



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA  
AGRICULTURA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO AGROPECUARIO**

**TEMA: ADICIÓN DE CUATRO NIVELES DE FOSFATIDILCOLINA  
(BIOCHOLINE) EN LA DIETA DE GALLINAS LOHMANN BROWN-  
CLASSIC EN TERCERA FASE DE PRODUCCION**

**AUTOR: MENA BUSTAMANTE, CARLOS EDUARDO**

**DIRECTOR: ORTIZ MANZANO, MARIO LEONARDO**

**SANGOLQUI**

**2018**



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA  
AGRICULTURA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que el trabajo de titulación, "*ADICIÓN DE CUATRO NIVELES DE FOSFATIDILCOLINA (BIOCHOLINE) EN LA DIETA DE GALLINAS LOHMANN BROWN- CLASSIC EN TERCERA FASE DE PRODUCCION*" fue realizado por el señor *Mena Bustamante, Carlos Eduardo* el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente..

**Sangolquí, 20 de febrero de 2018**

Mario Leonardo Ortiz Manzano

**DIRECTOR**

**C.C. 060206543-5**



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA  
AGRICULTURA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**

Yo, *Mena Bustamante, Carlos Eduardo*, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: “*Adición de cuatro niveles de fosfatidilcolina (biocholine) en la dieta de gallinas Lohmann brown- classic en tercera fase de producción*” es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

**Sangolquí, 20 de febrero de 2018**

  
.....  
Carlos Eduardo Mena Bustamante  
C.C. 1726687682



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA  
AGRICULTURA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

AUTORIZACIÓN

Yo, *Mena Bustamante, Carlos Eduardo* autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: “*Adición de cuatro niveles de fosfatidilcolina (biocholine) en la dieta de gallinas Lohmann brown- classic en tercera fase de producción*” en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, 20 de febrero de 2018



.....  
Carlos Eduardo Mena Bustamante

C.C. 1715849582

## **DEDICATORIA**

A mis padres, por apoyarme siempre, porque han contribuido en mi formación al ser mi guía desde que nací y por respetar y apoyar mis decisiones.

A mi hermana María Gabriela por ser un ejemplo a seguir y por ser como una segunda madre.

A mi Cuñado Koke por ser como mi hermano mayor y mi apoyo incondicional.

A mi Valentina por ser la mujer que me entiende, que me apoya, que con su dulzura cambia mis peores días y que con su sonrisa me envuelve y me enamora.

A mis sobrinos Nacho y Sofi que son mi alegría.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE y en especial al Instituto Superior Andino (IASA), por la formación académica impartida.

Al Ing. Mario Ortiz por la apertura al desarrollo del proyecto de investigación.

A Don Nelson por la colaboración en el proyecto.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

### CARÁTULA

CERTIFICACIÓN ..... i

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD ..... ii

AUTORIZACIÓN ..... iii

DEDICATORIA ..... iv

AGRADECIMIENTOS ..... v

ÍNDICE DE CONTENIDOS ..... vi

ÍNDICE DE TABLAS ..... ix

ÍNDICE DE FIGURAS ..... x

RESUMEN ..... xi

ABSTRACT ..... xii

### CAPÍTULO I

#### INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes ..... 1

1.2 Justificación ..... 2

1.3 Planteamiento del Problema ..... 4

1.3.1 El Problema ..... 4

1.3.2 Los Efectos ..... 4

1.3.3 Las Causas ..... 5

1.4 Objetivos ..... 5

1.4.1 Objetivo General ..... 5

1.4.2 Objetivos Específicos ..... 5

1.5 Hipótesis ..... 6

### CAPÍTULO II

#### REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 La Avicultura en el Ecuador ..... 7

2.1.1 Producción de huevos en el Ecuador ..... 8

2.2 Colina ..... 9

2.2.1 Fuentes de colina ..... 9

2.2.2 Cloruro de colina ..... 10

2.2.3 Fosfatidilcolina (colina de origen natural) ..... 10

2.2.4 Importancia de la fosfatidilcolina ..... 11

2.2.5	Beneficios de la fosfatidilcolina.....	11
2.3	Características de las aves Lohmann Brown.....	12
2.3.1	Lohmann Brown- Classic.....	13
2.3.2	Necesidades nutricionales de la línea Lohmann Brown- Classic.....	13
2.3.3	Consumo de alimento.....	13
2.3.4	Periodo de postura.....	14
2.3.4.1	Requerimientos Nutricionales para la Fase 3.....	14
2.4	Calidad del Huevo.....	16
2.4.1	Unidades Haugh.....	17
2.4.2	La altura de la clara.....	18
2.4.3	En la calidad de la yema.....	18
2.5	Síndrome del Hígado Graso.....	19
2.5.1	Síntomas.....	20
2.5.2	Lesiones.....	20
2.5.3	Factores que favorecen el desarrollo de FLHS.....	20
2.5.4	Diagnóstico.....	21
2.5.5	Importancia Económica.....	21
2.5.6	Prevención.....	22

### **CAPÍTULO III**

#### **METODOLOGÍA**

3.1	Ubicación del lugar de investigación.....	24
3.1.1	Ubicación Geográfica.....	24
3.1.2	Ubicación Ecológica.....	24
3.2	Materiales.....	25
3.3	Métodos.....	26
3.3.1	Selección de las gallinas.....	26
3.3.2	Aplicación de los tratamientos.....	26
3.3.3	Periodo de ambientación.....	27
3.3.4	Recolección de datos.....	27
3.3.5	Diseño Experimental.....	28
3.3.5.1	Factores de estudio y tratamientos.....	29
3.3.5.2	Unidades experimentales.....	29

3.3.5.3	Croquis del diseño.....	30
3.3.6	Análisis Estadístico .....	30
3.3.6.1	Esquema de análisis de varianza .....	30
3.3.6.2	Coeficiente de variación.....	31
3.3.7	Variables .....	32
3.3.7.1	Mortalidad y Viabilidad .....	32
3.3.7.2	Evaluación de la calidad del huevo .....	32
3.3.7.3	Unidades Haugh .....	33
3.3.7.4	Índice de eficiencia productiva (IEP).....	34
3.3.7.5	Costo de las Dietas .....	34
3.3.7.6	Análisis económico .....	34
3.3.8	Métodos Específicos de Manejo del Experimento.....	35

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS**

4.1	Resultados.....	36
4.1.1	Mortalidad y Viabilidad .....	36
4.1.2	Calidad de huevo.....	36
4.1.2.1	Calidad de la cáscara.....	36
4.1.2.2	Unidades Haugh y altura de la albumina .....	37
4.1.2.3	Coloración del Yema.....	38
4.1.3	Índice productivo .....	38
4.1.4	Número de huevos.....	39
4.1.5	Peso de huevos .....	40
4.1.6	Análisis marginal del costo de producción .....	41

## **CAPÍTULO V**

### **DISCUSIÓN**

## **CAPÍTULO VI**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

6.1	Conclusiones .....	48
6.2	Recomendaciones.....	49
6.3	Bibliografía.....	50

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	<i>Datos de Producción de la línea Lohmann Brown- Classic .....</i>	13
<b>Tabla 2</b>	<i>Niveles recomendados para ponedoras Lohmann Brown- Classic Fase 3 por kg de alimento para diferentes consumos diarios después de la semana 65 .....</i>	15
<b>Tabla 3</b>	<i>Aportes recomendados de Micronutrientes para ponedoras Lohmann Brown- Classic Fase 3 después de la semana 65.....</i>	16
<b>Tabla 4</b>	<i>Calidad del huevo y su relación con las unidades HAUGH .....</i>	18
<b>Tabla 5</b>	<i>Esquema del experimento a emplearse .....</i>	29
<b>Tabla 6</b>	<i>Esquema del experimento.....</i>	30
<b>Tabla 7</b>	<i>Análisis de varianza para un DCA con cuatro tratamientos y 15 repeticiones. ....</i>	31
<b>Tabla 8</b>	<i>Calidad del huevo y su relación con las unidades HAUGH .....</i>	34
<b>Tabla 9</b>	<i>Porcentajes de Mortalidad y Viabilidad de cada tratamiento.....</i>	36
<b>Tabla 10</b>	<i>Medias de dureza y fuerza del cascaron .....</i>	37
<b>Tabla 11</b>	<i>Altura de la albumina y unidades Haugh.....</i>	37
<b>Tabla 12</b>	<i>Coloración de la yema .....</i>	38
<b>Tabla 13</b>	<i>Porcentaje del índice productivo .....</i>	39
<b>Tabla 14</b>	<i>Cantidad de huevos día.....</i>	40
<b>Tabla 15</b>	<i>Raíz del peso de los huevos por día por jaula.....</i>	40
<b>Tabla 16</b>	<i>Análisis de dominancia .....</i>	41
<b>Tabla 17</b>	<i>Análisis Marginal de los tratamientos no dominados.....</i>	42

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Aves producidas tras patio en el 2016 .....	7
<b>Figura 2</b>	Aves producciones en planteles avícolas 2016.....	8
<b>Figura 3</b>	Número de aves ponedoras en planteles avícolas 2016.....	8
<b>Figura 4</b>	Estructura química de la colina inorgánica.....	10
<b>Figura 5</b>	Estructura molecular de la fofatidilcolina.....	11
<b>Figura 6</b>	Pesaje de las Gallinas.....	26
<b>Figura 7</b>	Implementación del Experimento.....	27
<b>Figura 8</b>	Medidor digital de huevos NABBEL DTE 6000 .....	28
<b>Figura 9</b>	Porcentaje del índice Productivo .....	39
<b>Figura 10</b>	Análisis de Dominancia.....	41

## RESUMEN

En la presente investigación se evaluó los efectos de cuatro niveles de fosfatidilcolina (biocholine) en la dieta de gallinas Lohmann Brown- Classic en tercera fase de producción. Para este estudio se aplicó un DCA con cuatro tratamientos, 15 repeticiones y el tamaño de la unidad experimental fue de 5 aves. Se utilizaron un total de 300 gallinas ponedoras de línea Lohman Brown – Classic en tercera fase de producción, alojadas en un sistema de 3 pisos que estaban divididos en jaulas que contenían 5 gallinas, se utilizaron un total de 60 jaulas con bebederos individuales y comederos separados. Las variables medidas fueron calidad de huevo (unidades haugh), color de la yema, altura de la albumina, índice productivo, mortalidad, viabilidad, producción y peso de huevos diario. Con las medias de las variables se realizó análisis de varianza y la prueba de significancia según el modelo prueba mínima de diferencias (LSD) Fisher, en la evaluación económica se realizó un análisis marginal. Los animales muertos del T0 presentaron cresta pálida y falta de apetito mientras que la muerte de los animales del T3 fue provocada por lastimaduras. Todos los tratamientos y el testigo no presentan una diferencia significativa en las medias grosor de la cáscara y la resistencia del cascaron. La altura de la albumina y las unidades Haugh se obtuvieron a través del medidor digital de huevos NABEL DTE 6000, de cada tratamiento fueron comparadas las medias donde no se encontraron diferencia significativa.

### **PALABRAS CLAVE:**

- **FOSFATIDILCOLINA**
- **AVES DE POSTURA**
- **BIOCOLINA**

## ABSTRACT

In the present research, it was evaluated four levels of phosphatidyl choline (biocholine) in Lohmann Brown – Classic hens in third phase of production. Completely randomized design with four treatments and 15 repetitions was applied. The sampling size was 5 birds. 300 Lohmann Brown – Classic laying hens in third phase of production were used. They were located in a system of 3 floors divided into birdcage with 5 hens for each one. A total of 60 birdcage with individual drinking fountains and separated feeders each one. The measured variables were egg quality (Haugh units), egg yolk color, albumin's height, productive index, mortality, viability, daily eggs production and weight. The variables averages were used to variance analysis and meaningful test by Fisher's Least Significant Difference (LSD),  $\alpha=0,05$  and 95% reliability. Marginal analysis was used to economical evaluation.

