



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**Efecto de tres niveles de una pre mezcla vitamínico-mineral sobre la producción y calidad de huevo en
gallinas (*Lohmann brown*)**

Castro Blacio, Robin Humberto

Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de Titulación previo a la Obtención del Título de Ingeniero Agropecuario

Ing. Ortiz Manzano, Mario Leonardo Mgs.

Marzo 2021



Urkund Analysis Result

Analysed Document: TESIS Robin Castro (1).docx (D105102015)
Submitted: 5/16/2021 3:04:00 PM
Submitted By: mlortiz@espe.edu.ec
Significance: 6 %

Sources included in the report:

- JOSE MARTINEZ REVISION.docx (D86610123)
- Tesis Denisse Torres.docx (D97857962)
- YURY HERNANDEZ TESIS.docx (D57078063)
- ANTEPROYECTO 13-8-2017.docx (D30093094)
- Eduardo Tesis.docx (D36561865)
- Evaluación de dos sistemas de levante hasta inicio de la etapa de pre postura en gallina de postura comercial Lohmann Brown-Classic bajo dos dietas nutricionales.pdf (D95087400)
- Aavicola.docx (D63195812)
- TESIS MAESTRIA EN NUTRICIÓN Y PRODUCCIÓN ANIMAL DR. NAVARRETE.docx (D46877865)
- PROYECTO.doc (D25246963)
- <http://146.155.94.41/xmlui/bitstream/handle/11534/22180/TESIS%20JO5%C3%89%20ARRU%C3%89%20VERSI%C3%93N%20FINAL.pdf>
- <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/14288/1/T-UCE-0014-054-2018.pdf>
- <http://www.zootecnia.ucr.ac.cr/index.php/asuntos-estudiantiles/tesis-para-consulta2/send/3-tesis-para-consulta/202-caracterizacion-del-perfil-de-acidos-grasos-y-calidad-fisica-y-microbiologica-del-huevo-de-gallina-en-tres-diferentes-sistemas-de-alijamiento-jaula-piso-y-con-acceso-a-pastoreo>
- <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/10261/1/Cristian%20An%C3%ADbal%20Lozano%20Veintimilla.pdf>
- <https://docplayer.es/46330724-Comparacion-de-dos-modelos-de-produccion-pastoreo-e-intensivo-y-su-efecto-en-la-calidad-de-huevos-y-bienestar-de-gallinas-de-postura.html>
- <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/71437/RODR%C3%8DGUEZ%20-%20TIPIFICACI%C3%93N%20DE%20LA%20CALIDAD%20DEL%20HUEVO%20DE%20GALLINA%20ECOL%C3%93GICO%20Y%20CONVENCIONAL..pdf?sequence=1>
- <https://docplayer.es/49442019-Resumen-palabras-clave-aminoacidos-azufrados-%7C-calidad-de-huevo-%7C-gallinas-de-postura.html>

Instances where selected sources appear:

37

Firma:

MARIO LEONARDO ORTIZ MANZANO
 Firmado digitalmente por MARIO LEONARDO ORTIZ MANZANO
 Fecha: 2021.05.19 13:25:14 -05'00'

Ortiz Manzano, Mario Leonardo

DIRECTOR



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA
CARRERA DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “Efecto de tres niveles de una pre mezcla vitamínico-mineral sobre la producción y calidad de huevo en gallinas (*Lohmann brown*)” fue realizado por el señor **Castro Blacio, Robin Humberto**, el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 19 de abril de 2021

Firma:

Firma:

MARIO
LEONARDO
ORTIZ MANZANO

Firmado digitalmente
por MARIO LEONARDO
ORTIZ MANZANO
Fecha: 2021.05.19
13:25:14 -05'00'

.....

Ortiz Manzano, Mario Leonardo

C.C. 0602065435



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, **Castro Blacio, Robin Humberto**, con cédula ciudadanía n°1723885495, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **Efecto de tres niveles de una pre mezcla vitamínico-mineral sobre la producción y calidad de huevo en gallinas (*Lohmann brown*)**, es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 19 de abril de 2021

Firma

Castro Blacio Robin Humberto

C.C.: 1723885495



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

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPUECUARIA

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo, **Castro Blacio, Robin Humberto**, con cédula de ciudadanía n°1723885495, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Efecto de tres niveles de una pre mezcla vitamínico-mineral sobre la producción y calidad de huevo en gallinas (*Lohmann brown*)**, en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, 19 de abril de 2021

Firma

Castro Blacio, Robin Humberto

C.C.: 1723885495

Dedicatoria

A **DIOS**, por sus infinitas bendiciones y protección durante todo mi proceso de formación. A mis padre Irene y Humberto que fueron un pilar fundamental y una gran guía siendo ejemplo de que las metas por más difíciles que sean se las puede cumplir con honestidad, dedicación y perseverancia. A mis hermanos Leonela y Christian que siempre fueron una guía clara en los momentos más cruciales y difíciles que tuve que afrontar en mi paso por la universidad.

Agradecimiento

Agradezco de la forma más enfática al Ing. Mario Ortiz por su apertura, su ayuda profesional y su acertada ayuda durante el proceso y desarrollo de la presente tesis. De igual manera un agradecimiento especial al Sr. Nelson Oña por su gran voluntad de colaboración y ayuda en el proceso de desarrollo de la tesis en la fase de campo.

Finalmente, agradezco a la Carrera de ingeniería Agropecuaria (IASA-1), por darme la mejor educación y formación con sus docentes altamente calificados.

“...Todo aquello que el hombre ignora no existe para él. Por eso el universo para cada uno, se resume al tamaño de su saber...”

Albert Einstein

Índice de contenido

Carátula.....	1
Resultado Urkund	2
Certificación	3
Responsabilidad de autoría	4
Autorización de Publicación	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento	7
Índice de contenido	8
Índice de tablas.....	13
Índice de figuras.....	15
Resumen	16
Abstract.....	17
Capítulo I	18
Introducción	18
Antecedentes	18
Justificación	19
Planteamiento del problema	20
Problema.....	20
Efectos	20
Causas	21
Objetivos	21
<i>General.....</i>	<i>21</i>
<i>Específico.....</i>	<i>21</i>

Hipótesis	21
Capítulo II	22
Marco referencial	22
La avicultura en el Ecuador	22
Producción de huevos en el Ecuador.....	23
Requerimientos nutricionales de la gallina ponedora	24
<i>Energía</i>	25
<i>Proteínas y aminoácidos</i>	26
<i>Minerales</i>	26
<i>Vitaminas</i>	27
Pre mezcla vitamínico-mineral (Ovomin)	29
Características de la línea genética Lohmann Brown	30
Aparato reproductor de la gallina	32
<i>Ovario</i>	32
<i>Folículo</i>	32
<i>Oviducto</i>	33
<i>Infundíbulo</i>	33
<i>Magnum</i>	34
<i>Itsmo</i>	34
<i>Útero</i>	34
<i>Vagina</i>	34
Fisiología de la formación del Huevo	35
Estructura del huevo	38

<i>Yema</i>	38
<i>Clara o albumen</i>	39
Albumen denso.....	40
Albumen fluido.	40
Chalazas.	40
Clara fluida interna.	40
<i>Cáscara o cascarón</i>	41
Primera capa.	42
Segunda capa.....	42
Tercera capa.	42
Cuarta capa.	43
Parámetros de calidad del huevo.....	43
Parámetros externos.....	44
<i>Peso del huevo</i>	44
<i>Calidad de la cáscara</i>	45
Textura.....	45
Índice de forma.....	46
Color.	47
Limpieza.	47
<i>Resistencia a la ruptura</i>	47
Parámetros de calidad interna del huevo.....	48
<i>Calidad de albumen</i>	48
<i>Unidades Haugh (UH)</i>	48

<i>Calidad de yema</i>	50
DSM Yolksfan.	50
<i>Presencia de pigmentos</i>	51
Manchas de sangre.	51
Manchas de carne.	51
<i>Aporte nutricional del huevo</i>	52
<i>Segundo ciclo de postura</i>	53
<i>Fisiología de la muda forzada</i>	54
Capítulo III	56
Metodología	56
Área de estudio	56
<i>Ubicación geográfica</i>	56
<i>Ubicación ecológica</i>	56
Materiales y equipos.....	57
<i>Materiales de campo</i>	57
<i>Equipos de laboratorio</i>	58
Método	58
<i>Selección del área de estudio</i>	58
<i>Elaboración del alimento balanceado</i>	59
Variables a medirse.....	61
<i>Calidad del huevo</i>	62
<i>Peso del huevo</i>	62
<i>Color de Yema</i>	62

