

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
ESCUELA DE ZOOTECNIA**



**EVALUACIÓN DE CALIDAD DE HUEVO COMERCIAL EN  
GALLINAS DEKALB POST MUDA FORZADA  
SUPLEMENTADAS CON CUATRO NIVELES DE CALCIO  
EN FORMA DE TALCO Y GRANULADO**

**LUIS DIEGO ALVAREZ ORELLANA**

**LICENCIADO EN ZOOTECNIA**

**GUATEMALA, MARZO DE 2020**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
ESCUELA DE ZOOTECNIA**



**EVALUACIÓN DE CALIDAD DE HUEVO COMERCIAL EN  
GALLINAS DEKALB POST MUDA FORZADA SUPLEMENTADAS  
CON CUATRO NIVELES DE CALCIO EN FORMA DE TALCO Y  
GRANULADO**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD

**POR**

**LUIS DIEGO ALVAREZ ORELLANA**

Al conferírsele el título profesional de

**Zootecnista**

En el grado de Licenciado

**GUATEMALA, MARZO DE 2020**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**  
**JUNTA DIRECTIVA**

DECANO: M.A Gustavo Enrique Taracena Gil  
SECRETARIO: Dr. Hugo René Pérez Noriega  
VOCAL I: M. Sc. Juan José Prem González  
VOCAL II: Lic. Zoot. Miguel Ángel Rodenas Argueta  
VOCAL III: Lic. Zoot. Alex Rafael Salazar Melgar  
VOCAL IV: Br. Luis Gerardo López Morales  
VOCAL V: Br. María José Solares Herrera

**ASESORES**

**LIC. ZOOT. MIGUEL ÁNGEL RODENAS ARGUETA**

**M.Sc. LUCRECIA EMPERATRIZ MOTTARODRÍGUEZ**

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con lo establecido por los reglamentos y normas de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración el trabajo de graduación titulado:

### **EVALUACIÓN DE CALIDAD DE HUEVO COMERCIAL EN GALLINAS DEKALB POST MUDA FORZADA SUPLEMENTADAS CON CUATRO NIVELES DE CALCIO EN FORMA DE TALCO Y GRANULADO**

Que fuera aprobado por la Honorable Junta Directiva de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

Como requisito previo a optar al título de:

**LICENCIADO EN ZOOTECNIA**

## **ACTO QUE DEDICO**

**A DIOS:** Por darme la vida y ser la luz en mi camino. Por llenarme de fe y fortaleza en todo momento.

**MIS PADRES:** Imelda Leonor Orellana Cordón y Rony Alvarez Chuy, gracias por su amor incondicional, confianza y apoyo en todo momento. Por haberme formado como hombre de bien con principios y valores.

**MIS HERMANOS:** Imelda Alvarez y Rony Alvarez, por estar siempre presentes y apoyarme en este logro alcanzado.

**MI FAMILIA:** Mis tíos, tías, primos y primas gracias por compartir experiencias de vida y su apoyo incondicional.

## **AGRADECIMIENTOS**

- A DIOS:** Por haberme permitido llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional.
- MIS PADRES:** Por apoyarme incondicionalmente en lo moral, sustentar mis estudios y ser la fuerza que me ayuda a alcanzar mis objetivos.
- A UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA:** Por ser mi casa de estudio.
- A FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA:** Por formarme para poder desempeñarme como profesional.
- MIS CATEDRÁTICOS:** Por su amistad y ser mis formadores quienes con sabiduría se esforzaron por ayudarme a llegar al punto en el que me encuentro.
- MIS ASESORES Y EVALUADOR:** Por haberme orientado con dedicación, paciencia y sabiduría durante esta investigación.
- MIS AMIGOS:** Diego Barragán (Tocayo), Nicolas López (Nico), Isabel Tucux (Isa), Ricardo Galindo, Delsy Theissen, Ronald Morales, Ricky Gómez, Carlos

Castro y demás compañeros, gracias por todo el apoyo y los momentos de vida compartidos.

**MIS CONSULTORES:**

Lic. Zoot. Ricardo Galindo y Lic. Zoot. Mario Sierra por ser impulsores en la investigación.

**GRUPO CENTRAL  
AGRÍCOLA:**

Por brindar el financiamiento y la gestión para la realización del estudio.

# ÍNDICE

|      |   |    |
|------|---|----|
| I.   | INTRODUCCIÓN.....                                   | 1  |
| II.  | HIPÓTESIS.....                                      | 3  |
| III. | OBJETIVOS.....                                      | 4  |
|      | 3.1 Objetivo general.....                           | 4  |
|      | 3.2 Objetivo específico.....                        | 4  |
| IV.  | REVISIÓN DE LITERATURA.....                         | 5  |
|      | 4.1 Formación del huevo.....                        | 5  |
|      | 4.2 Estructura del huevo.....                       | 6  |
|      | 4.2.1 Cáscara.....                                  | 6  |
|      | 4.2.2 Albúmen o clara.....                          | 7  |
|      | 4.2.3 Yema.....                                     | 7  |
|      | 4.3 Calidad externa del huevo.....                  | 7  |
|      | 4.4 Calidad interna del huevo.....                  | 8  |
|      | 4.5 Formación de la cáscara.....                    | 8  |
|      | 4.6 Fuente de calcio.....                           | 10 |
|      | 4.6.1 Carbonato de calcio.....                      | 10 |
| V.   | MATERIALES Y MÉTODOS.....                           | 11 |
|      | 5.1 Materiales.....                                 | 11 |
|      | 5.1.1 Recurso humano.....                           | 11 |
|      | 5.1.2 Recurso biológico.....                        | 11 |
|      | 5.1.3 Recurso de campo.....                         | 11 |
|      | 5.2 Metodología.....                                | 12 |
|      | 5.2.1 Localización.....                             | 12 |
|      | 5.2.2 Características climáticas y geográficas..... | 12 |
|      | 5.2.3 Generalidades de la granja.....               | 12 |
|      | 5.2.4 Módulo experimental.....                      | 13 |
|      | 5.3 Fase preliminar.....                            | 13 |

|       |                                 |    |
|-------|---------------------------------|----|
| 5.4   | Fase experimental.....          | 14 |
| 5.4.1 | Diseño experimental.....        | 14 |
| 5.5   | Variables a medir.....          | 17 |
| 5.6   | Análisis de datos.....          | 18 |
| VI.   | RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....     | 19 |
| 6.1   | Resultados.....                 | 19 |
| 6.1.1 | Porcentaje de postura.....      | 19 |
| 6.1.2 | Peso del huevo.....             | 19 |
| 6.1.3 | Masa del huevo.....             | 20 |
| 6.1.4 | Unidades Haugh.....             | 21 |
| 6.1.5 | Grosor de cáscara.....          | 22 |
| VII.  | CONCLUSIONES.....               | 25 |
| VIII. | RECOMENDACIONES.....            | 26 |
| IX.   | RESUMEN.....                    | 27 |
|       | SUMMARY.....                    | 28 |
| X.    | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 29 |
| XI.   | ANEXOS.....                     | 34 |

## ÍNDICE DE CUADROS

### **CUADRO 1.**

Presentación de los tratamientos.....18

### **CUADRO 2.**

Fuentes de variación para porcentaje de postura.....19

### **CUADRO 3.**

Fuentes de variación para peso del huevo.....19

### **CUADRO 4.**

Fuentes de variación para masa del huevo.....20

### **CUADRO 5.**

Fuentes de variación para unidades Haugh.....21

### **CUADRO 6.**

Fuentes de variación para grosor de cáscara.....22

## ÍNDICE DE FIGURAS

### **FIGURA 1.**

Distribución de los tratamientos.....15

### **FIGURA 2.**

Tamaño de partícula.....21

### **FIGURA 3.**

Tamaño de partícula.....23

### **FIGURA 4.**

Interacción entre niveles de suplementación.....23

# I. INTRODUCCIÓN

La muda forzada o segundo ciclo de postura es un proceso fisiológico natural o inducido que sucede en aves adultas alrededor de las 60-80 semanas de edad. Este proceso es un período de descanso reproductivo, en donde las gallinas disminuyen el peso corporal, pierden las plumas y presentan regresión del ovario y oviducto con el fin de acumular reservas energéticas para reiniciar el ciclo de postura. En la industria de gallinas ponedoras comerciales, se realiza muda forzada al lote completo para que realicen este proceso simultáneamente en un periodo más corto que en la forma natural, permitiendo que el retorno a la puesta de las aves sea de forma sincronizada (Gavidia, 2017).