The mortality was found under 5% considered commercial limit. T0's dead animals showed a pale comb and loss of appetite while T3's deaths were due to injuries. All the treatments included the witness, didn't show a significant difference in the shell thickness and shell resistance averages. Albumin's height and Haugh units was obtained through eggs digital measurer NABEL DTE 6000, but the comparisons between averages were not meaningful different. T2 and T1 got a mayor productive index percentage compared to T0 and T3. T1 which used 160g/tn produced a marginal return rate of 8,38 while T2 which used 240g/tn showed 10,2.

### KEY WORDS:

- PHOSPHATIDYLCHOLINE
- LAYING HENS
- BIOCHOLINE

## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN

#### 1.1 Antecedentes

En las últimas décadas en un intento por satisfacer la creciente demanda de alimentos, en específico de huevos (INEC, 2016). Las producciones avícolas han mejorado considerablemente la selección genética creando animales altamente productivos y eficientes. Pero para satisfacer la demanda nutricional de estos animales hubo que crear dietas altamente nutritivas (Luna & Reyes, 2011).

Ante la presión productiva a que son sometidas las actuales aves de postura, bajo un sistema muy intensivo que hace que las aves presenten con mucha frecuencia problemas de retardo en el crecimiento, hígado graso y perosis (Antillón & López, 1987). Con lo cual se ven afectados parámetros como desempeño productivo, peso y tamaño de huevo además de la vida útil de las mismas. Una nutrición no equilibrada y la presión productiva provocan ciertos trastornos y enfermedades, los cuales se reflejan en producción (Navarri, 2000).

Dentro del Proyecto avícola de la Hacienda el Prado-IASA I, se desarrollaron diferentes formas de mejorar la producción de huevos a partir del manejo nutricional. Al igual que en el resto del país, el rendimiento no se ha optimizado por efecto de la aparición de ciertas patologías, como el hígado graso que provoca una baja repentina de la producción que puede ir más allá del 30% en gallinas viejas (Shivaprasad, 2014).

Una forma de mejorar la producción en los últimos años fue a través del uso cloruro de colina, adicionada a las dietas, pero el problema radica en su baja asimilación, dificultad en el almacenamiento e incorporación de olores indeseables en huevos. En el presente estudio se busca mejorar la eficiencia de la producción de huevos, a partir del uso fosfatidilcolina como

una fuente natural de colina a ser empleada en la dieta de gallinas Lohmann durante la tercera fase de producción. En esta etapa, es donde las gallinas producen mayor tamaño de huevos, pero también las aves presentan un déficit de producción de colina endógena, por lo tanto existe una mayor incidencia de hígado graso por la edad y la presión nutricional a la que han sido sometidas (Buxadé, 1995).

## **1.2 Justificación**

En la actualidad el consumo nacional de huevos ha aumentado debido al incremento de la población y a la demanda de alimentos nutritivos (Altamiran & Jarrín, 2015). El consumo de huevos de los habitantes por año es alrededor de 140 huevos. Para mejorar la productividad y salud de los animales se suplementa colina sintética en forma líquida o en polvo con la cual se presentan varios problemas en el almacenamiento e inclusión de la dieta, debido a sus características fisico-químicas (Blanch, 2016). El cloruro de colina líquido es muy corrosivo, mientras que el cloruro de colina en polvo es altamente higroscópico y debe protegerse de la humedad entre otros problemas. En algunas ciudades de nuestro país donde existen producción avícola por sus características ambientales es casi imposible usar.

El cloruro de colina, solo se asimila un tercio y lo demás es metabolizado por la flora intestinal transformándolo en trimetilamina, la cual obstaculiza la actividad de la enzima flavia monooxigenasa, afectado el metabolismo del hígado, además, el exceso de trimetilamina desarrolla trimetilaminuria que provocan que el animal presente un característico "olor a pescado" en su sudor, orina y aliento (Rehman, 1999). Se ha observado en ciertas líneas de gallinas de la raza Roja de Rhode Island que produce huevos con olor a pescado. Por lo que usar el cloruro de colina en exceso traería más inconvenientes que ventajas (Honkatukia et al., 2005).

La fosfatidilcolina presenta varias propiedades que lo hacen un interesante reemplazo al cloruro de colina, posee grandes ventajas a comparación a su semejante sintético. Por ejemplo, tiene un mayor porcentaje de asimilación; estudios en aves de engorde demuestran que la asimilación de fosfatidilcolina es superior debido a que es altamente bio-disponible al tener gran afinidad con los receptores intestinales (Dowell, 2016). Otra ventaja de usar fosfatidilcolina al ser esterificado no es higroscópico y por ende no acumula agua en premezclas o piensos, facilitando su manejo e inclusión en la dieta de los animales (Blanch, 2016).

La fosfatidilcolina es altamente bio-activa, para la metabolización más eficiente de dietas altas en energía, ayudando a prevenir el hígado graso (Esteatosis hepática), manteniendo la salud y producción a niveles óptimos, regula una utilización óptima de la grasa en la dieta y su movilización desde el hígado hasta los tejidos adiposos, mejorando el rendimiento de la canal y su calidad con bajo contenido de lípidos (Dowell, 2016).

Además, al optimizar dietas altas en energía, ayuda a desviar el exceso energético hacia la acumulación proteínica del músculo, así como el aumento de la producción de huevos en reproductoras y ponedoras comerciales, lo cual definitivamente permitiría mejorar los índices productivos de aves ponedoras de huevo comercial en la tercera fase de producción (King'ori, 2012).

Por estas razones, y debido a la importancia de mejorar los parámetros productivos en aves de postura en la actualidad, este trabajo busca emplear el fosfatidilcolina para mejorar la producción y la condición hepática de las aves. Permitirá brindar a los productores una opción para reemplazar el cloruro de colina y tener un sistema de producción más eficiente, con un mejor bienestar animal que disminuya los trastornos y enfermedades, garantizando la sostenibilidad y sustentabilidad de las granjas destinadas a la producción de huevo comercial.

### **1.3 Planteamiento del Problema**

La formulación de dietas con alta densidad nutricional y altos niveles energéticos (grasa), además del stress que son sometidas las aves en toda su vida productiva provocan trastornos y enfermedades. El hígado graso es un gran problema, ya que provoca en las gallinas ponedoras comerciales las caídas tempranas en la producción, ocasionado que el animal no puede expresar todo su potencial genético ni ser aprovechada en su totalidad por los problemas hepáticos (Cochez, Morris, & Lansing, 1972), disminuyendo la rentabilidad, afectado directamente a los productores.

El cloruro de colina es una molécula usada para mejorar la digestión de las grasas y disminuir los efectos de dietas desequilibradas. Pero su deficiente asimilación e inconvenientes en el almacenamiento por sus propiedades físico-químicas, ha provocado que su uso sea limitado. Cabe mencionar que las gallinas a medida que van llegando a la tercera fase de producción, por su fisiología disminuyen la producción endógena de colina (Fernández et al., 2004).

#### **1.3.1 El Problema**

El hígado graso en gallinas ponedoras en tercera fase de producción, es un problema que afecta al bienestar animal y a los avicultores en la producción y calidad de huevos (Ahmadi & Rahimi, 2011).

#### **1.3.2 Los Efectos**

El hígado graso en gallinas ponedoras provoca bajos rendimientos en el desempeño de la producción de huevos, haciendo un sistema ineficiente. Ocasiona grandes pérdidas

económicas a los productores, que pueden ir más allá del 30% en la producción de huevos (Gonzales, 2007).

En los animales el hígado graso afecta directamente el bienestar del animal, en casos extremos puede provocar hasta la muerte del ave. Un mal manejo para su control, como el exceso de cloruro de colina en la dieta puede provocar olores desagradables en los huevos (Honkatukia et al., 2005).

### **1.3.3 Las Causas**

La formulación de dietas desequilibradas para cubrir el requerimiento nutricional de las aves, el estrés que son sometidas las aves por el sistema productivo intensivo (Antillón & López, 1987), el limitado uso del cloruro de colina y la fisiología de las aves en la tercera fase de producción son las causas principales por las que las aves presentan hígado graso (Ayala et al., 2008).

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General**

Evaluar la adición de cuatro niveles de fosfatidilcolina (Biocholine) en la dieta gallinas Lohmann Brown- Classic en la tercera fase de producción.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Evaluar la respuesta productiva de gallinas Lohmann Brown- Classic alimentadas con diferentes dosis de Fosfatidilcolina.
- Valorar la calidad de huevos (Peso, Unidades Haugs, Color y Resistencia de cáscara), en los diferentes tratamientos.

- Determinar el mejor tratamiento de acuerdo a una evaluación económica.

## 1.5 Hipótesis

**H1:** El uso de una fuente fosfatidilcolina, en la alimentación de gallinas ponedoras de huevo comercial, mejora el desempeño productivo.

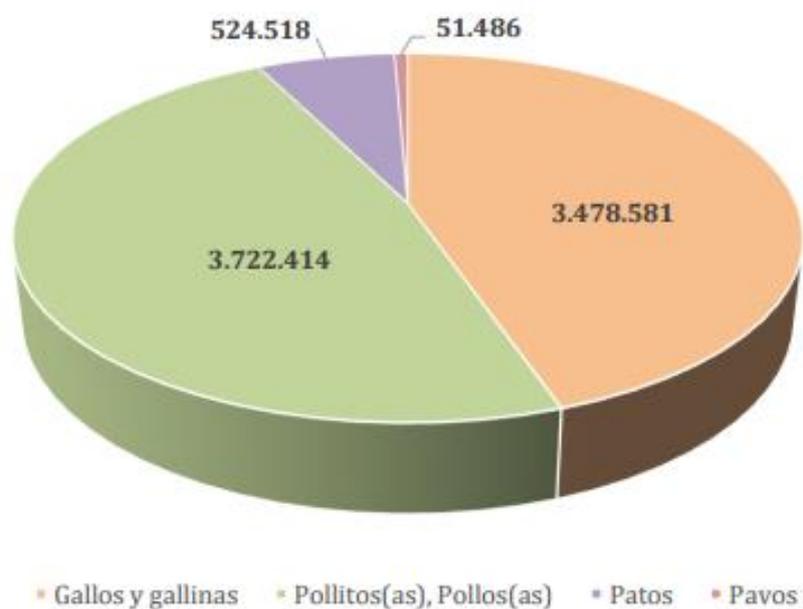
**H0:** El uso de una fuente fosfatidilcolina, en la alimentación de gallinas ponedoras de huevo comercial, no mejora el desempeño productivo.

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1 La Avicultura en el Ecuador

La producción avícola en el Ecuador esta diferenciado por aves producidas tras patio y aves producidas en planteles avícolas (INEC, 2016). Las aves producidas tras patio están divididas según el INEC en: gallos y gallinas; Pollitos y pollos; patos y pavos, en la Figura 1 observamos la cantidad de aves que se encuentran a nivel nacional producidas tras patio.



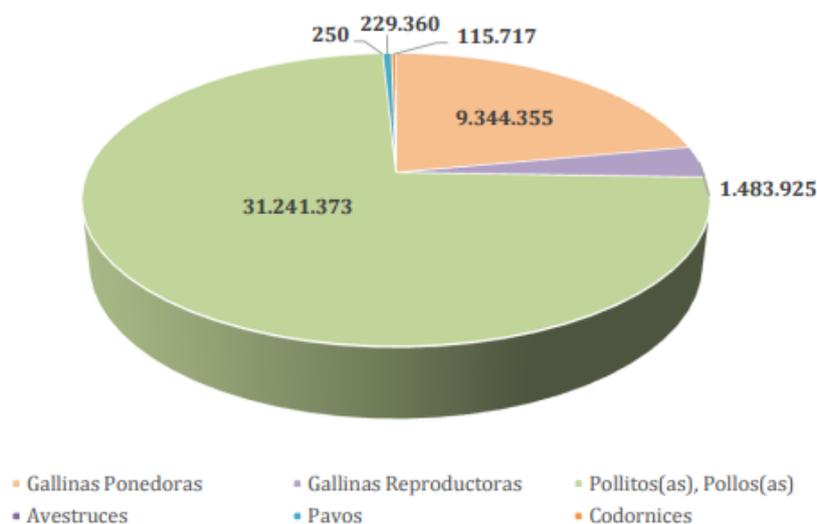
**Figura 1** Aves producidas tras patio en el 2016

Fuente: (INEC, 2016)

En cuanto la producción avícola industrial, representa el sector económico más importante por el número de animales, observamos en la siguiente figura la clasificación y el número de aves que se encuentran a nivel nacional. Destacando que las gallinas ponedoras son el segundo grupo más numeroso en el Ecuador, con un aproximado de 9 millones de animales distribuidos en los diferentes planteles avícolas (INEC, 2016) (Figura 2).