	12
Resistencia de cáscara.....	62
Espesor de cáscara.....	63
Alto de albumina y Unidades Haugh.....	63
Producción.....	63
Análisis estadístico.....	63
Capítulo IV.....	65
Resultados y Discusión.....	65
Mortalidad.....	65
Producción.....	66
Calidad externa del huevo.....	67
Peso.....	67
Resistencia y espesor de la cáscara.....	70
Calidad interna del huevo.....	73
Color de la yema.....	73
Alto de albumen.....	75
Unidad Haugh (UH).....	75
Capítulo V.....	78
Conclusiones y Recomendaciones.....	78
Conclusiones.....	78
Recomendaciones.....	78
Referencia bibliográfica.....	79

Índice de tablas

Tabla 1	<i>Requerimientos Nutricionales de Gallinas Ponedoras de Huevos Marrones de desempeño Medio-Superior</i>	28
Tabla 2	<i>Contenido de micronutriente y vitaminas de Ovomin</i>	29
Tabla 3	<i>Parámetros productivos Lohmann Brown</i>	31
Tabla 4	<i>Sustancias inhibidoras presentes en la clara</i>	40
Tabla 5	<i>Características cualitativas del huevo según su categoría</i>	43
Tabla 6	<i>Calcificación del huevo según su peso</i>	45
Tabla 7	<i>Anomalías de textura que presenta el huevo</i>	46
Tabla 8	<i>Clasificación de la resistencia del cascarón de huevos marrón</i>	48
Tabla 9	<i>Relación Unidad Haugh y calidad de huevo</i>	49
Tabla 10	<i>Valor en proteínas del huevo.....</i>	53
Tabla 11	<i>Aporte nutritivo de la pre mezcla vitamínico-mineral (Ovomin).....</i>	61
Tabla 12	<i>Promedio \pm desviación estándar del porcentaje medio de postura diaria en los huevos de las gallinas Lohmann brown, sometidas a diferentes niveles de inclusión de Ovomin en el alimento balanceado</i>	66
Tabla 13	<i>Promedio \pm desviación estándar del peso de los huevos de la gallina Lohmann brown, bajo los diferentes niveles de inclusión de Ovomin en el alimento balanceado</i>	69
Tabla 14	<i>Clasificación a la ruptura en base al peso del huevo.....</i>	71
Tabla 15	<i>Promedio \pm desviación estándar de la resistencia y espesor del cascarón de los huevos de la gallina Lohmann brown, sometidas a diferentes niveles de inclusión de Ovomin en el alimento balanceado</i>	73
Tabla 16	<i>Promedio \pm desviación estándar del color de la yema de los huevos de la gallina Lohmann brown, sometidas a diferentes niveles de inclusión de Ovomin</i>	

	14
<i>en el alimento balanceado</i>	74

Tabla 17 *Promedio \pm desviación estándar del alto de albumen y las unidades Haugh de los huevos*

de las gallinas Lohmann brown, sometidas a diferentes niveles de inclusión de Ovomin

<i>en el alimento balanceado</i>	76
--	----

Índice de figuras

Figura 1	<i>Existencia de aves en Ecuador según su especie (en miles)</i>	23
Figura 2	<i>Producción semanal de huevos de gallina (en millones)</i>	24
Figura 3	<i>Esquema aparato reproductor de la gallina</i>	33
Figura 4	<i>Esquema del proceso de formación del huevo en la gallina</i>	37
Figura 5	<i>Estructura del huevo</i>	39
Figura 6	<i>Estructura cáscara de huevo</i>	42
Figura 7	<i>Abanico DMS Yolkfan</i>	51
Figura 8	<i>Fotografía digital del proyecto avícola</i>	56
Figura 9	<i>Disposición del experimento en campo</i>	59
Figura 10	<i>Dieta base a la cual se le agregara las diferentes concentraciones de la pre mezcla vitamínico-mineral</i>	60
Figura 11	<i>Porcentaje de mortalidad de las gallinas distribuidas en los distintos tratamientos</i>	65
Figura 12	<i>Clasificación por categorías del total de huevos producidos (en %)</i>	68

Resumen

El presente estudio se realizó con el fin de analizar el efecto de tres niveles de una pre mezcla vitamínico-mineral (Ovomin) sobre la producción y calidad de huevo en gallinas productoras de huevo comercial. Los tratamientos se formularon de acuerdo a las necesidades nutricionales de las aves en la tercera fase de producción (105 semanas), así se les ofreció a las aves en el alimento balanceado: T0 (sin pre mezcla vitamínico-mineral), T1(250g/ton), T2 (500g/ton), T3(750g/ton), los mismos que fueron comparados bajo un diseño completamente aleatorizado. En total se formularon cuatro tratamientos, con cien gallinas por tratamiento y con un tamaño de unidad experimental de cinco gallinas. Los datos fueron analizados por ANAVA. Donde el parámetro de producción de huevos mostro diferencias significativas entre los tratamientos ($P < 0.05$), en las aves que conformaron el tratamiento tres (T3), seguido por el tratamiento cero (T0) los cuales tuvieron mayor producción que los de más tratamientos. En cuanto a los parámetros de calidad de huevo, el aporte nutricional proporcionado por la pre mezcla vitamínico-mineral mejoro significativamente el espesor del cascarón ($P < 0.05$), de tal forma que las aves alimentadas con el tratamiento dos (T2) presentaron (0.36 ± 0.04) mm de espesor con respecto a los otros tratamientos. En cuanto al resto de parámetros de calidad interna como peso, resistencia a la ruptura, color de la yema, alto de albumen, unidades Haugh no mostraron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre tratamientos.

Palabras Clave: *Ovomin, Alimento balanceado, Gallina*

Abstract

The present study was carried out in order to analyze the effect of three levels of a vitamin-mineral premix (Ovomin) on the production and quality of eggs in commercial egg-producing hens. The treatments were formulated according to the nutritional needs of the birds in the third production phase (105 weeks), thus the birds were offered in the balanced feed: T0 (without vitamin-mineral pre-mix), T1 (250g / ton), T2 (500g / ton), T3 (750g / ton), the same ones that were compared under a completely randomized design. In total, four treatments were formulated, with one hundred hens per treatment and with an experimental unit size of five hens. The data were analyzed by ANAVA. Where the egg production parameter showed significant differences between the treatments ($P < 0.05$), in the birds that made up treatment three (T3), followed by treatment zero (T0) which had higher production than those with more treatments. Regarding the egg quality parameters, the nutritional contribution provided by the vitamin-mineral pre-mixture significantly improved the shell thickness ($P < 0.05$), in such a way that the birds fed with treatment two (T2) presented (0.36 ± 0.04) mm thick with respect to the other treatments. Regarding the rest of internal quality parameters such as weight, resistance to rupture, yolk color, high albumen, Haugh units did not show significant differences ($P > 0.05$) between treatments.

Keywords: *Ovomin, Balanced food, Hens*

Capítulo I

Introducción

Antecedentes

El huevo de gallina es desde la antigüedad es un alimento muy importante y completo en la dieta del hombre esto debido a su aporte nutricional y la biodisponibilidad para nuestro organismo, en la actualidad su consumo es casi generalizado en todo el mundo, de tal forma que conforma un sector específico dentro de la producción ganadera y la industria alimentaria (Fernández & Lobato, 2009).

La industria avícola en el Ecuador nace entre los años 1957-1958 con el establecimiento de la primera planta de incubación la cual producía huevos comerciales y venta de pollitas, para 1970 esta actividad cobra mayor importancia debido al crecimiento económico de la población (Romero, 2012).

En la actualidad en nuestro país la industria avícola se ha caracterizado por ser una de las actividades productivas de mayor rendimiento y estabilidad económica, generando un gran aporte en la economía circular, siendo esta actividad considerada como un complejo agroindustrial que articula una serie de procesos que van desde el mejoramiento genético, la producción de balanceados, la venta de pollos de engorde, pollitas de postura, la producción de huevos y todo esto con el fin de satisfacer las necesidades de consumo de la población (Vargas, 2016).

Dentro del contexto nutricional los huevos son considerados un alimento de alto valor nutritivo debido a su aporte de proteínas, minerales y diferentes vitaminas a la dieta de los seres humanos de tal modo que es considerado una excelente alternativa de alimentación en sociedades con déficit de proteína de origen animal (Cepro, 2002).