Conforme la edad de la gallina avanza, tienen la capacidad de producir huevos más grandes pero con mayor incidencia de problemas en la fragilidad del cascarón (Elaroussi, Forte, Eber, & Biellier, 1994), reflejado en un delicado manejo durante la producción y en el procesamiento del huevo, así como en la pérdida rápida de frescura, además de una alta producción de huevos fárfaros y fisuras en el cascarón, causando pérdidas económicas a los productores. Esto debido a que la absorción de calcio en el intestino hacia las vías sanguíneas y la movilización del calcio de reserva depositado en los huesos medulares, se reduce con la edad (Cuca García, 2005). Para mitigar esto, los productores acostumbran suplementar calcio en la dieta de las gallinas con el afán de mejorar el grosor y conformación del cascarón.

Actualmente existe controversia entre varios autores con relación al impacto del tamaño de partícula sobre la calcificación de la cáscara de huevo. En el estudio que realizaron Sanmiguel, Mejía, Lozano, & Castañeda, (2016) menciona que los diferentes tamaños de partícula del calcio no afectan significativamente el grosor de cáscara, altura de albúmina, ni las unidades Haugh. Sin embargo, Koutoulis, Kyriazais, Perry, & Lewis, (2009) mencionan que sí se observó diferencia

significativa en el grosor de cáscara con el tamaño de partícula suplementando calcio granulado a la dieta.

La presente investigación se realizó bajo las condiciones del medio productivo nacional, evaluando durante 10 semanas la suplementación con carbonato cálcico en forma de talco y granulado, a cuatro diferentes niveles.

## **II. HIPÓTESIS**

No existe diferencia significativa en la calidad del huevo utilizando diferentes niveles de suplementación de calcio, en gallinas sometidas a muda forzada.

No existe diferencia significativa en la calidad del huevo utilizando diferente tamaño de partícula de calcio, en gallinas sometidas a muda forzada.

### **III. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo General**

- Determinar el efecto de la suplementación del carbonato de calcio en huevos producidos por gallinas post muda forzada.

#### **3.2 Objetivo Específico**

- Evaluar el efecto del tamaño de partícula (talco y granulado) y el nivel de suplementación (0gr/ave/día, 1g/ave/día, 2g/ave/día, 3g/ave/día y 4g/ave/día) de calcio, sobre la calidad del huevo obtenido de gallinas Dekalb post muda forzada, en términos de masa de huevo (g), porcentaje de postura (%), peso de huevo (g), unidades Haugh (uH) y grosor de la cascara ( $\mu\text{m}$ ).

## IV. REVISIÓN DE LITERATURA

### 4.1 Formación del huevo

El huevo se forma gradualmente durante un período de 24-26 horas. La formación del huevo es de forma seccionada (Arango, El Sitio Avícola, 2011). Afirma que “Intervienen dos estructuras anatómicas las cuales son: el ovario y oviducto. El ovario es para la formación de la yema y el oviducto para la formación del albumen y la cáscara.

El primer segmento del oviducto es el Infundíbulo, sigue con el magno, istmo, útero y termina en la cloaca. Los anteriormente mencionados se encargan de la transformación y moldura de los nutrientes ingeridos por la gallina en sustancias que pasan a formar parte del huevo.

En las primeras horas de la mañana los estímulos en forma de luz (fotoperiodo) son captados por el nervio óptico y la glándula pineal, y actúan sobre los núcleos hipotalámicos que secretaran los factores de descarga de la hormona liberadora luteinizante (LHRH). La LHRH producida en el hipotálamo, regula la síntesis de la hormona luteinizante (LH) a nivel de la hipófisis provocando la maduración del núcleo del oocito más maduro e iniciando de este modo la ovulación (Gairal, 2015).

El infundíbulo recoge al óvulo maduro en un lapso de 15 a 75 minutos después de que el folículo se rompe (procedente del ovario izquierdo debido a que el derecho no es funcional en gallinas). Luego pasa al magno para la formación del albumen que es depositado alrededor de la yema en un lapso de 3-4 horas, pasa al istmo en donde en 1 hora se forma la membrana interior y exterior de la cáscara que protege el albumen junto con la adición de agua y sales minerales, luego tarda de 20- 21 horas en el útero para la incorporación de la albúmina exterior más fluida y la

formación de la cáscara, y por último pasa por la cloaca para la expulsión del huevo por medio de las contracciones de la musculatura lisa (Coutts & Wilson, 2007).

## **4.2 Estructura del huevo**

El huevo está diseñado naturalmente para proteger y mantener al ovulo (yema) quien, si fuese fecundado, en 21 días daría vida a un nuevo pollito. Ésta es la razón por la cual la naturaleza creó barreras físicas y químicas para la protección del huevo.

Se le llama barrera física a las estructuras que se encargan de proteger al huevo de la contaminación exterior; lo integra la cáscara y las membranas testáceas. Las barreras químicas son los compuestos antibacterianos del albumen (lisozima, fosvitina), su pH (alcalino de 9.5), las moléculas que secuestran cationes y las que tienen efecto anti-enzimático (antipiricina) (Instituto de Estudios del Huevo, 2009).

El huevo se divide básicamente en 3 estructuras las cuales son: la cáscara, albumen y yema.

### **4.2.1. Cáscara**

Es la parte más externa y representa un 10% del peso total del huevo. Se compone de 1.6% de agua, un 3.3% de proteína, algunos restos de lípidos y un 95.1% de materia inorgánica. Los tres minerales más abundantes en la cáscara son el carbonato de calcio en un 98%, el magnesio en 1% y el fósforo en un 1%. Los poros que se sitúan en la cáscara son los encargados de permitir el intercambio de gases y humedad (no moléculas grandes) (Arenas, 2016; Instituto de Estudios del Huevo, 2009; Huyghebaer, 2006; Carrasco, 2006).

- **Grosor de la cáscara:** El espesor aceptable para la cáscara es de 0.30mm – 0.35mm. Un espesor debajo de los 0.30mm es poco aceptable para la comercialización, debido a la fragilidad y alto grado de permeabilidad en la cáscara (Lozano Veintimilla, Evaluación de diferentes niveles de calcio en la alimentación de gallinas ponedoras de la línea Isa Brown y su efecto sobre la calidad del huevo, 2015).

#### **4.2.2 Albumen o clara**

Representa un 60% del peso total del huevo. Está compuesta por agua en un 88% y 12% de proteínas. La proteína mas abundante (54%) es la ovoalbúmina, ésta es particularmente interesante en la elaboracion de muchos platos debido a la estructura gelatinosa que adquiere cuando se somete a la acción del calor (Instituto de Estudios del Huevo, 2009).

#### **4.2.3 Yema**

Representa un 30% del peso total del huevo, del cual el contenido de agua es de aproximadamente el 50%. Se situa en la parte central y de coloración amarillo-naranja (según el tipo de alimentación es la coloración de la yema), se encuentra recubierta por la membrana vitelina, la cual, separa la yema del albumen y la protege de una posible ruptura. En esta se encuentran las principales vitaminas, lípidos y minerales del huevo (Instituto de Estudios del Huevo, 2009; Deusto, 2013).

### **4.3 Calidad externa del huevo**

La calidad de la cáscara es uno de los factores más importantes para los consumidores de huevos, por su impacto a nivel económico. Por consiguiente, su aceptación o rechazo es juzgada por la apariencia, color, textura, forma, limpieza y firmeza. Según (Coutts & Wilson, 2007) afirman que “Existen 5 tipos de problemas

principales con la cáscara en la industria del huevos: los fisurados, cáscaras delgadas, marcas en el cuerpo, huevos manchados y huevos sin cáscara (fárfaros)". Para la comercialización del huevo se debe de evitar estos problemas con el fin de no impactar negativamente en las cualidades nutritivas, sanitarias y gastronómicas del huevo.