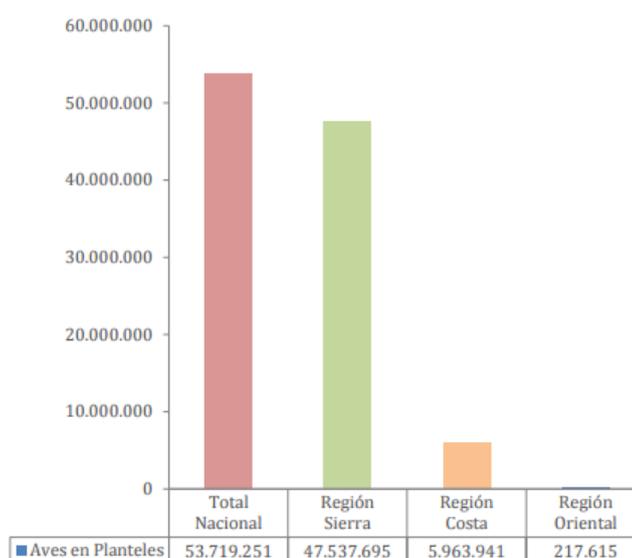
### 2.1.1 Producción de huevos en el Ecuador

El 90,81% del total de la producción nacional de huevos de gallinas en el 2016 pertenece a los planteles avícolas y el 9,19% restante provienen de aves de campo. En la Figura 3 se detalla que la región Sierra lidera la producción de huevos con 47,53 millones, lo que representa el 84,92% del total nacional.



**Figura 2** Aves producciones en planteles avícolas 2016

Fuente: (INEC, 2016)



**Figura 3** Número de aves ponedoras en planteles avícolas 2016

Fuente: (INEC, 2016)

## **2.2 Colina**

Fue descubierta por Adolph Strecker en 1864, su nombre (colina) proviene por su composición, ya que posee una secuencia de sales cuaternarias de amonio que contienen el catión N,N,N- trimetiletanolamina y se sintetizó químicamente en 1866. Luego en 1998 la colina fue denominada como un nutriente esencial por el “Food and Nutrition Board” (Comité sobre alimentación y nutrición) del Instituto de Medicina de los Estados Unidos de Norte América (Zeisel & Costa, 2009).

La colina en general es un nutriente muy importante para los animales, ya que interviene en el metabolismo de las grasas. Por lo cual su concentración y su principal actividad se localiza en el hígado de los animales. Esta dentro del grupo de las vitaminas B. Es una fuente de grupos metilos importante para la síntesis de compuestos esenciales del cuerpo. Por lo cual se ha observado una estrecha relación entre las necesidades o requerimientos nutricionales de colina y la cantidad de metionina absorbida (Velázquez, 2014).

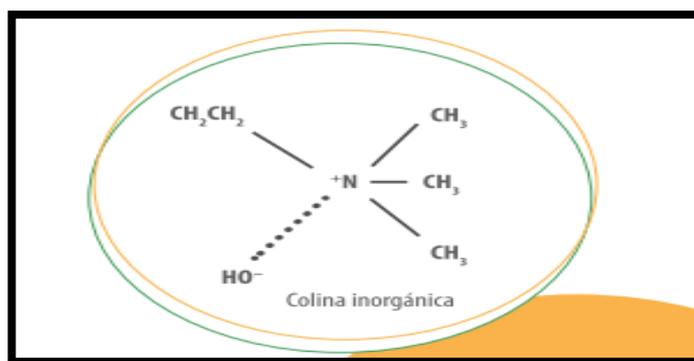
### **2.2.1 Fuentes de colina**

Existen varias fuentes de colina y de varios orígenes, que pueden ser procedente de planta o animales. Los animales producen colina de forma endógena en el hígado, pero a medida que van envejeciendo pierden la capacidad de producirla. Por lo cual el ser humano ha logrado sustituirlo a través de síntesis química o de extracción de ciertas plantas (Almera, Zumalacárregui, Barreno, & YAN, 2013), Las principales fuentes de colina son:

- Cloruro de colina (Síntesis química)
- Fosfatidilcolina
- Fosfatidilinositol
- Fosfatidiletanolamina

### 2.2.2 Cloruro de colina

El cloruro de colina se obtiene a través de la síntesis química. Su proceso de síntesis inicia con la reacción entre el metanol y el amoníaco produciendo la trimetilamina, esta a su vez al reaccionar con óxido de etileno forma la colina y finalmente al reaccionar con HCl se obtiene el cloruro de colina que contiene 25,4% de Cl y 10% de N (FEDNA, 2016).

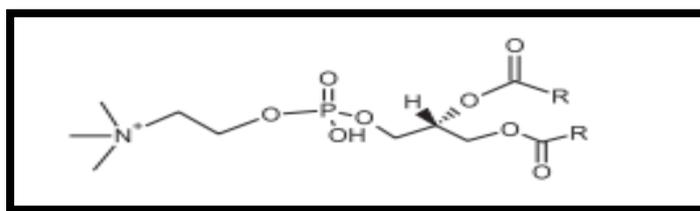


**Figura 4** Estructura química de la colina inorgánica  
Fuente: (Blanch, 2016)

En el mercado se encuentra coluro de colina al 60%, el cual es obtenido a través de la aspersión y mezcla de colina acuosa en un vehículo a base de cereal, para luego ser deshidratado hasta alcanzar un porcentaje bajo de humedad. Resultando un polvo de color café claro con una textura fina intermedia (80 a 100% atraviesa tamiz Núm. 20) y olor muy palatable (Allinger, Cava, Jongh, Johnson, & Lebel, 1984).

### 2.2.3 Fosfatidilcolina (colina de origen natural)

La fofatidilcolina se aisló por primera vez en 1846 por Nicolas-Theodore Gobley un químico y farmacéutico francés. Los granos de la soja, lila indica, malpica, calabacilla salvaje y yema de los huevos son fuentes naturales de fofatidilcolina que se los extra a través de proceso mecánicos o químicos usando hexano (Mertins, Sebben, Schneider, Pohlmann, & Silveira, 2008).



**Figura 5** Estructura molecular de la fosfatidilcolina

Fuente: (Mertins, 2008)

#### 2.2.4 Importancia de la fosfatidilcolina

La fosfatidilcolina su importancia radica en su participación en las actividades metabólicas, además de ser parte estructural de las células del cuerpo. Es un componente esencial en la estructura celular formando parte de las lectinas y de las esfingomielinas. Participa en el metabolismo de los lípidos, previniendo la acumulación anormal de lípidos en el hígado favoreciendo el transporte de los ácidos grasos y su utilización (Mertins et al., 2008).

La fosfatidilcolina participa en la formación de acetilcolina que es necesaria para la transmisión de los impulsos nerviosos. También es un donador de grupos metilos para formar metionina a partir de la homocistina previa conversión a betaina. Es muy importante señalar que algunas especies de animales pueden producir colina por síntesis endógena (Zeisel & Costa, 2009).

#### 2.2.5 Beneficios de la fosfatidilcolina

Es importante recordar que no todas las especies de los animales son capaces de producir colina de forma natural y que a medida que van envejeciendo pierden su capacidad de producir colina endógena. La fosfatidilcolina es una fuente de colina para suplementar y poder cubrir las necesidades nutricionales de los animales, que permitan tener un sistema de producción eficiente con un mayor rendimiento por animal (Velázquez, 2014).

El consumo de fosfatidilcolina permite tener mayor producción, además que reduce los trastornos ocasionados por dietas desequilibradas mejorando el desempeño y bienestar animal. Uno de los beneficios adicionales es que permite al animal desintoxicar el hígado (Butler, 1980).

La fosfatidilcolina juega un papel importante en la utilización de la grasa dentro del cuerpo del animal. Por ejemplo, protege al hígado del exceso de grasa permitiéndole llevar a cabo sus importantísimas funciones de una manera más efectiva (Velázquez, 2014). No solo es benéfico para los animales en los seres humanos algunas enfermedades o hábitos dañinos como el alcoholismo o una alimentación deficiente rica en sustancias tóxicas hacen que el hígado se vuelva graso. Pues bien, la colina es una ayuda para que el hígado pueda desprenderse de ese exceso de grasa y otros elementos tóxicos (Lieber et al., 1994).

Distintos estudios han mostrado pruebas de que la colina ejerce una función antiinflamatoria. Uno de ellos la asociaba a una reducción de síntomas de alergia como la rinitis alérgica. Existen estudios que demuestran que la Fosfatidilcolina protege contra fibrosis y cirrosis en otras especies (Lieber et al., 1994).

### **2.3 Características de las aves Lohmann Brown**

Según la guía de manejo Lohmann Brown. (1995), menciona que la línea es el resultado de los cruces de las razas Leghorn blanca (hembra) x Warren rojo (macho) que, bajo presiones selectivas desde hace muchos años, ha dado como resultado a una ponedora que lidera el mercado mundial. Su país de origen es Alemania y su potencial genético lidera la producción de huevos marrones en nuestro país.

### 2.3.1 Lohmann Brown- Classic

Es una línea de gallinas conocidos por su eficiente producción de huevos marrones de gran calidad (*Guide Lohmann brown-Classic*, 2016).

**Tabla 1**

*Datos de Producción de la línea Lohmann Brown- Classic*

Ponedoras Lohmann Brown- Classic		
Producción de Huevos	Edad al 50 % de producción	140-10 días
	Pico de producción	93-95%
<b>Huevos por Gallina Alojada</b>		
	En 12 meses de postura	315-320
	En 14 meses de postura	355-360
	En 16 meses de postura	400-405
<b>Masa de Huevo por Gallina Alojada</b>		
	En 12 meses de postura	20,0-20,5 kg
	En 14 meses de postura	22,5-23,5 kg
	En 16 meses de postura	25,5-26,5 kg
<b>Peso Promedio de Huevo</b>		
	En 12 meses de postura	63,5-64,5 g
	En 14 meses de postura	64,0-65,0 g
	En 16 meses de postura	64,5-65,5 g
Características del Huevo	Color de la cascara	marrón atractivo
	Resistencia de Cáscara	> 40Newton
Consumo de Alimento	1-20 semanas	7,4-7,8 kg
	en Producción	110-120 g/día
	Conversión Alimentaria	2,0-2,1kg/kg masa de huevo
Peso Corporal	a las 20 semanas	1,6-1,7 kg
	al final de la producción	1,9-2,1 kg
Viabilidad	Levante (cria -recria)	97-98 %
	Periodo de postura	93-95 %

Fuente: (LOHMANN TIERZUCHT, 2016)

### 2.3.2 Necesidades nutricionales de la línea Lohmann Brown- Classic

Para obtener el mejor resultado del potencial genético de las ponedoras Lohmann Brown Classic, Es necesario proporcionar un alimento con una buena estructura y con un valor nutritivo apropiado. Una alimentación adecuada que se adapte en todo momento al potencial productivo del ave (*Guide Lohmann brown-Classic*, 2016).