Bajo el contextos productivo, el consumo de huevos ha tenido un mayor realce en la dieta de los ecuatorianos en los últimos años, de tal manera que según reporta la Corporación Nacional de Avicultores del Ecuador en el año 2019 el consumo per cápita de huevos se ubicó en 226 unidades con respecto al consumo reportado de 91 unidades en el año de 1990 (CONAVE, 2019).

Justificación

En la actualidad dado la importancia nutricional que tiene el consumo de huevo es imperativo que sus componentes tales como peso, color de yema, unidades Haugh, alto de albumen, resistencia y espesor de cascara, se mantengan de la manera más óptima en el tiempo durante el cual la gallina sea productiva, es por esto que los esfuerzos de mejorar en las técnicas productivas están enfocados en la alimentación que se suministrada a las aves.

Las gallinas ponedoras se mantienen en producción aproximadamente hasta las 85 semanas de edad con un balanceado convencional, pero el periodo real de la puesta de huevos es solo de 60 semanas, es por ello que suministrando un balanceado adecuado que cubra todos los requerimientos energéticos de las gallinas viejas (mayor a 85 semanas de edad) las permita mantener por más tiempo y extender la producción de huevos posiblemente llegando a más de las 100 semanas (Acosta & Jaramillo , 2009).

Al alargar el periodo de postura no solo contribuirá al aumento de la rentabilidad de la explotación pecuaria sino también a una producción más sostenible de alimentos, con ciclos más largos de puesta, los costos operativos se equilibran generando una mayor rentabilidad para el productor (Singh, Cheng, & Silversides, 2009).

Por lo antes menciona es importante considerar un alimento con una buena base nutricional, es así como el presente trabajo busca adicionar al alimento concentrado el

suplemento alimenticio “OVOMIN” el cual proporcionara los nutrientes necesarios que ayudan a mejorar los parámetros productivos de la gallina y la calidad de huevo, lo que permitirá a los productores aumentar el bienestar de sus animales garantizando la sustentabilidad y sostenibilidad de la explotación.

Planteamiento del problema

La producción de huevos en la actualidad se basa en la implementación de modelos de explotación intensivos los cuales permiten un mejor manejo y control de las aves, al alargar el periodo de puesta con lleva un gran desafío, tanto porque entre más vieja es la gallina se va haciendo más notorio el declive de la producción y la baja calidad del huevo, así como también se ve minimizada la calidad del hueso, la salud y el bienestar de las aves.

Problema

A medida que el ave envejece y se alarga la producción de huevos la gallina pierde progresivamente la capacidad de metabolizar, absorber y movilizar los nutrientes del alimento que se le ofrece, lo cual genera un gran desafío nutricional para el productor, ya que se debe formular alimentos concentrados que satisfagan dichas necesidades metabólicas de las aves y que garanticen el bienestar animal.

Efectos

Una mala nutrición en las gallinas que se encuentran en la tercera fase de producción (mayor a 85 semanas) tiene como consecuencia un bajo desempeño en la producción de huevos además de la reducción en la calidad de los parámetros productivos, y con alto índice en la mortalidad provocando grandes pérdidas económicas al productor (Molnár, Zoons, Buyse, & Delezie, 2017).

Causas

La formulación de balanceados desequilibrados y que no cubran los requerimientos nutricionales de las gallinas, el alargar el periodo de postura y el estrés generado por las altas densidades de alojamiento son las causas por las cuales las aves presentan una baja producción en la tercera fase de postura (Buitrago & Ferero, 2016).

Objetivos

General

Valorar el uso de tres niveles de una pre mezcla vitamínico-mineral (250; 500 y 750 g/ton), suministrado ON TOP al alimento concentrado de gallinas *Lohmann Brown* sometidas a muda forzada, para evaluar el desempeño productivo y calidad de huevo.

Específico

Evaluar el efecto del uso de la pre mezcla vitamínico-mineral, sobre la producción de huevos en gallinas *Lohmann Brown* sometidas a muda forzada.

Determinar el efecto de la pre mezcla vitamínico-mineral sobre parámetros de calidad de huevo (peso, color de yema, Unidades Haugh, alto de albumen, resistencia y espesor de cascara).

Hipótesis

H0: Los huevos producidos por las aves suplementadas con 250 g/tn de la pre mezcla vitamínico-mineral, presentan similar resistencia a la ruptura que huevos producidos por las aves no suplementadas.

H1: Los huevos producidos por las aves suplementadas con 250 g/tn de la pre mezcla vitamínico-mineral, presentan mayor resistencia a la ruptura que huevos producidos por las aves no suplementadas.

Capítulo II

Marco referencial

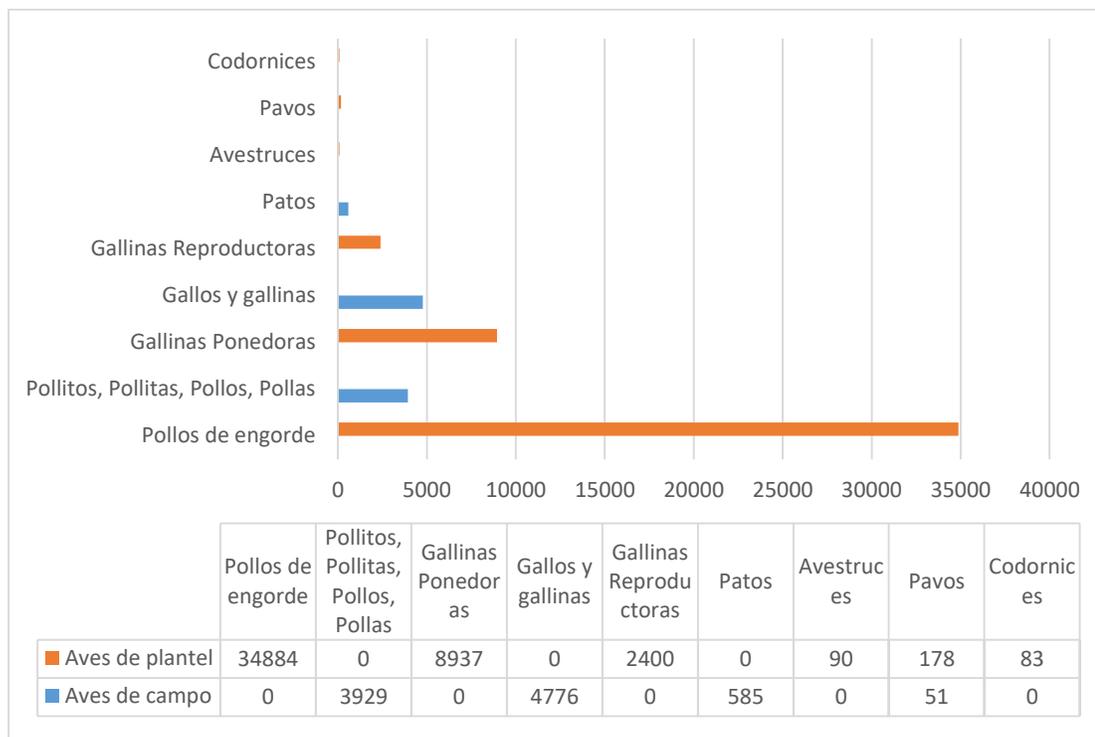
La avicultura en el Ecuador

La avicultura es una de las actividades pecuarias que refiere y está relacionada con la cría y el cuidado de aves, así, como también con el desarrollo de su explotación comercial. En Ecuador la avicultura con un carácter empresarial nace en 1957 con el establecimiento de la primera planta de incubación artificial donde se realizaban actividades relacionadas con la producción de huevos y la venta de pollitas (Rosales, 2017). En los últimos 40 años esta actividad ha tenido un mayor dinamismo debido al aumento de la población y a su demanda por ser una fuente de proteína animal de bajo costo (Romero, 2012).

Según el Instituto Nacional de Estadística y Censo por medio de las Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) evidencia que en el 2019 a nivel nacional la existencia de aves criadas en el campo es de 9'341.321 animales, mientras que el número de aves criadas en planteles avícolas es de 46'572.210, como se detalla en la Figura 1 (INEC, 2019).

