (Doctoral dissertation, Universidad de San Carlos de Guatemala).

Saleh, A.A., Eltantawy, M.S., Gawish, E.M., Younis, H.H., Amber, K.A., El-Moneim, A., Ebeid, T.A. 2020. Impact of Dietary Organic Mineral Supplementation on Reproductive Performance, Egg Quality Characteristics, Lipid Oxidation, Ovarian Follicular Development, and Immune Response in Laying Hens Under High Ambient Temperature. *Biological Trace Element Research*. 195(2): 506-514.

Santos, T.F. 2018. Suplementação e avaliação de fontes de selênio em frangos de corte. Tesis Zootecnia. Porto Alegre, Brazil. Universidade federal do rio grande do sul. 14 p.

Schmidt, M. 2016. Nutrición con microminerales del fundamento científico al campo. Actualidad Avipecuaria. Lima. 56 p.

Soler, C.R., Bueso, R.J. 2017. Anpalisis de las alteraciones de la cáscara del huevo de gallina. Nereis. Revista Iberoamericana Interdisciplinar de métodos, modelización y simulación. Universidad Católica de Valencia San Vicente Mártir. Valencia. España. 137-147 p.

Sun, Q., Guo, Y., Li, J., Zhang, T., Wen, J. 2012. Effects of Methionine Hydroxy Analog Chelated Cu/Mn/Zn on Laying Performance, Egg Quality,

Enzyme Activity and Mineral Retention of Laying Hens. *The Journal of Poultry Science*. 49(1): 20-25.

Swiatkiewicz, S., Koreleski, J. 2008. The effect of zinc and manganese source in the diet for laying hens on eggshell and bones quality. *Vet Med-Czech*. 53:555–563.

Toral, C.J. 2011. Determinación de macro y micro minerales en suero sanguíneo de alpacas, en la comunidad de Guangaje, cantón Pujilí. Tesis Medicina Veterinaria. Cotopaxi, Ecuador. Universidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.

Toussant, M.J. , Latshaw, J.D. 1999. Contenido y composición de ovomucina en huevos de gallina con diferente calidad interior. *J. Sci. Alimentos Agric*. 79: 1666 – 1670.

Trindade-Neto, M.A., Pacheco, B.H.C., Albuquerque, R., Schammass, E.A., Rodriguez-Lecompte, J.C. 2011. Dietary effects of chelated zinc supplementation and lysine levels in ISA Brown laying hens on early and late performance, and egg quality. *Poultry Science*. 90(12): 2837-2844.

Unger, M., Chiappe, M.A., 2008. Importancia fisiológica de los microminerales en el metabolismo óseo. *REDVET*. Argentina, Buenos Aires. Vol. IX, Nº 10:1695-7504 p.

Valle, J. 2013. Beneficios de la inclusión de quelatos de hidroxianálogo de metionina con minerales sobre la calidad del broiler desde la reproductora hasta la fase final del procesado. *Selecciones avícolas*.

Walji, H. 2003. Vitaminas y minerales. *Edaf*. 143:178 p

Xie, C., Elwan, H.A.M., Elnesr, S.S., Dong, X.Y., Zou, X.T. 2019. Effect of iron glycine chelate supplementation on egg quality and egg iron enrichment in laying hens. *Poultry Science*. 98(12): 7101-7109.

Yan, F. y Waldroup, P.W. 2006. Evaluation of Mintrex ® Manganese for Young Broilers. *International Journal of Poultry Science*. University of Arkansas, USA. 5(8): 708-713 p.

Zea, O. 2011. Efecto de la suplementación con diferentes fuentes de Cobre sobre el comportamiento productivo morfometría intestinal y el nivel de Cobre hepático en pollos de carne. Tesis Magister scientiae en nutrición. Universidad agraria La Molina. Perú. 112 p.