### 2.3.3 Consumo de alimento

El consumo de alimento es depende de:

- Peso corporal
- Índice de puesta
- Temperatura del alojamiento, las bajas temperaturas incrementan los requerimientos de mantenimiento de energía.
- Condición del plumaje, el plumaje deficiente debido a errores de manejo o mala nutrición incrementa los requerimientos de mantenimiento de energía.
- Textura del alimento, la textura gruesa incrementa y la fina disminuye el consumo de alimento.
- Nivel de energía, cuanto más alto es el nivel de energía más bajo es el consumo y viceversa.
- Desbalances nutricionales, la gallina tratará de compensar por cualquier déficit de nutrientes incrementando el consumo, especialmente en la etapa final de la producción

#### **2.3.4 Periodo de postura**

Al inicio del periodo de postura el consumo de alimento es de 90 – 100 g/día, es recomendable utilizar un alimento de fase 1 con 11,6 EM MJ/kg durante 5-6 semanas. Alrededor de la semana 26 se debe introducir un alimento normal de fase 1 con 11,4 EM MJ/kg. La base para la formulación del alimento en términos de contenido de nutrientes y minerales de cada fase, son los requerimientos diarios de nutrientes y el consumo real de alimento (*Guide Lohmann brown-Classic*, 2016).

##### **2.3.4.1 Requerimientos Nutricionales para la Fase 3**

La dieta para la fase 3 está diseñada para cubrir los requerimientos de una masa máxima diaria de huevo (hasta 59,8 g. de masa de huevo/ave). Las sugerencias de cantidades de nutrientes presentados en las Tabla 2 (fase 3) determinan una concentración de 11,4 MJ/kg

(2.725 kcal) de energía metabolizable, una temperatura ambiente de 20 °C y buena condición de emplume (*Guide Lohmann brown-Classic*, 2016).

Bajo estas condiciones, el consumo diario esperado de Lohmann Brown- Classic es de 110 – 120 g/día. Las formulaciones para las fases 2-3 satisfacen la progresiva disminución de los requerimientos de nutrientes orgánicos, así como el aumento de las necesidades de calcio de las gallinas según van en- vejeciendo.

## Tabla 2

*Niveles recomendados para ponedoras Lohmann Brown-Classic Fase 3 por kg de alimento para diferentes consumos diarios después de la semana 65*

Nutriente		Requerimientos g/ave/día	Consumo diario de Alimento (120 g)
Proteína	%	17,02	14,18
Calcio	%	4,5	3,75
Fósforo*	%	0,55	0,46
Fósforo disp.	%	0,38	0,32
Sodio	%	0,16	0,14
Cloro	%	0,16	0,14
Lisina	%	0,8	0,67
Lisina dig.	%	0,66	0,55
Metionina	%	0,4	0,33
Metionina dig.	%	0,33	0,27
Met./Cistina	%	0,73	0,61
M/C dig.	%	0,6	0,5
Arginina	%	0,83	0,69
Arginina dig.	%	0,68	0,57
Valina	%	0,67	0,56
Valina dig.	%	0,57	0,48
Triptófano	%	0,17	0,14
Triptófano dig	%	0,14	0,11
Treonina	%	0,55	0,46
Treonina dig.	%	0,46	0,38
Isoleucina	%	0,63	0,53
Isoleucina dig.	%	0,52	0,43
Ácido linoleico	%	1,3	1,08

Fuente: (LOHMANN TIERZUCHT, 2016)

**Tabla 3**

*Aportes recomendados de Micronutrientes para ponedoras Lohmann Brown- Classic Fase 3 después de la semana 65*

<b>Suplementos por kg de Alimento</b>	<b>Postura</b>	
Vitamina A	I.U	10000
Vitamina D3	I.U	2500
Vitamina E	mg	15 – 30
Vitamina K3	mg	3
Vitamina B1	mg	1
Vitamina B2	mg	4
Vitamina B6	mg	3
Vitamina B12	mcg	25
Ácido pantoténico	mg	10
Ácido nicotínico	mg	30
Ácido fólico	mg	0,5
Biotina	mcg	50
Colina	mg	400
Antioxidante	mg	100 –150
Coccidiostato	mg	-
Manganeso	mg	100
Zinc	mg	60
Hierro	mg	25
Cobre	mg	5
Iodo	mg	0,5
Selenio	mg	0,2

Fuente: (LOHMANN TIERZUCHT, 2016)

## **2.4 Calidad del Huevo**

La calidad del huevo es un factor fundamental en la aceptación o el rechazo por parte del consumidor. Está relacionada con varias características externas e internas, algunas son medidas subjetivas y otras cuantitativas. Los aspectos externos de los huevos incluyen peso, forma, color, grosor, densidad de cáscara y textura, entre otros (Ahmadi & Rahimi, 2011).

El peso, forma y color son factores que influyen en la clasificación, precio y preferencias del consumidor. La calidad de la cáscara es uno de los factores más importantes por su impacto a nivel económico. En la calidad interna del huevo se tiene en cuenta la albumina (altura y viscosidad de este), tamaño de la cámara de aire, la forma y el color de la yema, etc.

Es importante conocer las causas de los defectos de la calidad externa e interna de los huevos para poder tomar las medidas que disminuyan su ocurrencia (King'ori, 2012).

#### **2.4.1 Unidades Haugh**

De todas las técnicas de medida de la calidad interior del huevo abierto, las Unidades Haugh (U.H.) representan una unidad de medida objetiva y precisa, y su valor para cada huevo está en función del peso total del huevo y de la altura de la clara densa. Este método fue propuesto en 1937 por Raymond Haugh es utilizado en los Estados Unidos como método de referencia (Carbajal, 2006).

Se debe tener en cuenta que las unidades Haugh son afectadas por el tiempo de almacenamiento, temperatura, edad del ave, la línea genética, nutrición, enfermedades como la Bronquitis infecciosa, suplementos y medicamentos. En la calidad de la yema se tiene en cuenta el color, textura y firmeza. El color de la yema es un factor subjetivo que varía de país a país (Ahmadi & Rahimi, 2011).

Las U.H. nos vienen dadas para cada huevo, por la siguiente expresión matemática, donde A es la altura de la clara densa y P el peso del huevo en gramos:

$$\mathbf{U.H. = 100 \log (A = 7'57 - 1'7 P 0'37)}$$

Siempre que se trate de estudios o trabajos de investigación, las U.H. se deben utilizar siempre como expresión numérica de la calidad. La tipificación de los huevos debe estar integrada por tres factores: calidad interior, tamaño (en peso) y color de la cáscara. La calidad interior está definida fundamentalmente por las U.H., sin embargo ni la clasificación del C.A.E. ni la clasificación de la U.E. incluyen esta medida como índice de calidad (Roberts, 2004).

**Tabla 4***Calidad del huevo y su relación con las unidades HAUGH*

<b>Unidades HAUGH</b>	<b>Descripción Cualitativa</b>
100	Excelente
90	
80	Muy Bueno
70	Aceptable
65	Marginal
60	Resistencia del consumidor
55	Potable
50	Inaceptable

Fuente: (Manual práctico de calidad del huevo, 2007).

**2.4.2 La altura de la clara**

La medición de la altura de la clara es uno métodos objetivo que se utiliza en la valoración de la calidad de frescura del huevo. La altura de la clara depende de diversos factores como el envejecimiento con la consiguiente licuefacción y pérdida de agua por evaporación conducen a una menor clara en el huevo (Eisen, Bohren, & McKean, 1962). Se conocen otros factores que pueden dar valores de altura de clara densa bajos, aun tratándose de huevos frescos. Estas variables se pueden deber a la raza, la alimentación o la edad de las gallinas, aunque nunca se alcanzarán valores de unidades Haugh que determinen el rechazo del huevo por parte del consumidor (< 60 UH). El almacenamiento prolongado a altas temperaturas son condiciones que afectan a las UH, ya que aceleran la disminución de la altura de la clara densa dando lugar a huevos con un aspecto más envejecido o menor grado de frescura (Carbajal, 2006).

**2.4.3 En la calidad de la yema**

El color de la yema en si su color con el que está relacionado es un parámetro que varía dependiendo del consumidor que varía de país en país. Para determinar la calidad se tiene en cuenta el color, textura y firmeza. (Ahmadi & Rahimi, 2011)

## 2.5 Síndrome del Hígado Graso

El síndrome del hígado graso hemorrágico (FLHS) es una enfermedad esporádica distribuida ampliamente entre ponedoras comerciales. El síndrome del hígado graso (SHG) se observa en los pollos de raza pesada y liviana. En general las ponedoras en jaula más que en las de piso (Butler, 1980).

Con este nombre se conoce a una disfunción hepática en los animales, relacionada con el metabolismo de los triglicéridos, como resultado se presenta una acumulación excesiva de grasa en el hígado que produce una coloración amarilla asociada con varios grados de hemorragia (Cochez et al., 1972). Existen dos causas principales del problema:

- El incremento anormal de los ácidos grasos circulantes obliga a que haya una resíntesis acelerada de triglicéridos en el hígado, para su posterior transporte mediante la sangre en forma de quilomicrones; sin embargo, si la velocidad de síntesis de los triglicéridos es mayor que la de formación de la lipoproteína requerida para los quilomicrones, los primeros se acumulan en el hígado causando tal problema (Cochez et al., 1972).
- El segundo motivo es que haya un obstáculo metabólico a nivel celular que impida la síntesis del fosfolípido que también es necesario para la producción del quilomicrón. En este último caso la deficiencia de los siguientes nutrimentos puede ser la causa: lecitina, ya que forma parte del fosfolípido, cianocobalamina o folacina, que intervienen en la transferencia de los grupos metilo; metionina o colina, que son donadores de metilo; inositol que está presente en algunos fosfolípidos (Ayala et al., 2008).

### **2.5.1 Síntomas**

Una vez que las aves alcanzan el pico de producción, la postura puede reducirse en un 10 a 30%. Este descenso tiene lugar, generalmente, después de varias semanas de producción. En el momento que se puede reconocer la existencia del problema, el consumo de alimento ya es muy bajo. Las aves dejan de producir y se las ve decaídas aun cuando no muestren signos aparentes de enfermedad. No obstante, la mortandad es superior a lo normal (Shivaprasad, 2014).

### **2.5.2 Lesiones**

Aparecen varias zonas excesivamente grasas debajo de la piel y en la cavidad del cuerpo. Se ven depósitos grasos masivos entre los intestinos, cubriendo la molleja, riñones y base del corazón. En la mayoría de las aves afectadas, el hígado aparece típicamente amarillo con extrema infiltración de grasa. El hígado normal contiene, por lo general, 25% de grasa como máximo, pero en las aves afectadas, el hígado suele contener hasta 70% de grasa, y no tiene la textura firme del órgano normal, siendo en cambio blando y pulposo. En ocasiones hay hemorragias debajo de la cápsula hepática, notándose cicatrización (Shivaprasad, 2014).

### **2.5.3 Factores que favorecen el desarrollo de FLHS**

Los brotes de FLHS se asocian a menudo con climas cálidos y periodos extensos de postura de huevos. Se asocia con la alimentación de balanceados con alta energía y la locomoción restringida, son pre-requisitos para el depósito excesivo de grasa en el hígado (Butler, 1980).

Otros factores que pueden contribuir son:

- Deficiencia de agentes lipotróficos necesarios para la movilización de la grasa del hígado
- Aflatoxinas
- Factores genéticos
- Sexo
- Edad

Esta situación es muy común en gallinas altas productoras. También existe una línea muy fina entre el consumo de energía para máxima producción de huevos y cualquier exceso que se puede acumular como grasa. Shivaprasad et al (2014) recomienda que, en aves mantenidas en altas temperaturas, se establezca un sistema de fases de alimentación energéticas para combatir el desarrollo de FLHS en aves viejas.

#### **2.5.4 Diagnóstico**

Hay una forma que puede ayudar a diagnosticar la presencia de FLHS y es el color de la cresta. Velásquez (2014) dice que el color de la cresta puede utilizarse para predecir la presencia de este síndrome, ya que existe una asociación positiva entre el color pálido de las crestas y la presencia de hemorragias en la superficie del hígado.