#### **4.4 Calidad interna del huevo**

La consistencia del albumen y la altura de la cámara de aire; son importantes indicadores de la frescura del huevo. Cuando un huevo envejece, pierde CO<sub>2</sub> y agua a través del intercambio de gases por medio de los poros de la cáscara. Esto hace que la cámara de aire dentro del huevo se expanda. Con esta pérdida de CO<sub>2</sub>, el pH se incrementa de 6 a 8-9 (volviéndose alcalino), lo cual provoca degradación en la unión de la proteína ovomucina y lisozima, provocando de ésta manera que el albumen se haga cada vez más fluido. (Pintado, 2016; Wineland, Michael, 2015) La calidad del albumen se evalúa mediante las unidades Haugh (UH), éstas miden la densidad del albumen en una escala que va de 30 a 100 UH en dónde no debe de bajar de 60 UH para lograr aceptación de parte del consumidor (Trujillo, Berrocal, Moreno, & Ferrón, 2009).

La calidad del albumen también puede ser afectada con la vejez de las aves y enfermedades (Newcastle, bronquitis infecciosa, entre otras) (Butcher & Miles, 2003).

#### **4.5 Formación de la cáscara**

La formación de la cascara se produce en el útero (sección del oviducto), mediante la deposición de carbonato de calcio y los bicarbonatos en concentraciones elevadas. La formación de la cáscara dura aproximadamente 20 horas.

La síntesis del calcio depende básicamente de hormonas que controlan su utilización y excreción, como lo son la hormona paratiroidea (PTH), calcitonina, calcitriol, además de los estrógenos.

El calcio que es depositado en la cáscara, llega por circulación sanguínea, las cáscaras de huevo contienen entre 1.7 a 2.4 gr de calcio, esto corresponde a un 8-10% del peso total de calcio presente en el organismo, por lo tanto, si la formación de la cascara dura aproximadamente 20 horas, significa que requiere de 100-50mg de calcio por hora por lo que el paso de sangre al oviducto debe producirse alrededor de 80 veces. Esta excreción de calcio desde la sangre podría reducir los niveles plasmáticos de calcio a cero si no hubiese otra fuente disponible (Gairal, 2015).

La gallina posee un mecanismo homeostático importante, la homeostasis del calcio se logra por el equilibrio de la absorción eficiente de calcio mediante un proceso de transporte activo que ocurre principalmente en la parte superior del intestino delgado. La excreción renal del calcio y del metabolismo mineral del hueso son los encargados de cubrir las necesidades de este elemento en aves. Las hormonas principales que regulan este proceso son la hormona paratiroidea (PTH), calcitonina, 1,25-dihidroxicalciferol (metabolito de la vitamina D producido en el riñón como respuesta a las bajas concentraciones de calcio en el plasma), y estrógenos (Lozano Veintimilla, 2015; Cuca García, 2005).

En vista de que la formación de cascarón se presenta en las horas de oscuridad cuando los niveles de consumo de alimento son muy bajos o inexistentes, la única fuente que puede suministrar el calcio durante este periodo son los huesos medulares (Correa Cardona, 2009).

## **4.6 Fuente de calcio**

### **4.6.1 Carbonato de calcio**

Es utilizado como una fuente de calcio en alimentación animal, su fórmula química es  $\text{CaCO}_3$ . Es una sustancia común que se obtiene de yacimientos de piedra caliza mediante un proceso de secado y trituración a distintas granulometrías. La biodisponibilidad se encuentra entorno al 38% dependiendo de la riqueza en caliza de la roca original (FEDNA, 2017).

## **V. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **5.1 Materiales**

Para la realización del estudio se utilizó el siguiente material:

#### **5.1.1 Recurso humano**

- 1 Estudiante investigador.
- 1 Operario.
- 2 Asesores.

#### **5.1.2 Recurso biológico**

- 420 gallinas Dekalb blancas semipesadas, sometidas a muda forzada, procedentes de un mismo lote de producción.

#### **5.1.3 Recurso de campo**

- Hojas para la toma de datos.
- Lápices.
- Lapiceros.
- Computadora.
- Comederos individuales desmontables y bebederos de niple.
- 3400 Kilogramos (75 quintales) de alimento balanceado fase 3 para aves de postura.
- 118 Kilogramos (2.6 quintales) de calcio granulado.
- 118 Kilogramos (2.6 quintales) de calcio talco.
- 1 Balanza semi-analítica.

- 1 Bascula digital para pesaje de aves.
- 1 Micrómetro Haugh.
- 1 Micrómetro para el grosor de cáscara.

## **5.2 Metodología**

### **5.2.1 Localización**

El presente estudio se realizó en Granja Kaxín, ubicada en el km. 52.5 de la carretera que conduce a Guanagazapa, Escuintla, jurisdicción de la aldea el Jocotillo, Villa Canales, departamento de Guatemala. El experimento tuvo una duración de 10 semanas, iniciando en el mes de mayo y finalizando en el mes de julio de 2019.

### **5.2.2 Características climáticas y geográficas**

De acuerdo a datos proporcionados por el (INSIVUMEH, 2019) las características climáticas pertenecen a la Región del Altiplano Central con una temperatura media anual de 21.3°C, precipitación media anual de 1408.8mm y una humedad relativa media anual del 75%. La región cuenta con altitudes que van desde los 800 a los 1500 msnm. En sistema de coordenadas geográficas se encuentra en latitud 14°17'39.03"N y longitud 90°32'17.77"O. Según el sistema de clasificación de Holdridge la zona de vida se encuentra dentro del Bosque muy húmedo sub-tropical cálido y se identifica con el símbolo bmh-S(c) (Pellecer, 2006).

### **5.2.3 Generalidades de la granja**

La granja avícola Kaxin se dedica a la producción, distribución y comercialización de huevo comercial, abasteciendo así al mercado nacional bajo la

marca "Don Yelmo". La granja cuenta con 12 galpones en donde llegan a alojar un máximo de 667 mil aves.

#### **5.2.4 Módulo experimental**

En el presente estudio se utilizó un módulo experimental de 84m<sup>2</sup> (12metros de largo x 7metros de ancho) a 100 metros de distancia del área dedicada a la producción de huevos para la comercialización. La orientación geográfica según el plano cartesiano es de norte a sur. Las instalaciones cuentan con piso de cemento, rodeado por un muro (block y cemento) de 65cm de alto y malla de 2" (pulgadas) que va de la porción más alta del muro hacia la parte inferior del techo. El diseño del techo es de dos aguas y se encuentra construido por lámina de aluminio.

### **5.3 Fase preliminar**

- **Limpieza y desinfección del módulo experimental:** Para la limpieza se retiró el alimento sobrante de los comederos. Luego se realizó la limpieza seca, ésta consistió en remover y retirar la materia orgánica con escobas y espátulas presentes en jaulas, techo, paredes y suelo. Posterior a esto se realizó la limpieza húmeda, en la cual se utilizó una hidrolavadora con el objeto de limpiar todas las superficies y equipo presente dentro del módulo experimental con agua a presión. Subsiguiente se dejó secar por 1 hora y para finalizar se aplicó peróximonosulfato de potasio por aspersion (10ml del producto/ 1 litro de agua, con una relación de 4m<sup>3</sup>/litro) en todas las superficies de la galera.
- **Selección de gallinas:** Dentro de la granja se seleccionaron 420 gallinas Dekalb blancas, semi-pesadas, de 93 semanas de edad. Todas las gallinas fueron elegidas de un lote cuyo primer ciclo de postura se dio por concluido

y post haberse realizado el proceso de muda forzada. De igual manera, se tomó en cuenta un buen estado sanitario y peso de 1600 a 1700 g.

- **Traslado de gallinas al módulo experimental:** El traslado de las gallinas, se realizó en las horas más frescas de la mañana. Para éste procedimiento se colocaron de 12 a 14 gallinas dentro de cada jaula (pudiendo haber hasta 15 gallinas) y se trasladaron en camión hacia el módulo en donde se realizó el experimento.

Dentro del módulo experimental las gallinas se alojaron en jaulas (0.50 X 0.60 X 0.35 m cada jaula) tipo piramidal de 3 niveles.