Figura 1

Existencia de aves en Ecuador según su especie (en miles)



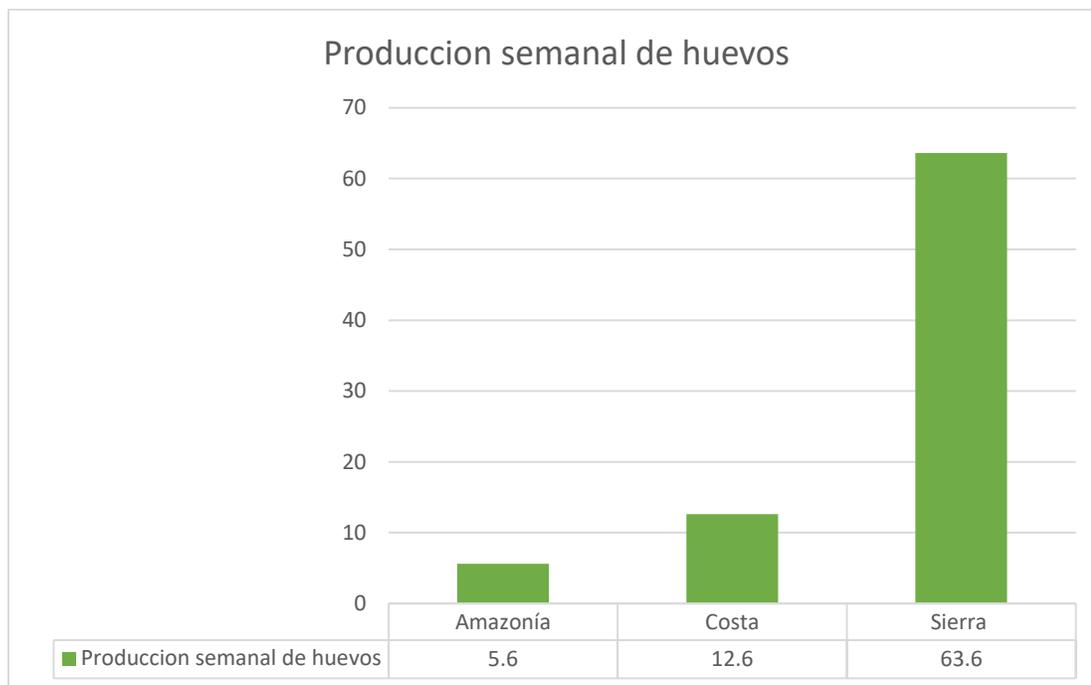
Nota. El gráfico representa la existencia de aves (en miles) según su especie en Ecuador durante el año 2019. Tomado de: Boletín técnico 01-2019-ESPAC (INEC, 2019).

Producción de huevos en el Ecuador

Tomando en consideración que las proteínas tienen entre sus funciones fabricar, renovar y regenerar constantemente los tejidos, el consumo de huevos ha tenido un rol protagónico dentro de la dieta de los ecuatorianos, ya que es la forma más económica de suministrar proteínas al organismo. Por tal motivo en las últimas décadas y bajo la creciente demanda, en el país se produjeron 3.904 millones de huevos en el año 2019, los cuales el 8.6% provienen de aves criadas en campo y el 91.4% de plantales avícolas, siendo la región de la Sierra líder con un 75.4% de la producción nacional de huevos, como se detalla en la Figura 2 (INEC, 2019).

Figura 2

Producción semanal de huevos de gallina (en millones)



Nota. El gráfico representa la producción semanal de huevos (en miles) en las regiones de la Amazonía, Costa y Sierra del Ecuador durante el año 2019. Tomado de: Boletín técnico 01-2019-ESPAC (INEC, 2019).

Requerimientos nutricionales de la gallina ponedora

Durante las últimas décadas se ha puesto un gran énfasis en mejorar la capacidad genética de las gallinas ponedoras con el fin de aumentar la eficiencia en producción de huevos, pero dicha capacidad se ha visto afectada directamente por la calidad nutricional del alimento balanceado que se ofrece a las aves.

Entre los nutrientes que determinan una buena producción y calidad de huevo tenemos: energía, proteína bruta-aminoácidos, calcio, fósforo y vitaminas los cuales deben estar en

proporciones adecuada para que cubran los requerimientos metabólicos del ave, como se detalla en la Tabla 1 (Scott, 1965).

Energía

Es uno de los principales aspectos que se debe tomar en cuenta para la formulación de balanceados en gallinas ponedoras, según N.R.C en 1984 la energía metabolizable se estima de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$EMI = (173 + (1,97 \cdot T))P^{0,75} + (5,5 \cdot AP) + (2,07 \cdot PHU)$$

Donde:

EMI: ingesta de energía metabolizable (Kcal/día)

P: peso de la gallina (g)

AP: ganancia de peso diario (g/día)

PHU: producción de huevos diario (g/día)

T: temperatura (°C)

Las gallinas que se encuentran en la tercera fase de producción y post muda forzada en condiciones de temperatura normales tienen necesidades energéticas diarias 290 a 310 kcal/ave/día lo que sugiere que el alimento balanceado a suministrarse tenga como mínimo 2850 kcal/kg. (N.R.C, 1994).

La forma más frecuente de suministrar la energía a la dieta es por medio de las grasas, las cuales tienen como función mejora la palatabilidad y reduce la polvosidad del balanceado, además al ser suministradas al alimento balanceado aumentan la disponibilidad de energía,

proporcionan protección superficial en las membranas celulares, son precursor de hormonas, y son un medio de transporte de las vitaminas liposolubles (Cuca, Avila, & Martínez, 2008).

Proteínas y aminoácidos

Las proteínas son necesarias para la formación y mantenimiento de los tejidos, y en el caso de las gallinas ponedoras también tiene un efecto en el peso y tamaño del huevo pero muchos de los requerimientos de proteína bruta para gallinas se establecieron en la década de los noventa con sistemas productivos y genética inferior a la de hoy en día (Bonekamp, Lemme, Wijtten, & Sparla, 2010).

En cuanto al tamaño del huevo es determinante el contenido de proteína en la dieta, en la actualidad la formulación de balanceados considera que los requerimientos de proteína bruta en gallinas que han superado la tercera fase de postura sea de un 17%, y además se le debe adicionar aminoácidos azufrados y metionina, lo que nos permite tener una alta productividad por periodos de tiempo más largos (Joly, 2008).

Minerales

Son varias las funciones que desempeñan los minerales en el organismo animal, por ejemplo, en las aves de postura necesitan recibir constantemente minerales para la formación de la cascara del huevo que contienen cantidades apreciables de calcio.

El fósforo está estrechamente relacionado con el metabolismo del calcio para la formación del cascaron. Defectos o excesos en el contenido de fósforo disponible en la dieta desembocan en la mala formación del cascaron (quebraduras o porosidad) por ello es recomendable suministrar entre 0.36-0.38 g/ave/día. El calcio también es importante porque su concentración en el organismo de la gallinas también afecta la calidad del cascarón y al igual que

las proteínas está involucrado en la producción del huevo (Gutiérrez, Cuca, Martínez, Becerril, & Figueroa, 2013). La composición de la cascara de huevo es 94% carbonato de calcio el mismo que puede provenir de dos fuentes distintas, una de ellas es el calcio medular y la otra es la que se le provee a la gallina a través del balanceado, la suministración de calcio exógeno previene la movilización de calcio óseo durante la formación huevo (Ortíz, 2002).

Vitaminas

Las vitaminas son importantes y necesarias ya que son coadyuvantes en los procesos fisiológicos de los animales. La vitamina D es una hormona que se forma por la ruptura de un compuesto derivado del colesterol en la piel de los animales que se encuentra en contacto con el sol, la síntesis de esta vitamina no es suficiente en animales con plumas por eso es importante administrar de manera exógena este compuesto. En el caso de las gallinas la vitamina D 3 es necesaria para la absorción de calcio durante la formación del cascaron (Pérez & García, 2012; Ortíz, 2002).