Se debe sospechar de FLHS, cuando las aves son más pesadas de lo normal, existe una baja paulatina de la producción y el hallazgo de hemorragias hepáticas en aves que mueren repentinamente y están en un buen estado de carnes

#### **2.5.5 Importancia Económica**

La muerte de las gallinas puede ser la causa de una baja producción de huevos, pero la mortalidad en la mayoría de los casos es muy baja e insuficiente para producir una minora en

la producción, lo que sugiere que es un efecto reproductivo más generalizado (Aydin, 2005). En muchos casos las gallinas que pasaron por el problema del FLHS, se les encuentra un huevo en el oviducto. La mortalidad puede ser superior al 5 por ciento mensual (Cochez et al., 1972).

Es una enfermedad de gran importancia económica, puede ocurrir una baja repentina de la producción de hasta un 30%, aunque en algunos casos pueden existir valores mayores (Velázquez, 2014).

La muerte es causada por hemorragias masivas del hígado. En casos subclínicos de FLHS, el hígado se halla friable, hipertrofiado, de color masilla y contiene pequeñas hemorragias. Grandes cantidades de grasa de color amarillo están presentes en la cavidad abdominal (Chakravarthy et al., 2009).

El problema más serio del FLHS, es su naturaleza esporádica, la presencia espontánea y las condiciones no controladas en que ocurre, lo que hace difícil su estudio. También por la forma como se manifiesta como un brote espontáneo, creando una confusión en la interrelación entre síntomas (Ayala et al., 2008).

Velázquez (2014) manifiesta que, aunque se ha sugerido que existe una influencia genética y que ciertas líneas son más susceptibles que otras, esto no ha sido bien probado. Sin embargo, se ha encontrado que aquellas aves con alta productividad de huevos son fisiológicamente más susceptibles a la presencia del FLHS. Una alta intensidad de postura está relacionada a una alta actividad estrogénica.

### **2.5.6 Prevención**

La prevención se realiza corrigiendo las causas predisponentes y adicionando en la dieta elementos que favorecen la movilización de lípidos hepáticos y previenen la oxidación grasa

como es el caso de la colina, biotina, vitamina B12, vitamina E, selenio y aditivos protectores hepáticos como los extractos de la alcachofa (Ayala et al., 2008).

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA

#### 3.1 Ubicación del lugar de investigación

El presente estudio se realizó en la provincia de Pichincha, cantón Rumiñahui, parroquia San Fernando, Carrera de ingeniería Agropecuaria IASA I, Hacienda el Prado, perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE.

##### 3.1.1 Ubicación Geográfica

La Hacienda el Prado-IASA I, se encuentra ubicada en las coordenadas UTM WGS 84 ZONA 17 SUR M 787833.19 m E, 99957478.26 m S.



##### 3.1.2 Ubicación Ecológica

La Hacienda el Prado está ubicada en la zona de vida Bosque Húmedo Montano, a una altitud de 2748 msnm, tiene una temperatura promedio anual de 13,89 °C, una precipitación de 1285 mm/año y humedad relativa: 69,03%

### 3.2 Materiales

Los materiales utilizados para este estudio fueron:

- Galpón Experimental
- Sistema de jaulas en pisos suspendidos
- Sistema de bebederos
- Sistema de comederos
- Sistema de ventilación
- Registros
- Libreta de campo
- Cubetas de huevos
- Gallinas (Lohman Brown – Classic)
- Alimento concentrado
- Fosfatidilcolina (Biocholine Powder)
- Cloro al 5%
- Desinfectantes Stock

Se utilizaron 300 gallinas ponedoras de línea Lohman Brown – Classic en tercera fase de producción, alojadas en un sistema de pisos suspendidos que estaban divididos en jaulas que contenían 5 gallinas, se utilizaron un total de 60 jaulas con bebederos individuales y comederos separados.

Los equipos que se utilizaron en este estudio fueron:

- Cámara fotográfica
- Computadora
- Balanza Analítica

- Calibrador Pie de rey
- Analizador de calidad de Huevos NABBEL DTE 6000
- Medidor de Cloro

### 3.3 Métodos

#### 3.3.1 Selección de las gallinas

Las gallinas a utilizarse en siguiente ensayo fueron escogidas de tal manera que estén en la misma condición corporal con pesos entre 1900 a 2000 gr, de la misma edad (Tercera fase de Producción), que se encontraran sanas y de la misma línea Lohman Brown – Classic. La finalidad de la selección fue tener individuos similares en todos los tratamientos.



*Figura 6* Pesaje de las Gallinas

#### 3.3.2 Aplicación de los tratamientos

Las gallinas fueron colocadas en grupos 5 por jaula, con bebederos y comederos individuales. Cada tratamiento constaba de 15 jaulas con 5 gallinas cada una ubicadas aleatoriamente en un sistema de 3 pisos suspendidos. Con un total de 75 gallinas por tratamiento. Los comederos se dividieron con tablonces de madera y se instaló una extensión de malla de alambre electrosoldado entre cada jaula para impedir que las gallinas de una jaula coman de

otro tratamiento. Cada jaula se rotulo para diferenciar el tratamiento y la repetición. Se establecieron 3 tratamientos y un testigo,



*Figura 7* Implementación del Experimento

### **3.3.3 Periodo de ambientación**

Las gallinas tuvieron un periodo de ambientación, para que se adaptaran al tratamiento y al alimento que se les fue suministrado, este periodo tuvo una duración de dos semanas. También el periodo de ambientación sirvió para que la fosfatidilcolina se metabolizara en el organismo de la gallina y las variables que se midieron no fueran datos provocados por el cloruro de colina.

### **3.3.4 Recolección de datos**

Se les dosificó 120gr de alimento por gallina todas las mañanas a las 7am, en un lapso de 57 días. La recolección de los datos fue a partir del día 14 después de a verse implementado el experimento. Se recogió, contabilizó y peso los huevos por jaula., los datos obtenidos fueron anotados en un registro.

Para analizar calidad de huevos se recolectaron muestras de 30 huevos por tratamiento, dos huevos por cada jaula. Este proceso se repitió 3 veces, a los 30, 45 y 57 días. Los huevos obtenidos se les analizó con el medidor digital de huevos NABELL DTE 6000.



**Figura 8** Medidor digital de huevos NABELL DTE 6000

Fuente: (NABEL, 2016)

### 3.3.5 Diseño Experimental

Para esta investigación se aplicó un diseño experimental completamente al azar con 15 repeticiones por experimento.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Valor del parámetro en determinación

$\mu$  = Media general

$\alpha_i$  = Efecto de los tratamientos (Niveles de inclusión de fosfatidilcolina)

$\epsilon_{ijk}$  = Efecto del error experimental

**Tabla 5**  
*Esquema del experimento a emplearse*

<b>Niveles de inclusión Fosfatidilcolina</b>	<b>Código</b>	<b>Repeticiones (Numero de jaulas)</b>	<b>Número de aves por Repetición</b>	<b>Aves totales por tratamiento</b>
0% de inclusión	T0	15	5	75
160 gr/tn	T1	15	5	75
240 gr/tn	T2	15	5	75
320 gr/tn	T3	15	5	75
Total de aves empeladas en el experimento				300

- T0 =Testigo, alimento sin inclusión de fosfatidilcolina.
- T1 = Alimento con inclusión de 160 gr/Tn de BioCholine.
- T2 = Alimento con inclusión de 240 gr/Tn de BioCholine
- T3= Alimento con inclusión de 320 gr/Tn de BioCholine.

### 3.3.5.1 Factores de estudio y tratamientos

Se evaluaron el efecto de tres niveles de inclusión de fosfatidilcolina, en el alimento concentrado de gallinas de postura comercial.

El alimento concentrado fue: iso proteico 15% PB; iso energético 2850 Kcal E.M; iso fosfórico 3,5% P ; fue elaborado en la planta de alimentos concentrados de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA I. Cubriendo los requerimientos nutricionales de las aves, además de ser incluido los diferentes niveles de fosfatidilcolina.

### 3.3.5.2 Unidades experimentales

La unidad experimental consistió en una jaula con las siguientes medidas 45 cm de ancho x 45 cm de largo y una altura de 40 cm, donde estuvieron alojadas 5 gallinas Lohmann

Brown en tercera fase de producción, con un peso promedio de 1900-2000 gramos. Cada tratamiento consta de 15 repeticiones (jaulas) distribuidas aleatoriamente en los 3 pisos del módulo.

### 3.3.5.3 Croquis del diseño

**Tabla 6**

*Esquema del experimento*

<b>P</b>	t0	t2	t3	t1	t3	t3	t2	t2	t3	t0	t2	t2	t3	t0	t3	t2	t0	t1	t1	t1
<b>1</b>	r1	r2	r3	r1	r5	r6	r6	r7	r8	r6	r10	r11	r11	r10	r13	r14	r13	r10	r11	r13
<b>P</b>	t3	t0	t0	t2	t1	t2	t0	t2	t1	t0	t3	t2	t1	t2	t0	t3	t0	t2	t1	t1
<b>2</b>	r1	r2	r3	r4	r2	r5	r5	r8	r5	r7	r10	r12	r7	r13	r11	r14	r14	r15	r12	r14
<b>P</b>	t2	t3	t2	t3	t0	t1	t1	t3	t3	t2	t0	t1	t0	t3	t1	t0	t1	t3	t0	t1
<b>3</b>	r1	r2	r3	r4	r4	r3	r4	r7	r9	r9	r8	r6	r9	r12	r8	r12	r9	r15	r15	r15
Jaulas																				

### 3.3.6 Análisis Estadístico

Los resultados obtenidos fueron procesados en el Software InfoStat, en donde se realizó las siguientes pruebas estadísticas:

Se realizó el análisis de varianza y la prueba de significancia según el modelo prueba mínima de diferencias (LSD) Fisher a un nivel  $\alpha=0,05$ ; con un 95% de confiabilidad y para la evaluación económica se hizo un análisis marginal.

#### 3.3.6.1 Esquema de análisis de varianza

En la investigación se utilizó un DCA con cuatro tratamientos, 15 repeticiones y el tamaño de la unidad experimental será de 5 aves, el esquema fue el siguiente:

**Tabla 7**

*Análisis de varianza para un DCA con cuatro tratamientos y 15 repeticiones.*

FUENTES DE VARIACIÓN	DESGLOSE DE LOS GRADOS DE LIBERTAD	GRADOS DE LIBERTAD
NIVELES DE INCLUSIÓN DE FOSFATIDILCOLINA	4-1	3
ERROR	60-4	56
TOTAL	60-3	57

El modelo matemático corresponde a:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

Donde:

$\mu$  = media poblacional

$T_i$  = efecto del i-ésimo tratamiento

$e_{ij}$  = error experimental

### 3.3.6.2 Coeficiente de variación

Para calcular el coeficiente de variación se utilizará la siguiente fórmula:

$$CV = \frac{\sqrt{CME}}{\bar{x}} * 100C$$

Donde:

CV: Coeficiente de Variación

CME: Cuadrado Medio del Error

X: Media

### 3.3.7 Variables

Las variables se midieron de acuerdo a los objetivos planteados en la investigación y se determinaron de la siguiente manera:

#### 3.3.7.1 Mortalidad y Viabilidad

Se anoto la mortalidad acumulada durante la investigación. El porcentaje de mortalidad se obtuvo de la siguiente forma:

$$\text{Mortalidad acumulada} = \frac{\text{Total aves muertas}}{\text{Número de aves iniciales}} \times 100$$

La viabilidad expresa la cantidad de pollos sobrevivientes al final de la investigación, se obtuvo al restar del 100 % el porcentaje de mortalidad (Ploog, 1994), se pudo obtener de la siguiente manera:

$$\text{Viabilidad} = \frac{\text{Cantidad de aves finales}}{\text{Cantidad de aves iniciales}} \times 100$$

#### 3.3.7.2 Evaluación de la calidad del huevo

Para la evaluación de la calidad de huevo se empleó una cubeta de 30 huevos por tratamiento recolectado en tres etapas, a los 30, 45 y 57 días después de haber implementado el experimento. Con un total de 360 huevos que se analizaron en el medido de huevos NABBET DET 6000.