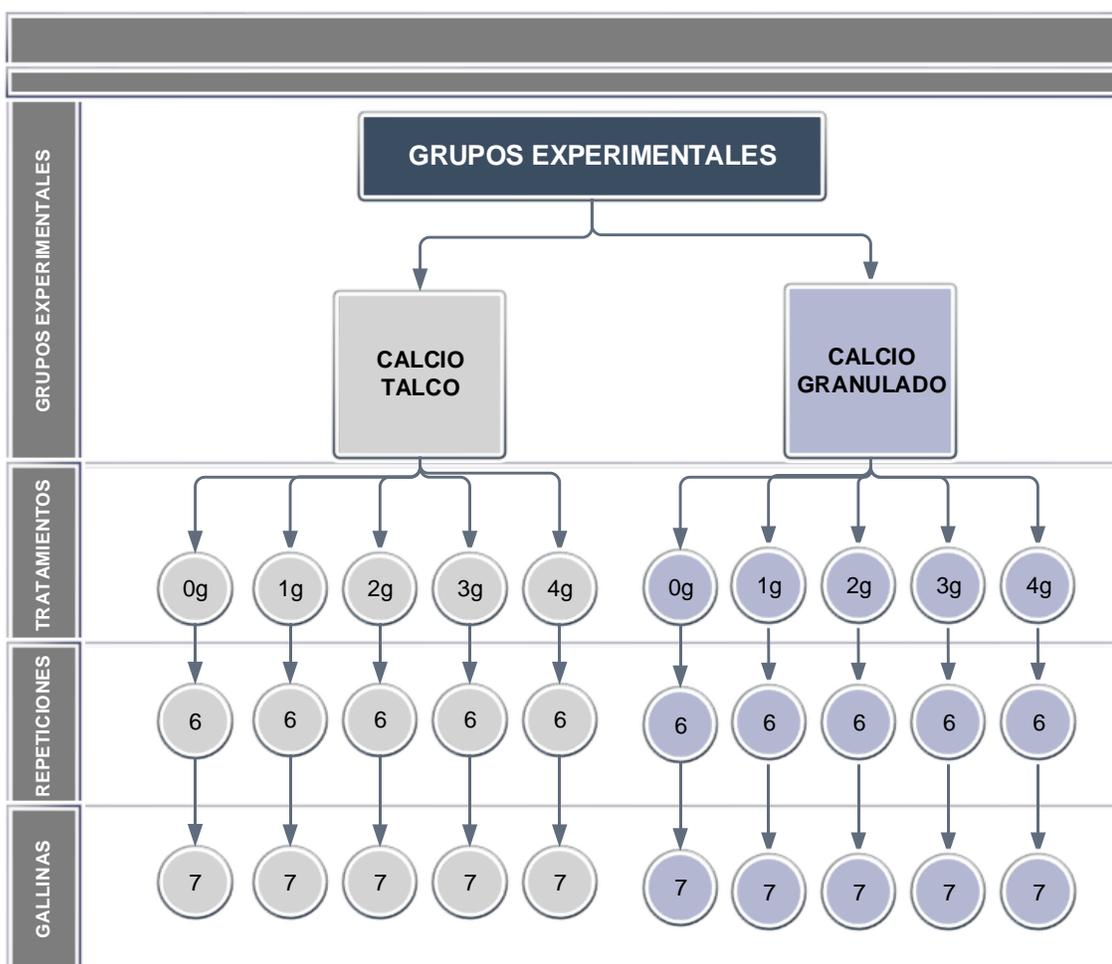
- **Proceso de adaptación de las gallinas:** Posterior al traslado se dieron 15 días para que las gallinas se adaptaran fisiológicamente a su nuevo entorno. Durante este tiempo se les suministró 115g de alimento fase 3 para ave de postura (Anexo 1) y agua de bebida con clorada a 2 ppm (partes por millón). Además, se aprovechó para remplazar las mortalidades que se presentaron, de igual forma se realizó con las gallinas que se encontraron produciendo huevos fárfaros, fisurados, cáscaras delgadas y mala conformación en el cascarón.

## **5.4 Fase experimental**

### **5.4.1 Diseño experimental**

Para el estudio se utilizó un diseño completamente al azar debido a que los animales fueron manejados bajo las mismas condiciones y presentaban el mismo sexo, edad, estirpe, post muda forzada y mismo lote de producción.

- **Inicio del experimento:** El inicio del experimento partió al haber finalizado el proceso de adaptación de las gallinas dentro del módulo experimental.
- **Distribución de los tratamientos:** Las gallinas se distribuyeron en 8 tratamientos + 2 controles, con 6 repeticiones cada uno y cada repetición se formó por 7 gallinas, para tener un total de 420 gallinas (Figura 1).



Fuente: Elaboración propia.

**FIGURA 1. DISTRIBUCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS**

Los niveles de suplementación 0g/ave/día, 1g/ave/día, 2g/ave/día, 3g/ave/día y 4g/ave/día con carbonato de calcio talco y granulado fueron suministrados junto con la dieta basal.

- **Jornada matutina:** La jornada de trabajo inició a las 7:00am y terminó a las 12:00pm. El primer punto a considerar fue el suministro de alimento balanceado fase 3 para ave de postura y el carbonato de calcio a suplementar en forma de granulado y/o talco (dependiendo del tratamiento y el nivel de suplementación). Al momento de suministrar el alimento se supervisó la disposición del agua de bebida y mortalidad.
- **Jornada vespertina:** La jornada dio inició a las 13:00pm y finalizó a las 16:00pm. Durante de esta jornada se suministró el calcio pesado, la recolección de los huevos/ tratamiento/repetición con su respectivo pesaje en gramos y, se llenaron las hojas de registro con los datos obtenidos.
- **Análisis de calidad de los huevos:** Para el análisis de frescura del huevo (UH) y el grosor del cascarón se recolectaron cada 15 días todos los huevos provenientes de los tratamientos, estos se trasladaron hacia el laboratorio (de la misma empresa) ubicado en ciudad de Guatemala donde se analizaron en un máximo de 72 horas.

Dentro del laboratorio se procedió a la evaluación de cada huevo. Como primer punto se midió el peso del huevo en gramos (g), luego se determinó la altura del albumen; ésta se realizó cascando el huevo y midiendo a una distancia de 1cm de la yema con un micrómetro Haugh en micras ( $\mu\text{m}$ ), se midió la porción más densa del albumen. Luego de esto se aplicó la fórmula para sacar las unidades Haugh (uH) en donde se realiza una correlación de la altura del albumen y el peso del huevo. Como segundo punto se midió el grosor del cascarón. Este se realizó retirando la membrana testácea interna y se procedió a medir con un micrómetro el grosor del cascarón.

## 5.5 Variables a medir

- **Masa del huevo:** Es la relación del índice porcentaje de postura multiplicado por el peso del huevo. Se determina mediante la fórmula:

$$\text{Masa del huevo (g)} = (\text{Porcentaje de postura}/100) \times \text{Peso del huevo}$$

- **Peso del huevo:** Es el peso de los huevos en gramos (g) por la cantidad de gallinas que estará compuesta cada repetición (7 gallinas) y se divide por el total de aves presentes por repetición.

$$\text{Peso promedio del huevo (g)} = \frac{\text{huevo1} + \text{huevo2} + \text{huevo3} + \text{huevo4} + \text{huevo5} + \text{huevo6} + \text{huevo7}}{\text{Total de aves por repetición}}$$

- **Porcentaje de postura:** Se determina por el número de huevos promedio recolectados/ave/semana dividido dentro del total de aves promedio/semana por la que está compuesta cada repetición (7gallinas), se representará en porcentaje (%). Se determina mediante la fórmula:

$$\text{Porcentaje de postura (\%)} = \frac{\text{Huevos recolectados promedio/ave/semana}}{\text{Total de aves promedio/ repetición /semana}}$$

- **Unidades Haugh (UH):** Las unidades Haugh sirven para medir la calidad interna del huevo. Se mide la altura de la albúmina en milímetros (mm) que rodea la yema y se toma en cuenta el peso del huevo en gramos (g) para posteriormente aplicar la siguiente fórmula:

$$\text{Unidades Haugh (UH)} = 100 * \text{Log} [\text{altura albumen} + 7.57 - (1.7 * \text{Peso del huevo} \times 0.37)]$$

- **Grosor de cáscara:** Se determina midiendo el grosor de la cáscara en micras ( $\mu\text{m}$ ) de cada huevo producido, será medido cada 15 días. Éste se realizará con un micrómetro.

## 5.6 Análisis de datos

El presente estudio se analizó a través del análisis de varianza en factorial de 2X5. En donde el factor A fueron los tratamientos y el factor B los niveles de suplementación.