Tabla 1

Requerimientos Nutricionales de Gallinas Ponedoras de Huevos Marrones de desempeño Medio-Superior

Componentes						
Concentración (g/ave/día)						
Peso corporal (kg)		1,85		1,94		1,98
Ganancia (g/día)		1,0		0,5		0,1
Masa de huevo (g/día)		60,0		58,5		55,5
Energía metabolizable (Kcal/día)		330		329		322
Energía metabolizable (Kcal/kg)		2.850		2.850		2.850
Energía neta (Kcal/kg)		2280		2280		2280
Consumo (g/día)		115,8		115,6		113,2
Proteína cruda total (g/día)		17,52		15,30		14,53
Macro y micro nutrientes (%)						
Calcio (%)		3,889		4,500		3,976
Fósforo disponible (%)		0,318		0,368		0,325
Fósforo digestible (%)		0,287		0,332		0,293
Potasio (%)		0,449		0,520		0,459
Sodio (%)		0,179		0,207		0,183
Cloro (%)		0,155		0,190		0,168
Ácidos esenciales (%)						
Ácido linoleico %		1,071		1,073		1,095
Aminoácidos (%)						
	Digestible	Total	Digestible	Total	Digestible	Total
Lisina	0,756	0,849	0,736	0,827	0,713	0,801
Metionina	0,408	0,450	0,397	0,438	0,385	0,425
Metionina + Cisteina	0,741	0,824	0,721	0,802	0,699	0,777
Treonina	0,582	0,680	0,567	0,662	0,549	0,641
Triptófano	0,174	0,195	0,190	0,164	0,164	0,184
Arginina	0,756	0,815	0,794	0,713	0,713	0,769
Glicina + Serina	0,582	0,680	0,662	0,549	0,549	0,641
Valina	0,703	0,790	0,769	0,663	0,663	0,745
Isoleucina	0,590	0,663	0,645	0,556	0,556	0,625
Leucina	0,922	1,011	0,984	0,870	0,870	0,953
Histidina	0,219	0,283	0,232	0,207	0,207	0,224
Fenilalanina	0,491	0,535	0,521	0,463	0,463	0,505
Fenilalanina + Tirosina	0,892	0,977	0,951	0,841	0,841	0,921

Nota. Esta tabla muestra los requerimientos nutricionales de las gallinas ponedoras de huevos color marrón, cuyo desempeño es medio-superior. Tomado de: Tablas brasileñas para aves y cerdos: (Rostagno, y otros, 2017).

Pre mezcla vitamínico-mineral (Ovomin)

OVOMIN es un suplemento alimenticio indicado para el uso en aves de postura, el cual genera aportes importantes dentro de la dieta, enriqueciéndola con micro minerales y vitaminas que ayudan a potencializar el valor nutritivo y la bio-disponibilidad de los nutrientes en el alimento balanceado, cuyo fin es mejorar los parámetros productivos y la calidad del huevo. Por cada 100 gramos de producto encontramos los siguientes nutrientes:

Tabla 2

Contenido de micronutriente y vitaminas de Ovomin

Nutrientes	Contenido mínimo
Sodio (Na)	17,1%
Fósforo (P)	12,7%
Calcio (Ca)	4,46%
Zinc (Zn)	6%
Cobre (Cu)	0,60%
Magnesio (Mg)	0,07%
Manganeso (Mn)	6%
Hierro (Fe)	0,81%
Potasio (K)	0,021%
Azufre (S)	3,62%
Vitamina D	300008 IU

Nota: La presente tabla muestra el contenido de micro nutrientes, así como de vitaminas que están presentes en cada 100g de Ovomin. Tomado de: (NUTRION, 2019).

Características de la línea genética Lohmann Brown

La raza o línea genética Lohmann Brown, son gallinas ponedoras de origen alemán, son una línea genética destinada para la producción de huevo marrón, que presenta gran desempeño y fortalezas durante su vida productiva, además de un alto pico de postura; sus huevos son de buen tamaño y excelente pigmentación en su cáscara, además la variedad de gallinas ponedoras más utilizadas en distintos países como gallina industrial, su potencial genético lidera en parámetros productivos. Es una gallina muy completa y fácil de criar, ya que posee un comportamiento dócil y tranquilo, tiene una edad de producción entre los 140-150 días, alcanza el pico de producción a las treinta semanas de edad como se muestra en la Tabla 3. El número de huevos por gallina a los 16 meses varía de 400-405, el peso medio del huevo es de 64.5-65.5, el color del cascarón es marrón, presentan resistencia a las quebraduras mayores a 40 Newton. El consumo de alimento de 1 a 20 semanas de edad es de 7.4-7.8 Kg, en el periodo de producción el consumo diario de alimento es de 110-120 gramos/día, mientras que la conversión alimenticia va 2-2.1 Kg/Kg de masa de huevo. El peso corporal a las 20 semanas de edad es de 1.6-1.7 Kg, al final de la producción el peso corporal es de 1.9-2.1Kg, la variabilidad de supervivencia en el período de crianza es de 97-98% y en el periodo de producción de 93-95%, Tabla 3 (Lohmann, 2019).

Tabla 3*Parámetros productivos Lohmann Brown*

Descripción	Rango		
Edad al 50% de producción	140-150 días		
Pico de producción	93-95 %		
Producción de huevos			
Edad	Huevos por Gallina alojada	Masa de Huevo por Gallina alojada	Peso promedio del huevo
12 meses de postura	315-320	20-20,5 kg	63,5-64,5 g
14 meses de postura	355-360	22,5-23,5 kg	64-64 g
16 meses de postura	400-405	22,5-26,5 kg	64,5-65,5 g
Características del huevo			
Color de la cascara	Marrón		
Resistencia de la cascara	> 40 Newton		
Consumo de alimento			
1-20 semanas	7,4 – 7,8 kg		
En producción	110-120 g/ave/día		
Conversión alimenticia	2-2,1 kg/kg masa de huevo		
Peso corporal			
A las 20 semanas	1,6-1,7 kg		
A final de la producción	1,9-2,1 kg		
Viabilidad			
Levante (cría-recría)	97-98 %		
Período de postura	93-95 %		

Nota: la presente tabla muestra las características productivas de la raza de gallinas Lohmann Brown en diferentes estados fisiológicos. Tomados de: Guía de manejo Lohmann Brown- Classic (Lohmann, 2019).

Aparato reproductor de la gallina

El aparato reproductor de la gallina se distinguen dos estructuras fundamentales (ovario y oviducto) relacionadas con la composición y formación de huevo, el ovario contribuye a la formación de la yema mientras que el oviducto ayuda a la formación de la clara y la cascara. El ovario y el oviducto derecho e izquierdo se encuentran presentes apenas nace la pollita, pero semanas después se produce la atrofia del lado derecho, esto ocurre por un aspecto estrictamente evolutivo de la adaptación a volar de las aves (Sauveur, 1992).

Ovario

Durante la madurez y actividad sexual de la gallina, el ovario tiene aproximadamente 1,2 - 3,4 cm de longitud; 0,8 - 2,2 cm de ancho y 0,35 - 1 cm de alto. Presenta un aspecto de racimo de uvas muy compacto, debido a los numerosos folículos en la superficie. El ovario se encuentra situado en la parte superior de la cavidad abdominal por debajo de la arteria aorta y de la vena cava superior, sujetado por los ligamentos mesováricos e irrigado por la arteria ovárica (Altamirano, Bulfon, & Bee de Spironi, 2009; Antruejo, Rosmini, Azcona, & Schang, 2010).

Folículo

Cada folículo está constituido por un ovocito lleno de vitelo, rodeado de una pared folicular muy vascularizada la cual esta irrigada por la arteria ovárica la que penetra atreves del tallo folicular y se ramifica a cada uno de los folículos, los cuales están unidos a los ovarios. Cuando la gallina se aproxima a la madurez sexual la gónada aumenta su tamaño y peso tomando un aspecto de racimo de uvas con folículos portadores de yemas, junto a ellos se encuentran los

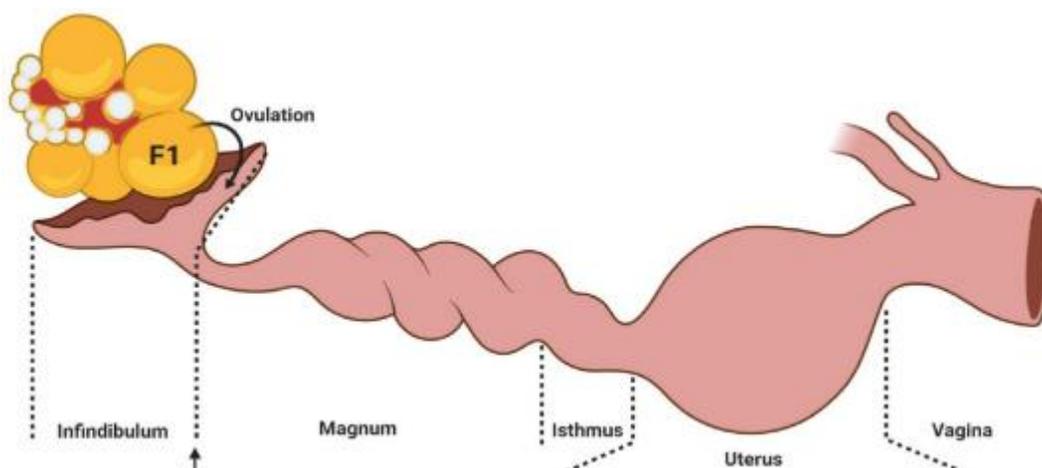
folículos pequeños y vacíos. En el momento de la ovulación, las arterias dejan de nutrir al folículo seleccionado para desprenderse, con lo cual el pedicelo se rompe y la yema cae al oviducto (Johnason, 2015; Vargas, 2016; Antruejo, Rosmini, Azcona, & Schang, 2010).