Zhang, Y.N., Zhang, H.J., Wang, J., Yue, H.Y., Qi, X.L., Wu, S.G., Qi, G.H.. 2017. Effect of dietary supplementation of organic or inorganic zinc on carbonic anhydrase activity in eggshell formation and quality of aged laying hens. *Poult. Sci*. 96: 2176-2183.

## IX. ANEXOS

Anexo 1. Promedio semanal del peso de huevo (g), altura de albúmina (mm) y unidades haugh (UH) por tratamiento.

Edad (semanas)	Tratamiento	Peso de huevo (g)	Altura de albúmina (mm)	Unidades Haugh (UH)
80	DB	62.20	3.08	60.10
81	DB	62.20	3.12	60.25
82	DB	62.60	3.18	60.30
83	DB	62.80	3.22	60.32
84	DB	62.70	3.24	60.30
85	DB	62.80	3.28	60.35
86	DB	62.80	3.30	60.38
87	DB	62.90	3.30	60.40
88	DB	63.10	3.32	60.80
89	DB	63.10	3.32	60.78
80	DBMO	63.40	3.35	64.85
81	DBMO	63.60	3.38	64.90
82	DBMO	64.80	3.40	65.00
83	DBMO	64.80	3.55	65.00
84	DBMO	64.70	3.63	64.90
85	DBMO	64.70	3.84	65.00
86	DBMO	64.80	4.05	65.05
87	DBMO	64.60	4.12	65.00
88	DBMO	64.80	4.15	65.10
89	DBMO	64.90	4.20	65.00

DB: dieta base sin microminerales

DBMO: dieta base con microminerales orgánicos (500 mg/t).

Anexo 2. Promedio semanal de grosor de cáscara (mm) y resistencia a la ruptura (kgf) por tratamiento.

Edad (semanas)	Tratamiento	Grosor de cáscara (mm)	Resistencia a la ruptura (kgf)
80	DB	0.32	3.45
81	DB	0.32	3.40
82	DB	0.32	3.42
83	DB	0.30	3.20
84	DB	0.28	3.00
85	DB	0.28	3.00
86	DB	0.28	3.30
87	DB	0.26	3.30
88	DB	0.26	3.40
89	DB	0.26	3.40
80	DBMO	0.34	3.50
81	DBMO	0.34	3.60
82	DBMO	0.36	3.60
83	DBMO	0.38	3.75
84	DBMO	0.40	4.10
85	DBMO	0.40	4.10
86	DBMO	0.42	4.30
87	DBMO	0.45	4.50
88	DBMO	0.45	4.50
89	DBMO	0.45	4.60

DB: dieta base sin microminerales

DBMO: dieta base con microminerales orgánicos (500 mg/t).

Anexo 3. Promedio semanal de la producción de huevos (%), huevos rotos (%) y huevos en suelo (%).

Semanas de edad	Tratamiento	Postura (%)	Huevos rotos (%)	Huevos en suelo (%)
80	DB	75.77	2.40	1.60
81	DB	81.19	3.33	1.38
82	DB	73.50	4.84	1.27
83	DB	77.30	5.53	2.07
84	DB	77.47	4.88	1.97
85	DB	72.24	5.34	1.74
86	DB	67.83	4.07	1.74
87	DB	63.76	3.95	1.74
88	DB	64.46	2.79	3.83
89	DB	64.34	5.11	1.05
80	DBMO	77.48	2.75	1.49
81	DBMO	82.72	2.42	1.61
82	DBMO	76.04	4.26	1.27
83	DBMO	78.00	4.15	1.27
84	DBMO	78.46	3.46	1.04
85	DBMO	74.63	3.36	0.93
86	DBMO	70.50	3.37	1.05
87	DBMO	66.32	4.07	1.39
88	DBMO	69.80	3.25	1.16
89	DBMO	65.51	4.53	1.28

DB: dieta base sin microminerales

DBMO: dieta base con microminerales orgánicos (500 mg/t).