**CUADRO 1. PRESENTACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS**

| Grupos experimentales                         | Repeticiones | Niveles de suplementación (g) |   |   |   |   |
|---|--------------|-------------------------------|---|---|---|---|
|   |              | 0                             | 1 | 2 | 3 | 4 |
| <b>TALCO<br/>0.35<math>\mu\text{m}</math></b> | 1            |                               |   |   |   |   |
|   | 2            |                               |   |   |   |   |
|   | 3            |                               |   |   |   |   |
|   | 4            |                               |   |   |   |   |
|   | 5            |                               |   |   |   |   |
|   | 6            |                               |   |   |   |   |
| <b>GRANULADO<br/>2-4mm</b>                    | 1            |                               |   |   |   |   |
|   | 2            |                               |   |   |   |   |
|   | 3            |                               |   |   |   |   |
|   | 4            |                               |   |   |   |   |
|   | 5            |                               |   |   |   |   |
|   | 6            |                               |   |   |   |   |

Fuente: Elaboración propia

Al detectar diferencia significativa se utilizó el análisis de comparación de medias de Tukey.

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1 Resultados

#### 6.1.1 Porcentaje de postura

**CUADRO 2. FUENTES DE VARIACIÓN PARA PORCENTAJE DE POSTURA**

| Fuente                    | SS*       | gl* | MS*    | F*    | p-valor |
|---------------------------|-----------|-----|--------|-------|---------|
| Tamaño de partícula       | 5.863     | 1   | 5.863  | 0.218 | 0.642   |
| Niveles de suplementación | 65.526    | 4   | 16.382 | 0.610 | 0.657   |
| Interacción               | 167.497   | 4   | 41.874 | 1.560 | 0.200   |
| Error                     | 1,342.217 | 50  | 26.844 |       |         |
| Total                     | 1,581.103 | 59  |        |       |         |

(SS= Suma de cuadrados, gl= grados de libertad, MS= Media cuadrática, F= efe calculada)

Fuente: Elaboración propia

Los datos analizados en el cuadro de fuentes de variación (Cuadro 2) no mostraron diferencia significativa ( $p > 0.05$ ) entre los 4 niveles de suplementación y tamaño de partícula con carbonato de calcio en talco y granulado. Igualmente se observa la misma respuesta en lo que respecta a la interacción entre los dos grupos experimentales.

#### 6.1.2 Peso del huevo

**CUADRO 3. FUENTES DE VARIACIÓN PARA PESO DEL HUEVO**

| Fuente                    | SS     | gl | MS    | F     | p-valor |
|---------------------------|--------|----|-------|-------|---------|
| Tamaño de partícula       | 1.387  | 1  | 1.387 | 0.912 | 0.344   |
| Niveles de suplementación | 9.457  | 4  | 2.364 | 1.555 | 0.201   |
| Interacción               | 7.586  | 4  | 1.897 | 1.248 | 0.303   |
| Error                     | 76.006 | 50 | 1.520 |       |         |
| Total                     | 94.436 | 59 |       |       |         |

Fuente: Elaboración propia

En el caso de la variable peso del huevo, se evidenció que no existe diferencia significativa entre los niveles de suplementación, tamaño de partícula con carbonato

de calcio en talco y granulado e interacción entre los tratamientos de los grupos experimentales.

Similares resultados obtuvieron Pelicia et al. (2009) al evaluar el efecto de cuatro niveles de calcio en la dieta y el tamaño de partícula en gallinas de postura al final del primer ciclo de producción concluyeron que no existe diferencia significativa ( $p>0.05$ ) entre los niveles y el tamaño de partícula de calcio.

### 6.1.3 Masa del huevo

**CUADRO 4. FUENTES DE VARIACIÓN PARA MASA DEL HUEVO**

| <b>Factores</b>           | <b>SS</b> | <b>gl</b> | <b>MS</b> | <b>F</b> | <b>p-valor</b> |
|---------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------------|
| Tamaño de partícula       | 0.55      | 1         | 0.55      | 0.04     | 0.839          |
| Niveles de suplementación | 41.88     | 4         | 10.47     | 0.78     | 0.541          |
| Interacción               | 71.95     | 4         | 17.98     | 1.35     | 0.265          |
| Error                     | 667.88    | 50        | 13.35     |          |                |
| Total                     | 782.27    | 59        |           |          |                |

Fuente: Elaboración propia

Para la masa del huevo, los resultados que se observan en el cuadro 4, indican que no se encontró diferencia significativa entre los niveles de suplementación, tamaño de partícula con carbonato de calcio en talco y granulado e interacción entre los tratamientos de los grupos experimentales.

Cufadar et al. (2011) No encontró diferencia significativa en la masa del huevo con gallinas de segundo ciclo de producción utilizando concentraciones de 3.0, 3.6 y 4.2% de calcio, sin embargo, Safaa et al. (2008) demuestra que las gallinas en un ciclo de producción tardío (58 a 73 semanas) requieren más del 3.5% de calcio en la dieta para obtener un mejor rendimiento en relación a la masa del huevo.

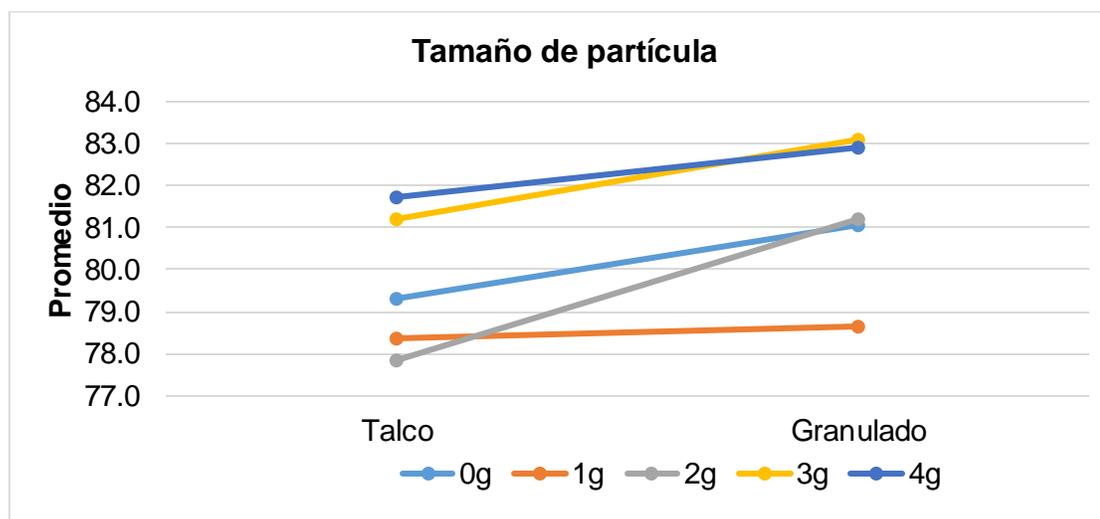
### 6.1.4 Unidades Haugh

**CUADRO 5. FUENTES DE VARIACIÓN PARA UNIDADES HAUGH**

| Factores                  | SS       | gl | MS    | F    | p-valor |
|---------------------------|----------|----|-------|------|---------|
| Tamaño de partícula       | 72.82    | 1  | 72.82 | 6.97 | 0.010   |
| Niveles de suplementación | 221.05   | 4  | 55.26 | 5.29 | 0.001   |
| Interacción               | 25.41    | 4  | 6.35  | 0.61 | 0.658   |
| Error                     | 939.91   | 90 | 10.44 |      |         |
| Total                     | 1,259.19 | 99 |       |      |         |

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro de fuentes de variación (Cuadro 5) se observa que existe diferencia significativa para las unidades Haugh al ( $p < 0.05$ ) en tamaño de partícula y niveles de suplementación. En la interacción de los factores tamaño de partícula y niveles de suplementación, no existe diferencia.



Fuente: Elaboración propia

**FIGURA 2. TAMAÑO DE PARTÍCULA**

Los tratamientos suplementados con un tamaño de partícula de 2 a 4 mm, siendo éste el granulado, tienen una interacción positiva para la variable respuesta (unidades Haugh) contra los tratamientos suplementados con calcio talco. Para los

niveles de suplementación se observa en la figura 2 que los tratamientos que presentan una mayor concentración de calcio granulado, siendo estos 3g y 4g de carbonato de calcio fueron superiores a los demás.