Oviducto

Se presenta como un tubo de color rosa pálido, que se extiende desde la región del ovario a la cloaca. Este órgano puede ser dividido en 4 partes, fisiológicamente diferentes una de otra, donde se encuentran el infundíbulo, magnum, istmo y útero (Figura 3).

Figura 3

Esquema aparato reproductor de la gallina



Nota. Esquema del aparato reproductor de la gallina, donde puede apreciarse el ovario y el oviducto con sus distintas partes: infundíbulo, magnum, istmo, útero, vagina y cloaca. Tomado de: International Journal of Molecular Sciences (Estienne, y otros, 2020).

Infundíbulo

Mide aproximadamente 7 cm de longitud y se presenta en forma de embudo, posee dos porciones una en forma estriada y otra tubular, en esta zona se produce el almacenamiento de

espermatozoides y la fertilización, si es una reproductora. Las contracciones de sus músculos hacen avanzar la yema hacia el magnum (Sauveur, 1992; Vargas, 2016).

Magnum

Es considerada la sección más larga mide aproximadamente 30 cm, sus paredes son muy elásticas y presentan grades pliegues conformados por asas. Posee abundantes glándulas especializadas que secretan ovoalbúmina, lisozima, ovotransferrina y ovomucoide, los cuales componen el 80% del albumen que contendrá el futuro huevo (Vargas, 2016; Sauveur, 1992).

Itsmo

Mide aproximadamente 10 cm de longitud, presenta un diámetro menor al del magnum y sus paredes son más delgadas, su túnica glandular presenta pliegues más acentuados, aquí comienza la secreción de las membranas testáceas (interna y externa) y se inicia la base de la cáscara, formada a partir de los núcleos de calcita (Altamirano, Bulfon, & Bee de Spononi, 2009).

Útero

Mide aproximadamente 10 cm de longitud, con forma de bolsa y paredes musculares gruesas, dentro del útero se produce la mineralización del cascaron y se produce la pigmentación del mismo (Antruevo, Rosmini, Azcona, & Schang, 2010).

Vagina

Parte estrecha y muscular que se presenta en forma de "S", sus paredes tienen repliegues longitudinales además presenta criptas glandulares en la unión con el útero con el fin de almacenar los espermatozoides, en esta sección del oviducto se genera la cutícula que evita el paso de microorganismos. En la vagina se produce la rotación del huevo que durante el paso en

el oviducto desarrollándose por el lado agudo y luego de la rotación en la vagina se encuentra listo para salir por el lado romo (Vargas, 2016; Sauveur, 1992).

Fisiología de la formación del Huevo

El desarrollo y formación del huevo es complejo y comprende varios procesos internos en el aparato reproductor de la hembra (gallina), que van desde la ovulación hasta la puesta del huevo. La gallina produce un huevo cada 24-26 horas, independientemente de que estos sean o no fecundados por un gallo. Para que el huevo cumpla los requisitos de calidad, los numerosos componentes que lo integran deben ser sintetizados correctamente y deben ser suministrados en la secuencia, cantidad y orientación adecuada. El éxito de este proceso de formación se basa en que las gallinas sean alimentadas con nutrientes de alta calidad y mantenidas en situación de confort ambiental, y un óptimo estado sanitario (Fernández & Lobato, 2009).

Los folículos, que más tarde serán las yemas, crecen en el ovario izquierdo. Después de la ovulación el óvulo libre se recoge en el infundíbulo del oviducto izquierdo, en este sitio se da la formación de la membrana peri-vitelina y las chalazas dicho proceso dura unos 15 a 20 minutos.

Luego la yema es transportada a la zona de secreción de albumen, o magnum por un periodo aproximado de 3 horas, donde es recubierta por albumina la cual está constituida por agua, proteínas, globulinas y mucinas en mayor o menor (albumina densa o fluida) concentración.

Posteriormente pasa al istmo cerca de 1 hora, donde se forma la membrana albuminífera y testácea, estas membranas están compuestas por fibras de proteína, las membranas recién formadas actúan como barrera para evitar la penetración de microorganismos además previene la evaporación rápida.

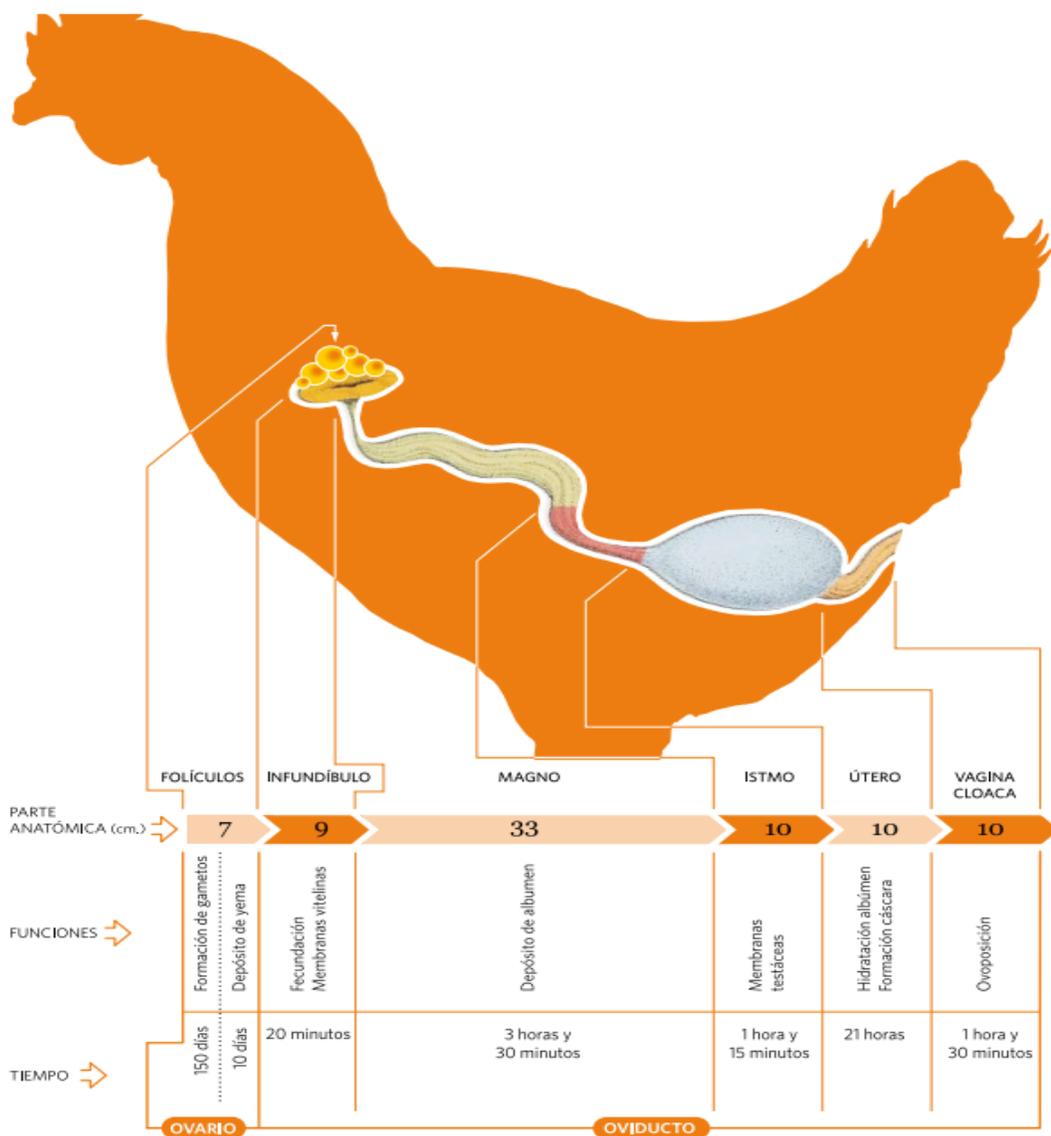
Del mismo, el material del huevo que se forma en ese momento pasa al útero por un periodo de 5 horas donde las membranas albuminíferas y testáceas por un proceso de osmosis dejan pasar agua y sales al interior del huevo para que de esta manera pueda completar su contenido.