Anexo 4. Promedio de 10 semanas de experimentación por tratamiento por repeticiones sobre las variables de calidad de huevo.

R <sup>1</sup>	Promedio de tratamiento por repeticiones									
	Peso de huevo (g)		Resistencia a la ruptura (kgf)		Altura de albúmina (mm)		Grosor de cáscara (mm)		Unidades Haugh (UH)	
	DB	DBMO	DB	DBMO	DB	DBMO	DB	DBMO	DB	DBMO
1	61.80	64.20	3.20	4.15	3.19	3.80	0.22	0.49	60.07	63.78
2	61.72	63.20	3.25	4.02	3.36	3.89	0.37	0.32	60.58	64.87
3	62.30	63.72	3.29	4.09	3.27	3.77	0.24	0.41	59.84	64.52
4	62.15	63.40	3.28	4.01	3.16	3.78	0.33	0.46	59.68	61.82
5	61.90	63.10	3.35	4.07	3.24	3.69	0.26	0.42	60.26	63.97
6	62.22	63.46	3.25	4.06	3.17	3.73	0.36	0.42	59.37	66.24
7	62.10	64.70	3.19	3.96	3.35	3.68	0.27	0.47	60.59	63.28
8	62.40	65.20	3.26	3.98	3.26	3.91	0.37	0.31	61.79	64.85
9	62.10	65.20	3.28	3.94	3.38	3.77	0.27	0.26	61.27	62.58
10	61.96	64.80	3.33	4.12	3.24	3.79	0.21	0.46	61.88	65.94
11	62.10	65.60	3.39	4.16	3.16	3.73	0.37	0.48	59.06	64.37
12	62.72	65.10	3.24	4.19	3.19	3.78	0.24	0.26	60.03	65.98
13	62.80	65.30	3.29	3.99	3.11	3.66	0.39	0.47	58.33	65.93
14	62.97	64.32	3.33	4.16	3.34	3.93	0.23	0.51	59.18	63.96
15	63.15	63.90	3.36	4.19	3.18	3.64	0.36	0.48	61.42	64.75
16	63.10	64.30	3.37	4.21	3.33	3.96	0.24	0.36	59.83	66.53
17	63.40	64.70	3.31	3.94	3.16	3.79	0.19	0.33	61.91	66.85
18	63.20	64.50	3.29	3.97	3.36	3.81	0.36	0.31	61.33	65.76
19	63.25	65.10	3.27	3.99	3.37	3.73	0.39	0.32	60.15	65.93
20	63.80	64.25	3.34	4.17	3.11	3.71	0.16	0.5	61.39	65.71
21	63.72	64.15	3.37	4.15	3.38	3.67	0.39	0.33	60.09	65.78
22	63.62	64.85	3.22	3.99	3.13	3.79	0.29	0.52	59.16	65.15
23	62.82	65.30	3.36	3.93	3.14	3.68	0.45	0.34	61.31	65.93
24	63.54	65.20	3.21	4.19	3.31	3.74	0.15	0.53	60.32	65.34
25	63.20	65.10	3.24	3.96	3.16	3.71	0.19	0.36	61.23	64.59
P <sup>2</sup>	62.72	64.51	3.29	4.06	3.24	3.77	0.29	0.40	60.40	64.98

<sup>1</sup>R: Número de repeticiones por tratamiento.

DB: Dieta base. DBMO: Dieta base más microminerales orgánicos.

<sup>2</sup>P: Promedio de cada repetición para cada variable.



Anexo 5. Promedio de 10 semanas de experimentación por tratamiento por repeticiones sobre las variables de producción.