Los resultados no concuerdan con Pizzolante, Saldanha, Lagaña, Kakimoto, & Togashi , (2009) en donde evaluaron el efecto de dos niveles 3.5% y 4.0% de carbonato de calcio y tres tamaños de partícula compuesta por: 100% carbonato fino, 30% carbonato grueso + 70% carbonato fino y 50% carbonato grueso + 50% carbonato fino, sobre el rendimiento de ponedoras Hy-Line Brown en el segundo ciclo de postura, en donde concluyó que no se encontró diferencia significativa entre los niveles de calcio en la dieta y el tamaño de partícula, no influyendo en la calidad del huevo producido por gallinas sometidas a un segundo ciclo de postura.

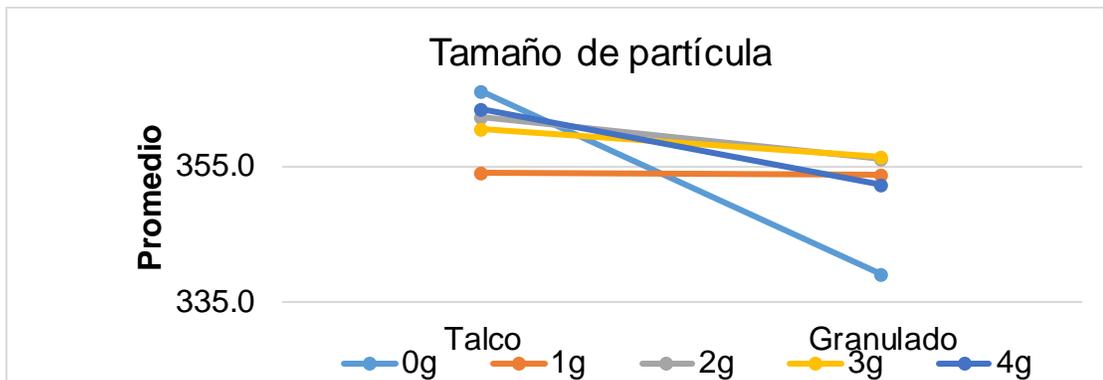
#### 6.1.5 Grosor de cáscara

**CUADRO 6. FUENTES DE VARIACIÓN PARA GROSOR DE CÁSCARA**

| <b>Factor</b>             | <b>SS</b> | <b>gl</b> | <b>MS</b> | <b>F</b> | <b>p-valor</b> |
|---------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------------|
| Tamaño de partícula       | 2,336.11  | 1         | 2,336.11  | 24.74    | 3.124E-06      |
| Niveles de suplementación | 705.72    | 4         | 176.43    | 1.87     | 1.228E-01      |
| Interacción               | 2,184.17  | 4         | 546.04    | 5.78     | 3.454E-04      |
| Error                     | 8,498.33  | 90        | 94.43     |          |                |
| Total                     | 13,724.33 | 99        |           |          |                |

Fuente: Elaboración propia

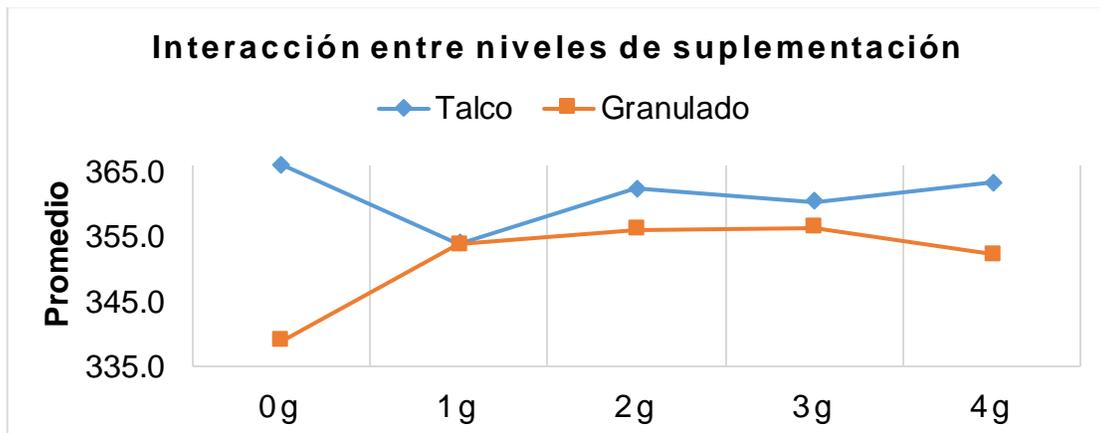
En el cuadro 6 se observa que para la variable grosor de cáscara, existe diferencia altamente significativa al ( $p < 0.01$ ) en el tamaño de partícula e interacción entre los factores. En los niveles de suplementación al ( $p < 0.05$ ) no existe diferencia significativa.



Fuente: Elaboración propia

**FIGURA 3. TAMAÑO DE PARTÍCULA**

Los tratamientos suplementados con un tamaño de partícula de  $0.35 \mu\text{m}$  siendo éste el calcio talco, posee interacción positiva para la variable respuesta (grosor de cáscara) contra los tratamientos suplementados con carbonato de calcio granulado. Se exceptúa la concentración de 1g debido a que resulta no ser importante sobre la influencia en la variable respuesta, así como se observa en la figura 3.



Fuente: Elaboración propia

**FIGURA 4. INTERACCIÓN ENTRE NIVELES DE SUPLEMENTACIÓN**

Para la comparación de medias que se representa en la figura 4, podemos observar que al suplementar 1g de carbonato de calcio talco y granulado se observa

interacción entre los factores de tamaño de partícula y niveles de suplementación, existiendo la misma respuesta entre los mismos.

Los tratamientos con talco obtuvieron la mejor concentración de carbonato de calcio pudiéndose atribuir a que el talco por ser de partícula pequeña se absorbió con mayor facilidad, siendo este más digestible que el tratamiento con calcio granulado.

Estos datos difieren de lo encontrado por Pizzolante, et al. (2009) quienes no encontraron diferencia significativa en el grosor de la cáscara, al evaluar dos niveles de calcio 3.5% y 4.0% con distintos tamaños de partícula de carbonato de calcio en gallinas ponedoras Hy-Line Brown sometidas a segundo ciclo de postura.

Woo et al. (2012) menciona que las gallinas ponedoras poseen un tipo especial de hueso llamado: hueso medular, que se encuentra en las cavidades de la médula, éste realiza aportes diarios del 35 al 40% de calcio en la cáscara de huevo producido mientras que el calcio restante lo aporta la dieta. Arango, (2011) afirma que las partículas con un tamaño inferior a 1mm, son de rápida solubilidad. Por esta razón se cree que el tamaño de partícula de carbonato de calcio talco fue superior y que tuvo un mejor efecto positivo en la cáscara del huevo. Leeson & Summers, en su "*Nutrition of the chicken*", (2001) afirman que cuando la gallina no llena adecuadamente los requerimientos de calcio en la dieta para satisfacer sus necesidades, la secreción de la hormona paratiroidea se incrementa, provocando que una mayor cantidad de reservas de calcio se movilice desde el hueso para cubrir la deficiencia que ésta presenta. Sin embargo, con una deficiencia aguda de calcio, la producción de huevos cesa y el hueso medular se reabsorbe gradualmente.

## VII. CONCLUSIONES

- Según las variables porcentaje de postura, peso del huevo, masa del huevo, unidades Haugh y grosor de cáscara evaluadas dentro del estudio, se obtuvo diferencia significativa para unidades Haugh y grosor de cáscara al ( $p < 0.05$ ).
- La suplementación con carbonato de calcio granulado tiene efecto positivo sobre las unidades Haugh en gallinas Dekalb post muda forzada existiendo diferencia significativa al ( $p < 0.05$ ) en tamaño de partícula. La misma respuesta corresponde para los niveles de suplementación con 3 y 4g de carbonato de calcio, siendo éstos los mejores tratamientos contra los demás y no existiendo diferencia entre los mismos.
- La suplementación de carbonato de calcio en talco tiene efecto positivo sobre el grosor de la cáscara del huevo en gallinas Dekalb post muda forzada, existiendo diferencia altamente significativa ( $p < 0.01$ ) en el tamaño de partícula. De esta forma evita la movilización de calcio en los huesos medulares en grandes cantidades y alarga la vida útil de las gallinas.
- El porcentaje de postura, peso y masa del huevo no fueron influenciados por los tratamientos, tanto en niveles de suplementación como tamaño de partícula. Aun así, los valores obtenidos no obtuvieron efectos negativos sobre estos parámetros.