Dentro del útero por acción de la glándula calcígena (útero en dos fases) se da la formación de la cáscara en el centro mamilar, en la glándula calcárea propiamente dicha para la calcificación del cascarón la glándula transporta unos 2,3 g de calcio en forma de carbonato de calcio sobre las fibras de la membrana testácea externa durante un periodo de 15 horas, además de la adición de pequeñas cantidades de sodio (Na^+), potasio (K^+) y magnesio (Mg). Antes de que el huevo salga completamente formado del útero es recubierto por la cutícula la cual tiene como función ser antibacterial y principalmente lubricar el cascarón para que el huevo pase con facilidad por la vagina y la cloaca. Una vez completado todo el proceso mencionado anteriormente se da la ovoposición la cuál puede durar de 60 a 90 minutos (Huyghebaert, 2006; Troncoso & Rodríguez, 2014; Vaca, 1991).

Terminado el proceso de calcificación empieza la formación de la cutícula la misma que se comienza a generar de 30-90 minutos antes de la ovoposición, la cutícula es una capa cuyo espesor se estima de 5-10 micrómetro que rodea la superficie del cascarón que tiene por función limitar el paso de microorganismos a través de la cascara (Muñoz, Domínguez, Jimenez, & Rodríguez, 2015).

Figura 4

Esquema del proceso de formación del huevo en la gallina



Nota. El presente esquema muestra las partes del sistema reproductor de la gallina, la función que desempeña cada sección y el tiempo que se demora en realizar cada proceso. Tomado de: El gran libro del huevo (Instituto de Estudios del Huevo, 2009).

Estructura del huevo

El huevo está constituido básicamente por tres componentes principales entre las que tenemos la yema la cual se encuentra en la parte central y esta englobada por la clara o albumen, y todo ello se encuentra envuelto por la cascara. Las proporciones de espacio que ocupan cada uno de los componentes están determinados de la siguiente manera; la yema 31%, el albumen 58% y la cascara el 11%.

Yema

La yema o vitelo está ubicada en la parte central del huevo, presenta un color amarillo. Dentro de los nutrientes que conforman la yema tenemos 50% agua, 16,7 % proteínas, 31,6% lípidos, además también encontramos carotenoides y vitaminas liposolubles (A, D, E y K) (Anh, Sell, Chamruspollert, & Jeffrey, 1999). En la superficie de la yema encontramos el disco germinal (Figura 6) que es lugar de división de las células embrionarias cuando el huevo está fecundado (Instituto de Estudios del Huevo, 2009).

El color amarillo que presenta la yema se encuentra relacionado directamente con la calidad del alimento balanceado que consume la gallina, de tal forma que si se le ofrece un balanceado con altos niveles de carotenos y vitamina A, la yema presentara colores pálidos, mientras que si se le ofrece mayor concentración de xantofilas presentara yemas de colores más oscuros (Halaj, Benkova, & Baumgartner, 1998; Hernández, y otros, 2013). Además, está rodeada por la membrana vitelina, la cual le proporciona una forma redonda y actúa como una barrera protectora que impide la transferencia de agua proveniente de la clara.

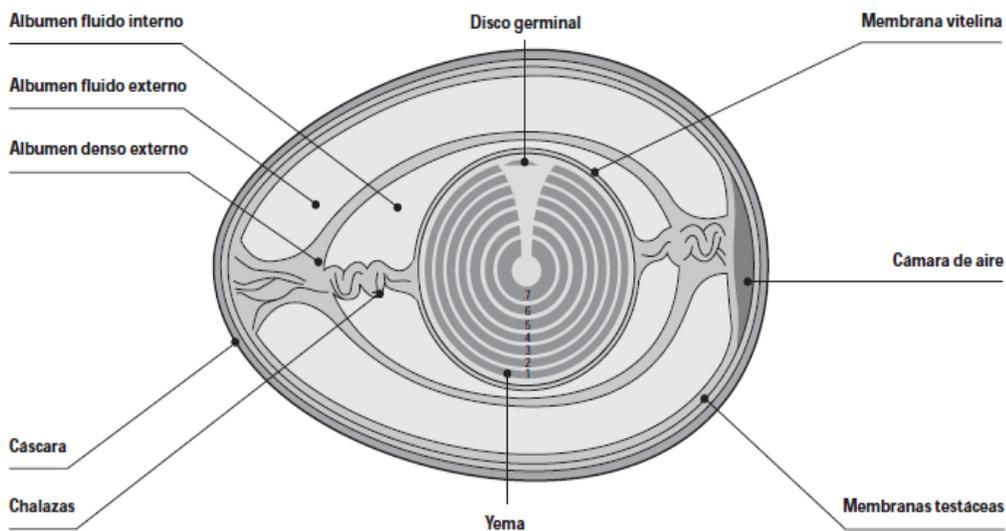
Clara o albumen

La clara es considerada una solución acuosa de proteínas de aspecto viscoso. Según (Barroeta, 2002): La clara o albumen está compuesta básicamente por agua (88%) y proteínas (cerca del 12%).

El procedimiento de hidratación de la clara se completa cuando el huevo llega al útero, siendo evidente el aumento del volumen del mismo. Además, se produce el tensado de las membranas testáceas, y es aquí donde podemos apreciar las diferentes estructuras que conforman la clara (Figura 6) las misma que son el resultado de una progresiva y lenta rotación que produce la torsión de las fibras proteicas del albumen denso y permite la liberación del albumen fluido (Buxadé & Sauveur, 1993).

Figura 5

Estructura del huevo



Nota. La presente figura muestra un corte transversal donde se puede categorizar las partes internas del huevo. Tomado de: Lecciones sobre el huevo (Barroeta, 2002).

Albumen denso. También llamado clara densa externa la cual constituye el 57% del albumen total es una masa gelatinosa que se extiende hacia ambos extremos del huevo, rodea a la yema y es la principal fuente de riboflavina y de proteína del huevo (Johnason, 2015).

Albumen fluido. También llamado clara fluida externa la cual constituye el 23% del albumen total, está en contacto con las membranas testáceas de la cascara (Quintana, 2011).

Chalazas. También conocida como clara densa interna la cual constituye el 3% del albumen total, son una estructura con forma de filamentos enrollados, que van desde la yema hasta los polos opuestos del huevo para dejarla en una posición central y protegerla de presión mecánica (Johnason, 2015).

Clara fluida interna. La cual constituye el 17% del albumen total.

La clara también proporciona una barrera de protección (bacteriostática y bactericida) que restringen e impide el ingreso de microorganismos (Tabla 4).

Tabla 4

Sustancias inhibidoras presentes en la clara

Sustancia	Carácter biológico	Función
Lisozima	Enzima	Bactericida
Avidina	Glicoproteína	Bactericida
Conalbúmina	Glicoproteína	Bactericida
Riboflavina	Vitamina del complejo B	Bactericida
Ovoalbúmina	Glicoproteína	Bactericida
Conalbúmina	Glicoproteína	Bactericida
Ovomucoide	Glicoproteína	Bactericida

Sustancia	Carácter biológico	Función
Ovoglobulina	Glicoproteína	Bactericida
Ovomucina	Glucoproteína	Bactericida

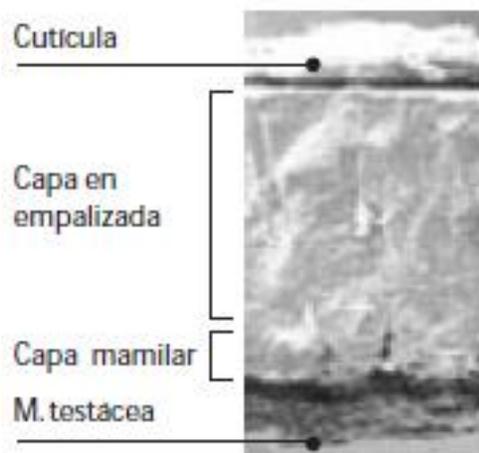
Nota. La presente tabla muestra las características biológicas y la función que desempeñan las sustancias inhibidoras de microorganismos presentes en la clara del huevo. Tomado de: Microbiología Alimentaria (Pacual & Calderón, 2000).

Cáscara o cascarón

Según (Nys, y otros, 2011): El contenido de carbonato de calcio en la cáscara es del 94% en el cual se estima que el 37,5% es calcio y el 58% carbonato, además tenemos que 1.6 % es agua, 3-3.5% es materia orgánica.