**Calidad de la cáscara.** – Se midió la fuerza del cascaron del huevo a través de una prensa que calcula la resistencia al romperse que va de un rango de 0.82 - 8.16kgf (8.0 - 80.0N)

con una exactitud de  $\pm 0.2$ kgf. Otro parámetro para determinar la calidad del huevo fue la dureza del cascaron, se midió a través de un calibrador electrónico determinado el espesor del cascaron que va de un rango de 0.10 - 0.60mm con una exactitud de  $\pm 0.02$ mm.

**Color de Yema.** - Siguiendo las nuevas directrices de pigmentación de yema de huevo se utilizó un medidor digital YolcFan™, impulsado por Nix Sensor Ltd. El Digital YolcFan™ es una extensión digital del DSM YolcFan™. Proporciona la misma practicidad y colores, extendiéndolos a una herramienta automatizada. Color de yema YolcFan™ posee una escala de color: 1 – 16 con una exactitud de  $\pm 1.0$ .

**Índice de la yema.** –Fue calculado mediante la división de la altura de la yema entre el diámetro de la yema de huevo sobre una superficie plana. Los datos se obtuvieron mediante el uso de la DET 6000

**Albúmina.** - La Altura de albúmina se midió mediante el uso de la DET 6000 que va de un rango de 3.0 - 15.0 mm con una exactitud de  $\pm 0.2$ mm. Con esta medición pudimos obtener la frescura del huevo.

### 3.3.7.3 Unidades Haugh

Se determinó a través de la fórmula

$$uH = 100 * \log(h - 1.7w^{0.37} + 7.6)$$

uH = unidad Haugh

h = altura de la albúmina, en milímetros

w = peso del huevo, en gramos

**Tabla 8**  
*Calidad del huevo y su relación con las unidades HAUGH*

<b>Unidades HAUGH</b>	<b>Descripción Cualitativa</b>
100	
90	Excelente
80	Muy Bueno
70	Aceptable
65	Marginal
60	Resistencia del consumidor
55	Potable
50	Inaceptable

Fuente: (Manual práctico de calidad del huevo, 2007).

En todos estos procesos de evaluación se empleó el medidor de calidad de huevos NABBET DET 6000.

#### **3.3.7.4 Índice de eficiencia productiva (IEP)**

Se determinó mediante la relación entre el número de huevos puestos en un día y el número de gallinas existente para ese mismo día, multiplicado por cien, para expresarlo en porcentaje.

#### **3.3.7.5 Costo de las Dietas**

Se obtuvo al sumar el costo de los ingredientes por tonelada del balanceado más el costo de la fosfatidilcolina en las diferentes dosis por tratamiento.

#### **3.3.7.6 Análisis económico**

Al final se realizó un análisis marginal para cual se determinaron los costos variables de cada tratamiento, el beneficio bruto se obtuvo al sumar los huevos de cada tratamiento y

multiplicar por el precio del mercado. De la diferencia entre el costo variable y el beneficio bruto obtuvimos el beneficio neto.

Al colocar los beneficios netos por orden descendente acompañado de los costos variables se hizo un análisis de dominancia. Con los tratamientos no dominados se realizó un análisis marginal donde se calculó la tasa de retorno marginal para cada tratamiento con lo cual permitió determinar el tratamiento más eficiente económicamente.

### **3.3.8 Métodos Específicos de Manejo del Experimento**

La investigación fue experimental y aplicada, con el objetivo de valorar la respuesta productiva de la inclusión de diferentes niveles de Fosfatidilcolina (0 – 160 - 240 y 320 mg/Tn) en dietas alimenticias de gallinas de postura. En este caso, se utilizó 300 gallinas Lohmann Brown a partir de la semana 60 (fase 3) de producción, con un peso promedio de 2000 gramos, distribuidas en cuatro tratamientos (75 aves en cada uno), con 15 repeticiones. El tamaño de la Unidad Experimental estará compuesto de 5 aves

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1 Resultados

##### 4.1.1 Mortalidad y Viabilidad

En el estudio se evaluó la mortalidad, que se encuentra por debajo del 5% considerado como límite comercial, los animales muertos del T0 presentaron cresta pálida y falta de apetito mientras tanto la muerte de los animales del T3 fue provocada por lastimaduras.

**Tabla 9**

*Porcentajes de Mortalidad y Viabilidad de cada tratamiento*

Tratamiento	% Mortalidad	% Viabilidad
T3	2,66	97,33
T0	1,33	98,7
T1	0,00	100
T2	0,00	100

Los tratamientos T1 y T2 poseen una viabilidad del 100% sobrepasado al testigo y al tratamiento T3, de igual manera el T1 y T2 presenta los porcentajes más bajos de mortalidad.

##### 4.1.2 Calidad de huevo

###### 4.1.2.1 Calidad de la cáscara

La dureza del cascaron fue determinada por el espesor de la cascara, mientras que la fuerza del cascaron se calculó a través de la presión que soporto la cascara antes de romperse, las medias de cada tratamiento fueron comparadas por análisis LSD Fisher (Tabla 10).

**Tabla 10**  
*Medias de dureza y fuerza del cascaron*

	Grados de Libertad	Espesor del cascaron		Resistencia del cascaron	
		F-Fisher	p-valor	F-Fisher	p-valor
Tratamiento	3	1,81	0,1479	0,24	0,8661

Tratamiento	Espesor del Cascaron mm		Resistencia del cascaron kgf			
T2	0,36	±0,0035	a	4,14	±0,11	A
T0	0,36	±0,0032	a	4,12	±0,11	A
T1	0,35	±0,0040	a	4,05	±0,12	A
T3	0,35	±0,0037	a	4,02	±0,12	A

Todos los tratamientos y el testigo no presentan una diferencia estadística en las medias grosor de la cáscara y la resistencia del cascaron. Las medias seguidas por las mismas letras son iguales según LDS Fisher (P=0,05).

#### 4.1.2.2 Unidades Haugh y altura de la albumina

La altura de la albúmina y las unidades Haugh se obtuvieron a través del medidor digital de huevos NABEL DTE 6000, de cada tratamiento fueron comparadas las medias por análisis LSD Fisher (Tabla 11).

**Tabla 11**  
*Altura de la albumina y unidades Haugh*

Tratamiento	Grados de Libertad	Altura de la albúmina		Unidades Haugh	
		F-fisher	p-value	F-fisher	p-value
Tratamiento	3	1,26	0,2909	1,54	0,2048

Tratamiento	Altura de la albúmina mm		Unidades Haugh		
T0	7,47	±0,12	A	83,74 ±0,81	A
T2	7,47	±0,15	A	83,26 ±0,91	A
T1	7,22	±0,11	A	81,76 ±0,84	A
T3	7,19	±0,118	A	81,35 ±1,16	A

La media de la altura de la albúmina y las unidades Haugh en todos los tratamientos no existió diferencia. Las medias seguidas por las mismas letras son iguales según LDS Fisher

( $P=0,05$ ). Pero el T2 y el T0 presentan los valores más altos en la altura de la albumina y las Unidades Haugh.

#### 4.1.2.3 Coloración del Yema

La coloración de la yema se midió través un medidor digital YolcFan y las medias de cada tratamiento fueron comparadas por análisis LSD Fisher (Tabla 12).

**Tabla 12**  
*Coloración de la yema*

	Grados de Libertad	Coloración de la Yema	
		F-fisher	p-value
Tratamiento	3	0,58	0,6257

Tratamiento	Coloración de la Yema
T0	8,18 ±0,16 A
T3	8,04 ±0,06 A
T2	8,04 ±0,07 A
T1	7,97 ±0,07 A

El testigo T0 y todos los tratamientos están en un mismo rango del color yema, no se encontraron diferencias significativas entre las medias, sin embargo, el T0 presente el valor más alto del color de la yema. Las medias seguidas por las mismas letras son iguales según LDS Fisher ( $P=0,05$ ).

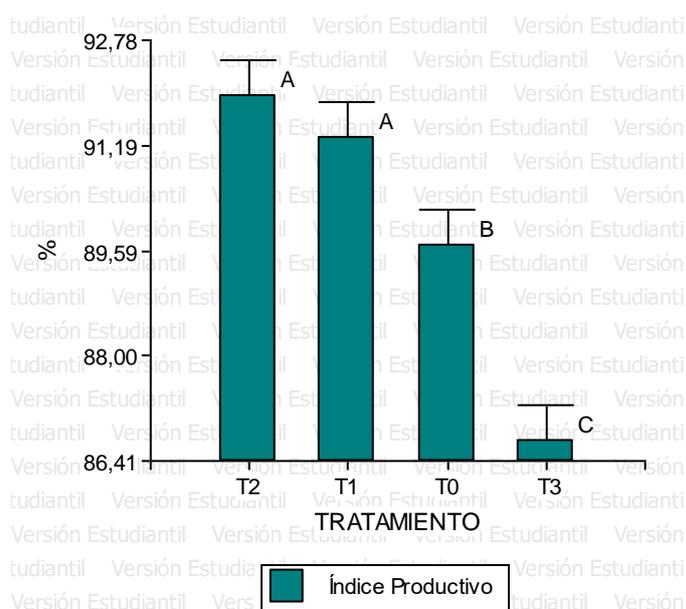
#### 4.1.3 Índice productivo

El índice productivo se obtuvo al relacionado la producción diaria de huevos para el número de animales, las medias de cada tratamiento fueron comparadas por análisis LSD Fisher determinado los siguientes resultados (Tabla 13).

**Tabla 13**  
Porcentaje del índice productivo

Tratamiento	Grados de Libertad	Índice Productivo	
		F-fisher	p-value
	3	17,57	<0,0001

Tratamiento	Índice Productivo (%)		
T2	91,93	0,56	A
T1	91,3	0,56	A
T0	89,67	0,56	B
T3	86,7	0,56	C



**Figura 9** Porcentaje del índice Productivo

Los tratamientos T2 y T1 obtuvieron mayor porcentaje del índice productivo comparado con el T0 y T3 que poseen valores inferiores. Las medias seguidas por las mismas letras son significativamente iguales según LDS Fisher ( $P=0,05$ ).

#### 4.1.4 Número de huevos

Se determinó la media del número de huevos recolectados/día/jula/tratamiento que luego fueron comparadas por análisis LSD Fisher (Tabla 14).

**Tabla 14**  
*Cantidad de huevos día*

Tratamiento	Grados de Libertad	# Huevos Dia	
		F-fisher	p-value
	3	13,77	<0,0001

Tratamiento	# Huevos Dia	
T2	3,14 ±0,01	A
T1	3,13 ±0,01	A
T0	3,1 ±0,01	B
T3	3,07 ±0,01	C

Los tratamientos T2 y T1 obtuvieron mayor número de huevos por día comparado con el T0 y T3 que poseen valores inferiores. Las medias seguidas por las mismas letras son iguales según LDS Fisher (P=0,05).

#### 4.1.5 Peso de huevos

Se determinó la media del peso de los huevos recolectados/día/jula/ tratamiento, que fueron comparadas por análisis LSD Fisher (Tabla 15).

**Tabla 15**  
*Raíz del peso de los huevos por día por jaula*

Tratamiento	Grados de Libertad	Peso de huevos	
		F-fisher	p-value
	3	10,7	<0,0001

Tratamiento	Peso de huevos	
T2	18,4 ±0,07	a
T1	18,3 ±0,07	a
T0	18,1 ±0,07	b
T3	17,9 ±0,07	c

Los tratamientos T2 y T1 obtuvieron huevos con mayor peso comparado con el T0 y T3 que poseen valores inferiores. Las medias seguidas por las mismas letras son iguales según LDS Fisher (P=0,05).