R <sup>1</sup>	Promedio de tratamiento por repeticiones					
	Producción		Huevos rotos		Huevos en suelo	
	DB	DBMO	DB	DBMO	DB	DBMO
1	67.1	67.1	4.8	3.99	1.67	1.11
2	75.35	75.7	4.1	3.7	1.68	1.12
3	66.53	67.47	3.8	3.5	1.68	1.31
4	70	70.17	4	3.2	1.65	1.25
5	79.9	83.42	4	3.53	1.66	1.18
6	77.6	86.81	3.9	2.64	1.78	1.29
7	73.2	74.51	4.1	3.64	1.89	1.13
8	78.9	81.9	4.2	3.63	1.84	1.15
9	63.9	70.52	4	2.99	1.86	1.19
10	63.3	64.9	4.6	4	1.87	1.15
11	68.6	70.76	3.9	3.47	1.87	1.16
12	68.1	69.74	4.8	3.11	1.96	1.23
13	69.38	72.19	4.7	3.51	1.88	1.32
14	75.5	78.78	3.8	3.55	1.85	1.24
15	66.5	68.82	4	3.9	1.82	1.44
16	69.8	72.96	4.7	3.55	1.96	1.13
17	67.9	69.38	3.9	3.15	1.85	1.21
18	65.6	66.29	3.4	3.31	1.98	1.15
19	83.2	85.26	3	3.9	1.89	1.23
20	76.1	76.23	4.1	3.66	1.81	1.38
21	72.2	73.08	5.3	3.6	1.87	1.26
22	84	84.30	3.8	3.77	1.84	1.33
23	72	73.92	4.5	3.7	1.93	1.32
24	65.3	67.91	4.8	3.9	1.96	1.43
25	74.9	76.47	5.3	4	1.95	1.45
P <sup>2</sup>	71.79	73.95	4.22	3.56	1.84	1.25

<sup>1</sup>R: Número de repeticiones por tratamiento.

DB: Dieta base. DBMO: Dieta base más microminerales orgánicos.

<sup>2</sup>P: Promedio de cada repetición para cada variable.

Anexo 6. Ambiente experimental: jaulas modulares para gallina de postura.



A. Distribución de las aves en módulos.



B. Ubicación de las mantas para recolección de heces.

Anexo 7: Procedimiento de recolección y selección de muestras para su posterior análisis en el laboratorio.



A. Recolección



B. Selección

Anexo 8: Inspección de excretas y conteo de huevos en el suelo



B. Conteo de huevos en suelo



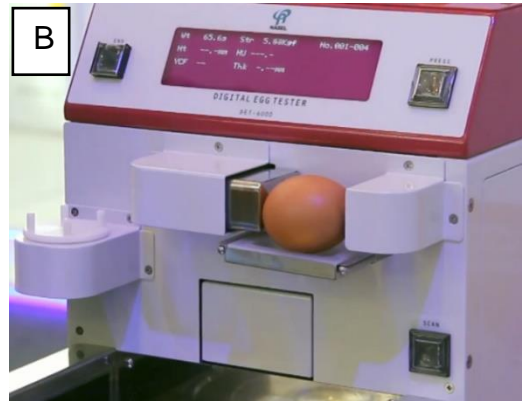
A. Recolección de heces



Anexo 9. Determinación de las variables dependientes utilizando el equipo de medición digital de huevo DET 6000, laboratorio Montana S.A. Lima.



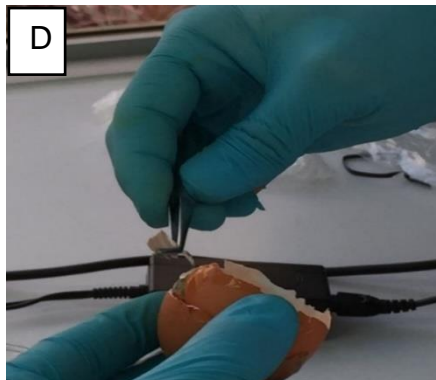
A. Determinación del peso de huevo (g)



B. Determinando la resistencia de ruptura de huevo (kgf)



C. Determinación de la altura de albúmina (mm)



D. Determinación del grosor de la cáscara (mm)