## **VIII. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda suplementar con carbonato de calcio talco en gallinas Dekalb post muda forzada para tener efectos positivos en la cáscara y que ésta tenga el grosor capaz de soportar la manipulación durante el procesamiento de los huevos, evitando la rotura.
- Considerar el aumento en los niveles de Calcio granulado en la dieta basal, por encima de 3g adicional al requerimiento establecido por animal en gallinas sometidas a muda forzada como una herramienta útil para mejorar las unidades Haugh del huevo.
- Se recomienda realizar un análisis similar al presente con respecto a las unidades Haugh en huevos de 15 días de producidos, para determinar su vida en anaquel.

## IX. RESUMEN

Conforme avanzan en edad, las gallinas tienen la capacidad de producir huevos de mayor tamaño, pero de menor calidad. En el presente estudio se seleccionaron 420 gallinas Dekalb blancas, post muda forzada de 93 semanas de edad evaluando durante 10 semanas el efecto de la suplementación con carbonato de calcio en talco y granulado, a cuatro niveles 1g; 2g; 3g; 4g/ave/día sobre la calidad del huevo comercial en términos de porcentaje de postura, peso del huevo (g), masa de huevo (g), unidades Haugh (uH) y grosor de la cáscara ( $\mu\text{m}$ ). Las gallinas fueron distribuidas en 8 tratamientos + 2 controles con 6 repeticiones cada uno y cada repetición formada por 7 unidades experimentales para un total de 42 aves por tratamiento, utilizando un diseño completamente al azar. Diariamente se tomaron datos en hojas de registro que posteriormente fueron sometidos a análisis de varianza mediante el programa estadístico InfoStat. Según las variables porcentaje de postura, peso del huevo, masa del huevo, unidades Haugh y grosor de cáscara evaluadas, se obtuvo diferencia significativa para unidades Haugh y grosor de cáscara al ( $p < 0.05$ ). La suplementación con carbonato de calcio granulado tuvo efecto positivo sobre las unidades Haugh existiendo diferencia significativa al ( $p < 0.05$ ) en tamaño de partícula. La misma respuesta corresponde para los niveles de suplementación con 3 y 4g de carbonato de calcio, siendo éstos los mejores tratamientos contra los demás y no existiendo diferencia entre los mismos. En cuanto para los tratamientos suplementados con carbonato de calcio talco, hubo efecto positivo sobre el grosor de la cáscara del huevo, existiendo diferencia altamente significativa ( $p < 0.01$ ) para tamaño de partícula. Al utilizar calcio talco evita la movilización de calcio en los huesos medulares en grandes cantidades, alargando la vida útil de las gallinas. Por lo tanto, se recomienda suplementar con carbonato de calcio talco en gallinas Dekalb post muda forzada a 93 semanas de edad, para tener efectos positivos sobre la cáscara y que ésta tenga el grosor capaz de soportar la manipulación durante el procesamiento de los huevos, evitando la rotura.

## SUMMARY

As they advance in age, hens have the capacity to produce larger eggs, but with lower quality. In the present study, 420 white Dekalb hens of 93 weeks old forced post-molt, were selected, evaluating for 10 weeks the effect of calcium carbonate supplementation on powder and granules, at four levels 1g; 2 g; 3g; 4g per bird per day on commercial egg quality in terms of percentage of laying, egg weight (g), egg mass (g), Haugh units (uH) and shell thickness ( $\mu\text{m}$ ). The hens were distributed in 8 treatments + 2 controls with 6 repetitions each and each repetition formed by 7 experimental units for a total of 42 birds per treatment, using a completely randomized design. Daily data were taken in registration sheets that were subsequently subjected to analysis of variance through the statistical program "InfoStat". According to the factors of percentage of posture, egg weight, egg mass, Haugh units and shell thickness evaluated, a significant difference was obtained for Haugh units and shell thickness at ( $p < 0.05$ ). Supplementation with granulated calcium carbonate had a positive effect on Haugh units, there being a significant difference at ( $p < 0.05$ ) in particle size. The same answer corresponds to the levels of supplementation with 3 and 4g of calcium carbonate, these being the best treatments against others and there is no difference between them. As for the treatments supplemented with calcium carbonate powder, there was a positive effect on the thickness of the eggshell, there being a highly significant difference ( $p < 0.01$ ) for particle size. By using calcium carbonate powder prevents the mobilization of calcium in the marrow bones in large quantities, extending the life of the hens. Therefore it is recommended to supplement with calcium carbonate powder in forced post-molt Dekalb chickens at 93 weeks of age, to have positive effects on the shell and that it has the thickness capable of supporting handling during the processing of eggs, avoiding the break of it.

## X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arango, G. D. (2011). Formación de la cáscara del huevo: el papel del calcio. *XXII Congreso Latinoamericano de Avicultura 2011*. Medellín, Colombia. Obtenido de El Sitio Avícola: <https://www.engormix.com/avicultura/articulos/alimentacion-de-gallinas-ponedoras-t29028.htm>
- Arenas, C. (2016). *Caracterización de la calidad de cáscara de huevo blanco en planteles avícolas comerciales en Chile y su relación con determinados factores de producción*. Chile: Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias.
- Butcher, G. D., & Miles, R. (2003). Concepts of eggshell quality. *University of Florida*, 2. Obtenido de <http://edis.ifas.ufl.edu/pdf/VM/VM01300.pdf>
- Carrasco, F. (2006). *Calidad de la cáscara de huevo, como afecta, como mejorarla*. Recuperado el 10 de marzo de 2019, de <https://ws.scribd.com/doc/50811631/El-huevo>.
- Correa Cardona, H. (2009). *Ritmos circadianos en el metabolismo del calcio en aves de postura*. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- Coutts, J. A., & Wilson, G. C. (2007). *Manual práctico de Calidad del Huevo*. Queensland, Australia: DSM Nutricional Products.
- Cuca García, M. (2005). *Estudios recientes con calcio en gallinas de postura*. Artículo Técnico, Programa de Ganadería, IREGEP, Montecillo, México. Recuperado el 11 de marzo de 2019, de <https://www.engormix.com/avicultura/articulos/estudios-recientes-con-calcio-t26033.htm>

- Cufadar, Y., Olgun, O., & Yildiz, A. (2011). *The effect of dietary calcium concentration and particle size on performance, eggshell quality, bone mechanical properties and tibia mineral content in moulted laying hens*. Selcuk University, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Konya, Turkey. Recuperado el 21 de Septiembre de 2019, de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22221242>
- Deusto, U. (2013). *University of Deusto*. Recuperado el 10 de marzo de 2019, de [https://weblab.deusto.es/olarex/cd/UD/Incubator\\_ES\\_final/index.html](https://weblab.deusto.es/olarex/cd/UD/Incubator_ES_final/index.html)
- Elaroussi, M., Forte, L., Eber, S., & Biellier, H. (1994). *Calcium homeostasis in the laying hen. Age and dietary calcium effects*. Columbia, Misuri, Estados Unidos: Department of Animal Sciences, University of Missouri. Recuperado el Agosto de 2019, de [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=1994+Oct%3B73\(10\)%3A1581-9](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=1994+Oct%3B73(10)%3A1581-9).
- FEDNA. (2017). *Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición*. Obtenido de [http://www.fundacionfedna.org/ingredientes\\_para\\_piensos/fuentes-de-calcio](http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/fuentes-de-calcio)
- Gairal, N. M. (febrero de 2015). *Veterinariadigital*. Obtenido de <https://www.veterinariadigital.com/articulos/fisiologia-de-la-puesta-de-la-gallina/>
- Gavidia, M. C. (30 de 1 de 2017). *Actualidad Avipecuaria*. Obtenido de <http://www.actualidadavipecuaria.com/articulos/muda-forzada-en-gallinas-ponedoras.html>
- Hernández Sanchez, J., Cuca García, M., Pró Martínez, A., González Alcorta, M., & Becerril Pérez, C. (Febrero de 2004). Nivel óptimo biológico y económico de calcio en gallinas Leghorn blancas de segundo ciclo de postura. Agro-

*ciencia*, 49-57. Recuperado el Agosto de 2019, de <https://www.colpos.mx/agrocien/Bimestral/2006/ene-feb/art-5.pdf>

Huyghebaer, G. (2006). Fisiología de la puesta, con énfasis en la cáscara. *Conferencia de DSM Nutritional Products*, (págs. 227-228). Guadalajara.