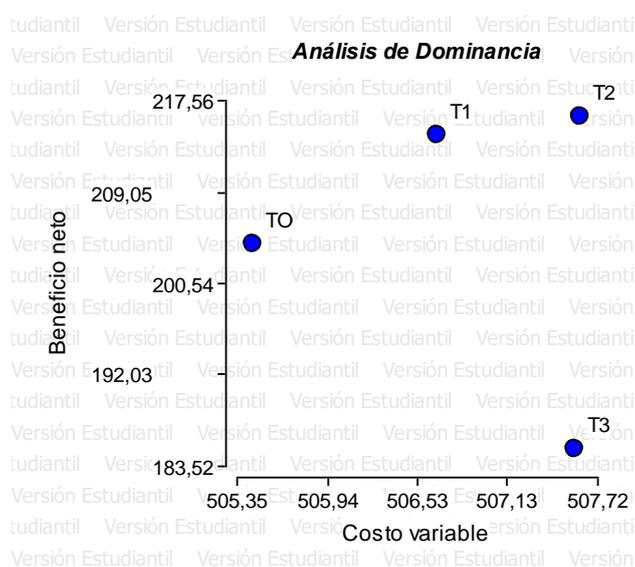
#### 4.1.6 Análisis marginal del costo de producción

Para establecer el mejor tratamiento desde el punto de vista económico, se aplicó el análisis marginal, en primera instancia se calcularon los costos que varían en todos los tratamientos. El beneficio bruto resulta de la multiplicación del rendimiento (número de huevos) por el costo unitario en el mercado y el beneficio neto es la diferencia entre el beneficio bruto y el total de los costos que varían (Tabla 16).

**Tabla 16**  
*Análisis de dominancia*

Tratamiento	Total de costos que Varían	Beneficio bruto	Beneficio neto
T0	505,46	709,6	204,14
T1	506,67	720,96	214,29
T2	507,61	723,62	216,01
T3	507,57	692,64	185,07

Se realizó un análisis de dominancia (Figura 10), en el que se relacionó los costos variables y el beneficio neto, determinando que el T3 es dominado, es decir fue descartado del análisis debido a que genera bajos beneficios netos.



**Figura 10** Análisis de Dominancia

Se determinó que el tratamiento que utilizó 160 gr/tn (T1) le produjo una tasa de retorno marginal de 8,38; mientras que el tratamiento que utilizó 240 gr/tn (T2) a parte del 8,38 tiene adicional 1,83 que sumados determina una tasa marginal de 10,2.

**Tabla 17**

*Análisis Marginal de los tratamientos no dominados*

<b>Tratamiento</b>	<b>Beneficio neto</b>	<b>Costo variable</b>	<b>Beneficio neto marginal</b>	<b>Costo variable marginal</b>	<b>Tasa de retorno marginal</b>
T0	204,14	505,46	10,15	1,21	8,388429752
T1	214,29	506,67	1,72	0,94	1,829787234
T2	216,01	507,61			

## CAPÍTULO V

### DISCUSIÓN

La fosfatidilcolina es una molécula natural obtenida de las plantas, que presenta cualidades superiores en comparación al cloruro de colina. Además, que es más bio disponible esto quiere decir que su asimilación en comparación al cloruro de colina es mayor. Su biodisponibilidad es producto de tener gran afinidad con los receptores intestinales, esto evita que las bacterias transformen la fosfatidilcolina en trimetilamina (Blanch, 2016).

El cloruro de colina tiene una asimilación promedio del 40%, por lo tanto, su dosificación es limitada ya que el sobrante a través del proceso microbiano es transformado en trimetilamina. La acumulación de trimetilamina provoca el síndrome de huevos de olor de pescado (Honkatukia et al., 2005). La fosfatidilcolina a diferencia del cloruro de colina es un compuesto muy noble, no es higroscópico es decir no acumula agua en contacto con la premezcla o el balaceado, además de no ser corrosiva con las vitaminas en la premezcla.

Chen et al. (2007) probó diferentes dosis de fosfatidilcolina ( 750 y 350 gr/Tn,) en gallinas ponedoras encontrando que entre estas dosis la producción de huevos no se vio afectada, por lo tanto en la presente investigación se ensayaron dosis inferiores (160, 240 y 320 gr/Tn) con el fin de analizar los posibles cambios.

Luna et al. (2011) comparó líneas de gallinas ponedoras que se encuentra en el Ecuador y determinó que Lohmann Brown- Classic posee características de desempeño productivo superiores a ISA Brown y Hy Line Brown. Además que Lohmann Brown- Classic es una línea que pose reconocimiento a nivel mundial y que en el Ecuador tiene una notable representación (Altamiran & Jarrín, 2015). En la presente investigación Lohmann Brown- Classic fue escogida para ser evaluada con el fin de acoplarse a la realidad del país.

La tercera fase de producción comienza después de la semana 65 de edad de las gallinas, donde la necesidad de colina aumenta debido que las aves a medida que envejecen pierden la capacidad de producir colina en forma endógena, por lo tanto esta etapa el % de producción de huevos ave-día empieza a descender (Butler, 1980). En la investigación, se evaluó aves que se encontraron en la Tercera Fase con el fin de analizar los posibles cambios en la producción de huevos.

En este estudio se demostró que a bajos niveles de fosfatidilcolina no influyeron en la calidad de huevos. Chen et al. (2007) al probar dosis más elevadas de fosfatidilcolina ( 750 y 350 gr/Tn.), obtuvo resultados similares donde no encontraron diferencias en calidad de huevos en los tratamiento. Esto se debe a que la fosfatidilcolina no influyen directamente en el metabolismo, ni en las sustancias que determinan la calidad de huevo (King'ori, 2012).

El color de la yema depende de la línea de gallina y de los carotenoides que se encuentran en el balaceado (Ahmadi & Rahimi, 2011). La concentración de carotenoides rojos y amarillos determina el color de la yema del huevo, por lo que en los sistemas productivos actuales suplementan pigmentos (cataxantina) que regulan el color de la yema (Leroy, 1915). Por lo que la fosfatidilcolina no afecta en si a la tonalidad de la yema de huevo.

La calidad de cáscara del huevo es relacionado con la edad de gallina y los nutrientes suministrados (Batshan et al., 1994). La cantidad de calcio suministrado determina el grosor y la dureza de la cáscara más las condiciones ambientales y estado de salud del animal (Roberts, 2004). En actual proyecto de investigación no se encontró diferencia de calidad de cascara huevo entre los tratamientos, determinado que la fostadilcolina no afecta en la asimilación de calcio ni en la formación de cascara del huevo. Al contrario de otras sustancias como el Ácido Ascórbico que si influye en la formación del huevo (Orban, Cummins, & Lovell, 1993).

La altura de la albúmina más el peso, determina la puntuación de la unidad Haugh, al tener mayor puntuación es decir existe mejor calidad del huevo (Swanson, 1980). Por lo que la altura de albúmina está directamente relacionada con la calidad del huevo (Wang, Liang, Dileep, Nat, & Wu, 2012). La viscosidad de albúmina es producto de la concentración de la proteína (ovomucina), por lo tanto la concentración de proteína en el balanceado y su disponibilidad son factores directos que determinan la calidad de huevo (Hiidenhovi, Mäkinen, Huopalahti†, & Ryhänen, 2002). En el presente estudio, no se encontró diferencia en las medias de la altura de la albúmina y en la puntuación de las unidades Haugh, determinado que la fosfatidilcolina no altera la concentración de la proteína del huevo (Ahmadi & Rahimi, 2011).

Kerbrat et al (2016) evaluó 4 tratamientos (T1= solo cloruro de colina 600gr/tn; T2= Biocolina 350 gr/tn; T3= cloruro de colina 600gr/tn + proteína real; T4= Biocolina 350 gr/tn + proteína real) en 240 gallinas comerciales, de las semanas 63 a la 68 (35 días). Encontrado que los tratamientos con Biocolina presentaron un índice productivo superior a los que tenían cloruro de colina. En el presente estudio observamos que el índice productivo de los tratamientos T1= 160 gr/tn y T2=240 gr/tn fueron más altos que el T3= 320 gr/tn y T0= testigo (cloruro de colina), en comparación con los estudios realizados por Kerbrat y Chen donde usaron dosis de fosfatidilcolina más altas, se determinó que los mejores tratamientos fueron los que tenían concentraciones más bajas, esto se debe a que la fosfatidilcolina es más asimilable y biodisponible que el cloruro de colina (Dowell, 2016). La fosfatidilcolina posee una asimilación del 90% a diferencia del cloruro de colina que tan solo un tercio es digerido por el animal (Fernández et al., 2004) por esta razón se necesita dosis más bajas para cubrir las necesidades de colina del ave.

La fosfatidilcolina al ingresar en el organismo del animal libera grupos metilo lábiles, los cuales ayudan en el metabolismo de las grasas, de tal manera que promueve la secreción de

adiponectina que facilita la lipólisis de forma que reduce la acumulación de grasa en hígado, por lo tanto, la fosfatidilcolina previene el síndrome del hígado graso, además que en caso de animales que ya presenten síntomas promueve su mejoría (Huang et al., 2008).

La fosfatidilcolina es una molécula que optimiza el metabolismo de los lípidos, por lo que las aves poseen más energía disponible para los procesos de producción de huevos (Schumann, Squires, & Leeson, 2000). En la investigación realizada observamos a través de los resultados obtenidos que las aves mejoran su desempeño productivo.

Tomando en consideración que en el experimento se obtuvo mejores resultados de índice productivo, peso y producción de huevos con T1 y T2, donde las concentraciones de fosfatidilcolina fueron más bajas en comparación con T3, esto se debe a que el exceso de fosfatidilcolina obstaculiza el metabolismo de las enzimas del hígado, existen reportes médicos donde menciona que el exceso de fosfatidilcolina en seres humanos puede provocar diarreas, náuseas y sudoraciones (Salazar, Cabrera, Ramos, Aguirre, & Olivar, 2013). Por lo tanto encontrar la dosis que permita obtener los resultados dependerá de factores como edad, línea productiva, condiciones medio ambientales, calidad de alimento y fase de producción (Aydin, 2005).

En T1 y T2 se obtuvieron huevos más pesados y un mayor índice producto debido a que la fosfatidilcolina optimizó el metabolismo de los lípidos, este resultado podemos compararlo con otros estudios donde el uso de fosfatidilcolina mejoró el desempeño de los animales, Gabriel et al. (2015) encontró, que al utilizar fosfatidilcolina en pollos broiler disminuyó la mortalidad y aumentó la ganancia de peso de las aves. Esto se debe a que la fosfatidilcolina participa en la activación de los receptores celulares PPAP $\alpha$  (receptores activados de proliferación de los peroxisomas) del metabolismo energético, los cuales pueden estimular la liberación de

adiponectina, proteína que interviene en la metabolización de glucosa y ácidos grasos (Chakravarthy et al., 2009). Por lo que permite optimizar el metabolismo energético del animal.

Además la fosfatidilcolina al no contener cloro en la composición, permite mejorar el control del stress calórico y el balance electrolítico ( $\text{Na} + \text{K} - \text{Cl}$ ), lo cual representa menor incorporación de  $\text{NaHCO}_3$  en la formula (Corona Kisboa, 2013).

El análisis marginal propuesto por Richard Perrin, es una herramienta que a través de una serie de procedimientos se realiza un análisis económico de los resultados obtenidos en los ensayos en fincas o sistemas productivos, que los investigadores Agropecuarios podrán utilizar para formular recomendaciones a los productores a partir de los datos obtenidos (Perrin, Winkelmann, Moscardi, & Anderson, 1983). Debido a lo cual, en la investigación adoptó este análisis para discernir los datos obtenidos y determinar el tratamiento más rentable.

De acuerdo con nuestro análisis marginal el mejor tratamiento en el aspecto económico fue T2 porque obtuvo una tasa de retorno marginal de 10,2 superior a todos los tratamientos, esto quiere decir que por cada dólar que se invierte en incluir fosfatidilcolina en la dieta se recupera el dólar más 10.2 dólares más. Teniendo en cuenta que T1 y el T2 no presentaron diferencias significativas en la media de producción de huevos, el T2 es más rentable porque en el análisis marginal se toma el número total de huevos y no la media producida. Por consiguiente, este factor afecta a los resultados obtenidos.

## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 Conclusiones

Los tratamientos T2 (240gr/tn) y T1 (160gr/tn) presentan el mayor rendimiento en cuanto a peso, cantidad de huevos, índice de producción y además poseen el menor porcentaje de mortalidad. Por lo cual se determinó que Fosfatidilcolina afecta el rendimiento y la producción de huevos.

Al evaluar la calidad de huevos en los tratamientos se determinó que no existe diferencia significativa según LDS Fisher ( $P=0,05$ ), mostrando que la mayor parte de los huevos era de categoría AA (muy buena) de acuerdo con la clasificación de la USDA.

De igual manera al determinar las medias de las unidades Haugh presentan valores similares (...) en todos los tratamientos, reiterando que la calidad de los huevos fue muy buena.

En el análisis económico se determinó que el tratamiento con mayor retorno marginal fue el T2 con 10,2.

## **6.2 Recomendaciones**

Incorporar la fosfatidilcolina en la pre-mezcla para obtener un balanceado homogéneo, de tal manera que, las aves reciban una dosificación igualitaria.

Utilizar el T2, debido a que presentó un mayor retorno marginal. El tratamiento T1 también puede ser usado, ya que presenta pesos y una media de producción de huevos similares al tratamiento T2.

Realizar estudios complementarios que determinen, si afecta la cantidad de colina en los huevos, ya que es muy importante para fines económicos y salud humana.

Realizar estudios que determinen las bondades o efectos de la fosfatidilcolina a nivel hepático y estado general de la salud de las aves en tercera fase de producción.

### 6.3 Bibliografía

- Ahmadi, F., & Rahimi, F. (2011). Factors Affecting Quality and Quantity of Egg Production in Laying Hens: A Review. *World Applied Sciences Journal*, 12(3), 372–384.
- Allinger, N., Cava, M., Jongh, D., Johnson, C., & Lebel, N. (1984). *Química Orgánica*. (R. Granados, Ed.) (Segunda). Barcelona.
- Almera, A., Zumalacárregui, L. M., Barreno, J., & YAN, Z. (2013). Desarrollo de un procedimiento para la extracción de  $\beta$ -caroteno y glicerol a partir de la microalga *Dunaliella* sp. en la salina Las Cumaraguas. *Journal de Química Cubana*, 25(2), 214–228.
- Altamiran, A., & Jarrín, F. (2015). *DISEÑO DE SISTEMA DE COSTOS Y FIJACIÓN DE PRECIOS PARA ALIMENTOS BALANCEADOS CASO: AVÍCOLA “ALTAMIRANO” TRABAJO*. PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR FACULTAD.
- Antillón, R. A. L., & López, C. C. (1987). *Enfermedades Nutricionales de las Aves*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Ayala, I., Cámara, P., Flores, I., Cascales, A. I., Panizo, G., Valdés, M., ... B, G. P. (2008). Experimental animal models of fatty liver disease and metabolic syndrome, 16, 5–16.
- Aydin, R. (2005). Type of Fatty Acids , Lipoprotein Secretion from Liver and Fatty Liver Syndrome in Laying Hens. *International Journal of Poultry Science* 4, 4(11), 917–919.
- Batshan, A., Scheidler, H., Black, S., Garlich, J., Anderson, K., & Vd, E. (1994). Duodenal calcium uptake, femur ash, and eggshell quality decline with age and increase following molt. *Poultry Science*, 73(10), 1590–1596.
- Blanch, A. (2016). Avances en el uso de colina natural en alimentación de aves. *nutriNews América Latina*, 7(12), 42–50.
- Butler, E. (1980). El síndrome del hígado graso y hemorrágico. En *Memoria de la VI Conferencia Europea de Avicultura* (pp. 10–15). Barcelona.
- Buxadé, C. (1995). *ZOOTECNIA Bases de producción animal*. (G. Gonzales & J. Piquer, Eds.) (Mundi Pren). Madrid.
- Carbajal, A. (2006). Calidad nutricional de los huevos y relación con la salud. *Revista de*

*Nutrición Práctica*, 73–76.

- Chakravarthy, M. V., Lodhi, I. J., Yin, L., Malapaka, R. R. V., Xu, H. E., & Turk, J. (2009). Identification of a Physiologically Relevant Endogenous Ligand for PPAR  $\alpha$  in Liver. *Cell*, 138(3), 476–488. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2009.05.036>
- Chen, Y. ., Youilg, K. ., Chang, S. ., Tsai, Y. ., & Chen, C. . (2007). Effect of biocholine as a replacement of synthetic choline supplement on the egg laying performance in laying hen. *Phytomedica*, 8, 75–81.
- Cochez, L. P., Morris, D. R., & Lansing, E. (1972). Lipid Accumulation and Hemorrhage in Livers of Laying Chickens. A Study on Fatty Liver-Hemorrhagic Syndrome (FLHS) 1, (5728), 278–279.
- Corona Kisboa, J. (2013). Effect of heat stress on the physiology and egg quality in laying hens. *REDVET*, 14(7), 225–240.
- Dowell, M. (2016). *Importancia de la Colina*. Switzerland.
- Eisen, E., Bohren, B. B., & McKean, H. E. (1962). The Haugh Unit as a Measure of Egg Albumen Quality. *British Poultry Science*, 41(5), 1461–1468.
- FEDNA. (2016). Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Recuperado a partir de [http://www.fundacionfedna.org/ingredientes\\_para\\_piensos/fuentes-de-colina](http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/fuentes-de-colina)
- Fernández, J. C., Revidatti, R. J., Zbinden, G. L., Granja, C., Producción, D., Cátedra, A., ... Ciencias, D. (2004). *Efectos de la suplementación con extracto de alcachofa (Cynara scolimus L.) y cloruro de colina sobre los índices productivos en pollos parrilleros sometidos a una maniobra inductora de estrés*. Universidad de Buenos Aires.
- Gabriel, C. (2015). “ ZT1443 ” *EXPERIMENT Total choline chloride substitution by Biocholine / Natu B4 in intensive broiler production*. Ploufragan Tél.
- Gonzales, A. (2007). *ADICIÓN DEL CLORURO DE COLINA EN LA ALIMENTACIÓN Y SU INFLUENCIA EN TERNERAS DE HASTA 6 MESES DE EDAD. MACHACHI - PICHINCHA*. ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO.
- Guide Lohmann brown-Classic*. (2016). Abschnede Alemania.
- Hiidenhovi, J., Mäkinen, J., Huopalahti†, R., & Ryhänen, E.-L. (2002). Comparison of

- Different Egg Albumen Fractions as Sources of Ovomucin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(10), 2840–2845.
- Honkatukia, M., Reese, K., Preisinger, R., Tuiskula-haavisto, M., Weigend, S., & Vilkki, J. (2005). Fishy taint in chicken eggs is associated with a substitution within a conserved motif of the FMO3 gene B, 86, 225–232. <https://doi.org/10.1016/j.ygeno.2005.04.005>
- Huang, X.-D., Yan, F., Hen, Z., Ping, W., Jin, Y., Jie, L., & YAN, Z. (2008). Serum leptin and soluble leptin receptor in non-alcoholic fatty liver disease. *World Journal of Gastroenterol*, 14(18), 2888–2893.
- INEC. (2016). *Encuesta de superficie y producción agropecuaria continua ESPAC 2014. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos*. <https://doi.org/10.4206/agrosur.1974.v2n2-09>
- Kerbrat, C. (2016). *PROTOCOL FOR “ ZT1531 ” EXPERIMENT Total choline chloride substitution by Biocholine / Natu B4 in layer hen*. Ploufragan.
- King'ori, A. (2012). Egg Quality Deffects: Types, Causes and Occurrence. *Animal Production Advances*, 2(8), 350–357.
- Leroy, S. (1915). XANTHOPHYLL, THE PRINCIPAL NATURAL YELLOW PIGMENT OF THE EGG YOLK, BODY FAT, AND BLOOD SERUM OF THE HEN. THE PHYSIOLOG- ICAL RELATION OF THE PIGMENT TO THE XAN- THOPHYLL OF PLANTS. *Journal of Biological Chemistry*, (144), 261–281.
- Lieber, C. S., Robins, S. J., Li, J., Decarli, L. M., Ki, M. M. A. K., Fasulo, J. M., & Leo, M. A. (1994). Phosphatidylcholine Protects Against Fibrosis and Cirrhosis in the Baboon, 152–159. [https://doi.org/10.1016/S0016-5085\(94\)95023-7](https://doi.org/10.1016/S0016-5085(94)95023-7)
- Luna, J., & Reyes, M. (2011). “*Evaluación De Los Parámetros Productivos Y Económicos De Las Ponedoras De La Linea Lohmann Brown-Classic En La Fase De Levante, En La Finca Experimental Punzara De La Universidad Nacional De Loja*”. Universidad Nacional de Loja.
- Mertins, O., Sebben, M., Schneider, P. H., Pohlmann, A. R., & Silveira, N. P. da. (2008). CHARACTERIZATION OF SOYBEAN PHOSPHATIDYLCHOLINE PURITY BY <sup>1</sup>H AND <sup>31</sup>P NMR. A P. *QUIM. NOVA*, 31(7), 1856–1859.

- Navarri, M. (2000). *Estudio de factores de calidad de huevos en ponedoras Isa Brown y Shaver Cross sometidas a diferentes dosis de Esparteína y alcaloides totales del lupino*. Universidad Austral de Chile.
- Orban, J., Cummins, K., & Lovell, R. (1993). Influence of Large Doses of Ascorbic Acid on Performance, Plasma Calcium, Bone Characteristics, and Eggshell Quality in Broilers and Leghorn Hens. *Poultry Science*, 72(4), 691–700.
- Perrin, R. k., Winkelmann, D. L., Moscardi, E. R., & Anderson, J. R. (1983). *FORMULACION DE RECOMENDACIONES A PARTIR DE DATOS AGRONOMICOS*. Mexico DF.
- Rehman, H. U. (1999). Fish odour syndrome, 451–452.
- Roberts, J. R. (2004). Factors Affecting Egg Internal Quality and Egg Shell Quality in Laying Hens. *The Journal of Poultry Science*, 41(3), 161–177.
- Salazar, J., Cabrera, M., Ramos, E., Aguirre, M., & Olivar, L. (2013). HDL-C y riesgo de aterosclerosis/HDL-c and risk of atherosclerosis. *Diabetes Internacional*, 5(2), 42–54.
- Schumann, B., Squires, E., & Leeson, S. (2000). Effect of dietary flaxseed, flax oil and n-3 fatty acid supplement on hepatic and plasma characteristics relevant to fatty liver haemorrhagic syndrome in laying hens. *British Poultry Science*, 41(4), 465–472.
- Shivaprasad, H. (2014). V curso de sanidad avícola. En P. Catalá (Ed.), *Herramientas de Diagnóstico y Prevención* (pp. 50–58). California.
- Swanson, M. H. (1980). Producción de huevos. *California Poultry Letter*, 1, 4–7.
- Velázquez, S. (2014). BM Editores. Recuperado a partir de <http://bmeditores.mx/sindrome-del-higado-graso-y-hemorragico-en-la-produccion-avicola/>
- Wang, J., Liang, Y., Dileep, O., Nat, N., & Wu, J. (2012). Proteomics Analysis of Egg White Proteins from Different Egg Varieties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(1), 272–282.
- Zeisel, S. H., & Costa, K. (2009). Choline : an essential nutrient for public health, 67(11), 615–623. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2009.00246.x>