INSIVUMEH. (2019). Recuperado el 28 de marzo de 2019, de Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología: <http://www.insivumeh.gob.gt>

Instituto de Estudios del Huevo. (octubre de 2009). *El gran libro del huevo*. Madrid, España: S.A, Editorial Everest. Recuperado el 9 de marzo de 2019, de <http://institutohuevo.com/wp-content/uploads/2017/07/EL-GRAN-LIBRO-DEL-HUEVO.pdf>

Koutoulis, Kyriazais, Perry, & Lewis. (2009). Effect of Different Calcium Sources and Calcium Intake on Shell quality and bone characteristics of laying hens at sexual maturity and end of lay. En I. J. 8. England: Asian Network for Scientific Information.

Leeson, S., & Summers, J. (2005). *Comercial Poultry Nutrition* (Vol. 3rd edition). Guelph, Ontario, Canada: Nottingham University Press. Recuperado el 29 de marzo de 2019

Leeson, S., & Summers, J. D. (2001). *Nutrition of the chicken* (4th ed.). Guelph, Ontario, Canada: University Books.

Lozano Veintimilla, C. A. (2015). Evaluación de diferentes niveles de calcio en la alimentación de gallinas ponedoras de la línea Isa Brown y su efecto sobre la calidad del huevo. *Tesis de grado para la obtención de medico veterinario*

y zootecnista. Recuperado el 10 de marzo de 2019, de <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/10261/1/Cristian%20An%C3%ADbal%20Lozano%20Veintimilla.pdf>

Negoita, I., Barbuceanu, F., Dojana, N., & Balaceanu, R. (2018). *The effect of diferent dietary calcium levels on calcium metabolism in laying hens*. University of Agronomical Sciences and Veterinary Medicine of Bucharest, Institute of Diagnosis and Animal Health. Bucharest, Romania: Faculty of Veterinary Medicine. Recuperado el 1 de Agosto de 2019

*Nutrition management Guide Dekalb*. (2014). Hendrix Genetics.

Pelicia, K., Garcia, E., Mori, C., Faitarone, A., Silva , A., Molino, A., . . . Berto, D. (2009). Calcium levels and limestone particle size in the diet of commercial layers at the end of the first production cycle. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 11(2). Recuperado el Agosto de 2019, de [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-635X2009000200003](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-635X2009000200003)

Pellecer, J. (2006). Trabajo de Graduación realizado en los sectores El Recreo El Rincón Villa Canales. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Departamento de Guatemala: Facultad de Agronomía USAC.

Pintado, D. C. (febrero de 2016). *aviNews*. Obtenido de <https://avicultura.info/calidad-huevo-en-el-punto-de-mira-calidad-interna/>

Pizzolante, Saldanha, Lagaña, C., Kakimoto, S., & Togashi , C. (Junio de 2009). Effects of calcium levels and limestone particle size on the egg quality of semi-heavy layers in their second production cycle. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 11, 82-84. Recuperado el Agosto de 2019

- Safaa, H., Serrano, M., Valencia, D., Frikha, M., Jiménez Moreno, E., & Mateos, G. (2008). *Productive performance and egg quality of brown egg-laying hens in the late phase of production as influenced by level and source of calcium in the diet*. Universidad Politécnica de Madrid, Departamento de Producción Animal, Madrid, España. Recuperado el 20 de Septiembre de 2019, de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18809867>
- Salazar Sáenz, G. Y. (2008). *Evaluación de la adición de minerales orgánicos vrs. minerales orgánicos, sobre la calidad externa de la cáscara de huevo en gallinas ponedoras comerciales en jaula*. Tesis de grado para la obtención de médico veterinario, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado el 16 de 9 de 2019
- Sanmiguel, R. A., Mejía, G. R., Lozano , L. M., & Castañeda, R. D. (2016). Evaluación de diferentes granulometrías de calcio en la alimentación de gallinas ponedoras. *Revista Ciencia y Agricultura*, 67-72.
- Trujillo, R. G., Berrocal, J., Moreno, L., & Ferrón, G. (2009). *Producción ecológica de gallinas ponedoras*. Almería, España.: Consejería de Agricultura y Pesca.
- Wineland, Michael. (abril de 2015). El Sitio Avícola. *Seminario Internacional de Incubación y Producción de Pollos de Engorde, AMEVEA*. Bogotá, Colombia. Recuperado el 10 de marzo de 2019, de El Sitio Avícola: <http://www.elsitioavicola.com/articles/2757/ncamo-respira-el-embrian/>
- Woo, K. K., Bloomfield, Sugiyama, & Ricke. (2012). *Conceptos y métodos para comprender el metabolismo óseo en gallinas ponedoras*. Universidad de Georgia, Regeneratibe Biosciense Center. Manitoba, Canada: World's Poultry Science Journal. Recuperado el 13 de Septiembre de 2019, de [http://rbc.uga.edu/leaders/Woo\\_Kim.php](http://rbc.uga.edu/leaders/Woo_Kim.php)

# **XI. ANEXOS**

**CUADRO 1. COMPOSICIÓN DEL ALIMENTO FASE 3 PARA AVE DE POSTURA**

| <b>Ingredientes</b>                    | <b>%</b>      |
|--|---------------|
| Maiz amarillo molido                   | 60.943        |
| Harina de soya solvente                | 24.900        |
| Carbonato de calcio grueso             | 9.000         |
| Carbonato de calcio fino               | 1.500         |
| Fosfato monocalcico                    | 0.670         |
| Sal Fina                               | 0.315         |
| Sesquicarbonato de sodio               | 0.072         |
| DL-Metionina                           | 0.346         |
| Lisina Sulfato                         | 0.155         |
| L-Treonina                             | 0.115         |
| L-Triptofano                           | 0.005         |
| Betaglucanos con aluminosilicatos      | 0.100         |
| Xilanas (enzima)                       | 0.005         |
| Fitasa (enzima)                        | 0.012         |
| Monopropilenglicol                     | 0.059         |
| Premezcla vitamínica-mineral comercial | 0.200         |
| Aceite de Soya                         | 0.500         |
| Aceite de Palma                        | 1.100         |
| <b>TOTAL</b>                           | <b>100.00</b> |

Fuente: Elaboración propia

| <b>Valores Nutricionales</b>         | <b>%</b> |
|--------------------------------------|----------|
| Proteína cruda                       | 16.19    |
| Calcio                               | 4.40     |
| Fosforo disponible                   | 0.37     |
| Sodio                                | 0.18     |
| Cloro                                | 0.24     |
| Energía metabolizable aves (mcal/kg) | 2850.00  |
| Lisina digestible                    | 0.80     |
| Metionina digestible                 | 0.56     |
| Metionina+cistina digerible          | 0.78     |
| Ac.linoleico (c18:2)                 | 1.61     |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla se observa el alimento balanceado fase 3 para ave de postura, el cual fue suministrado como la dieta basal para todos los tratamientos.

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
ESCUELA DE ZOOTECNIA**

**EVALUACIÓN DE CALIDAD DE HUEVO COMERCIAL EN  
GALLINAS DEKALB POST MUDA FORZADA SUPLEMENTADAS  
CON CUATRO NIVELES DE CALCIO EN FORMA DE TALCO Y  
GRANULADO**

f. \_\_\_\_\_  
LUIS DIEGO ALVAREZ ORELLANA

f. \_\_\_\_\_  
Lic. Zoot. Miguel Ángel Rodenas Argueta  
ASESOR PRINCIPAL

f. \_\_\_\_\_  
M.Sc. Lucrecia Emperatriz Motta  
Rodríguez  
ASESORA

f. \_\_\_\_\_  
Lic. Zoot. Hugo Sebastián Peñate Moguel  
EVALUADOR

IMPRIMASE

f. \_\_\_\_\_  
M.A. Gustavo Enrique Taracena Gil  
DECANO