La estructura de la cáscara desde el punto de vista reproductivo ha ido evolucionando hasta convertirse en una protección óptima del contenido del huevo, lo protege de ataques físicos y microbiológicos, así como también permite el intercambio de agua y gas entre el embrión y el medio externo y a su vez es la fuente de calcio necesaria para la osificación del embrión (Odabasi, Miles, Balaban, & Portier, 2007; Hunton, 2005). Desde el punto de vista productivo, la calidad de la cáscara asegura la integridad del huevo, así como también supone el primer embalaje del mismo, su resistencia óptima permite que se comercialice con normalidad, y que su contenido no se contamine con factores externos (Fernández & Lobato, 2009).

Según (Castello, Barragan, Barroeta, & López, 2010): Propone que, la cascara está constituida por 4 capas las cuales le proporcionan un grosor aproximado de 0.35 milímetros (Figura 6).

Figura 6*Estructura cáscara de huevo*

Nota. La presente figura muestra las diferentes capas que constituyen la cáscara del huevo.

Tomado de: Lecciones sobre el huevo (Barroeta, 2002).

Primera capa. La parte más interna son dos membranas de fibras proteicas, las membranas testáceas, que actúan como filtros impidiendo la entrada de microorganismos del exterior y controlan la difusión del albumen y por tanto la evaporación rápida de fluidos internos del huevo. Cada fibra de las membranas testáceas posee un núcleo proteico, rodeado por una cubierta de hidratos de carbono, sobre las que se depositarán las sales de calcio provenientes del oviducto.

Segunda capa. La membrana mamilar mediante los núcleos mamilares que son el origen de los conos invertidos.

Tercera capa. La unión de estos conos o columnas poligonales forma la capa en empalizada, se trata de una capa compacta compuesta de cristales romboédricos de calcita.

Cuarta capa. La capa más externa es la cutícula, cubre todas las estructuras, incluidas las aperturas de los poros, su función es evitar las pérdidas de agua y la contaminación bacteriana. Se compone principalmente de proteínas como la queratina, polisacáridos, lípidos y pigmentos.

Parámetros de calidad del huevo

De acuerdo a la Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN 1973:2011), antes de la comercialización del huevo el productor debe cerciorarse y evaluar ciertos criterios de calidad como color, forma y presentación del huevo, es decir que se debe realizar el análisis de su composición externa, interna y el aporte nutricional que provee al consumidor, es así que bajo esta premisa en el Ecuador existen dos categorías A y B para enmarcar la calidad del huevo comerciales (Tabla 5), y además de establecer la clasificación según su peso (Tabla 6).

Tabla 5

Características cualitativas del huevo según su categoría

Parámetro	Categoría	Valoración cualitativa
Cáscara y cutícula	A	Normal, limpia e intacta
	B	Normal, intacta, manchas mínimas
Cámara de aire	A	Altura no superior a 9 mm
	B	Altura no superior a 15 mm
Clara	A	Transparente, sin mancha, consistencia gelatinosa, exenta de materias extrañas de cualquier tipo
	B	Transparente, sin mancha, consistencia gelatinosa. Se admite manchas de sangre y/o partículas de carne de hasta 3 mm

Parámetro	Categoría	Valoración cualitativa
Yema	A	Visible a trasluz como una sombra, sin contorno claramente discernible, no se separa del centro al someter al huevo a movimiento de rotación, sin presencia de material extraño de cualquier tipo
	B	Visible al trasluz como una sombra, pequeña separación en caso de rotación del huevo. Se admite manchas de sangre y/o partículas de carne de hasta 3 mm
Olor y sabor	A	Ausencia de olores y sabores extraños
	B	Ausencia de olores y sabores extraños

Nota. La presente tabla muestra la valoración cualitativa de del huevo fresco de acuerdo a la categoría de calidad. Tomado de: Norma técnica Ecuatoriana NTE INEN 1973:2011 (INEN, 2011).

Parámetros externos

Dentro de los parámetros de calidad externos que presenta el huevo tenemos el peso del huevo y la calidad de la cascara.

Peso del huevo

El peso del huevo depende de la edad productiva de la gallina, al principio de la puesta, el huevo es más pequeño que al final este aumente se da como resultado del aumento de la yema en las aves viejas, pero el aumento no es lineal, ya que una gallina con 26 semanas pone huevos de 60 g, a partir de las 50 semanas los huevos pesan 50 g y cuando tiene 80 semanas los huevos pesan 68 g, de los cuales aproximadamente la clara representa el 60%, la yema el 30% y la cáscara junto a las membranas el 10% del total (Beaumont, y otros, 2011).

Los huevos en base a su peso se clasifican en siete sub-categorías como se puede apreciar en la Tabla 6.

Tabla 6*Calcificación del huevo según su peso*

Tipo (tamaño)	Masa unitaria o peso (g)
Súper gigante	76 o más
Gigante	70-76
Extra grande	64-70
Grande	58-64
Mediano	50-58
Pequeño	46-50
Inicial	46 o menos

Nota. La presente tabla muestra las subcategorías que presenta los huevos en base a su peso unitario. Tomado de: Norma técnica Ecuatoriana NTE INEN 1973:2011 (INEN, 2011).

Calidad de la cáscara

Para determinar la calidad del cascarón se debe tener en cuenta características como: textura, índice de forma, color, limpieza y resistencia a la ruptura. Estos parámetros son fundamentales ya que de este depende la preservación de las características nutricionales del huevo.

Textura. Este parámetro depende en gran medida del estado sanitario del ave, el estrés y densidad a la que está sometida, al aporte nutricional que le proporciona el alimento balanceado lo cual afecta a la deposición y formación de la cascara, así podemos encontrar huevos con grietas, estriados, etc., como se describe en la Tabla 7.

Tabla 7*Anomalías de textura que presenta el huevo*

Tipo de huevo	Valoración cualitativa	Causa
Sin cáscara	El contenido del huevo está protegido por la membrana externa.	Deficiencias de calcio o vitaminas, estrés, presencia de micotoxinas, pero también se le puede atribuir a ciertas enfermedades como Newcastle o Bronquitis infecciosa.
Con grietas	Son huevos que la cáscara no tiene la dureza necesaria.	Deficiencia de calcio o vitaminas, infecciones, exceso de claro y agua contaminada.
Estriados	Son huevos que presentan ondulaciones, pero pese a su apariencia son aptos para el consumo.	Normalmente ocurre debido a que la gallina es joven y su aparato reproductor aún no se encuentra completamente formando.
Áspero	Son huevos que presenta no presentan recubrimiento de la cutícula.	Exceso de calcio y una ausencia de la cutícula, estos huevos son más frecuentes en gallinas que son criadas en jaulas.
Asimétricos	Son huevos que se agrietan durante la calcificación y se reparan con el depósito de una capa de calcio enzima.	Iluminación incorrecta (mayor a 15 horas), altas densidad de población, estrés por calor.

Nota. La presente tabla muestra las anomalías más frecuentes con respecto a la textura del huevo y las causas que lo producen. Tomado de: Revista Iberoamericana Interdisciplinar de Métodos, Modelización y Simulación (Nereis) (Soler & Bueso, 2017).

Índice de forma. La forma que presenta el huevo está relacionada con el diámetro en la parte ecuatorial y la longitud del mismo, al principio de la puesta presenta una forma redonda pero esta varía debido al volumen de albumen, el tamaño del oviducto y la presión que ejerce los músculos de glándula calcárea (útero) que tienden a alargar su forma conforme la gallina envejece (Travel, Nys, & Lopes, 2011).

Color. El color de la cáscara viene dado según el origen genético de la gallina, así tenemos que las gallinas de origen europeo ponen huevos color blanco mientras que las de una estirpe asiática presentan huevos de color marrón (Buxadé & Sauveur, 1993).

Este parámetro nos ayuda a determinar el bienestar de la gallina, el cambio de coloración puede deberse a factores fisiológicos como la edad del ave entre más vieja es la gallina va disminuyendo el depósito de calcio y de pigmentos y de esta manera se producen huevos con color más pálido, también el estrés por calor es un factor que reduce la pigmentación, si este ocurre dentro de 3 o 4 horas previos a la ovoposición se producen huevos despigmentados ya que durante este tiempo se da el depósito de pigmentos en la cáscara (Odabasi, Miles, Balaban, & Portier, 2007; Butcher & Miles, 2003).

Limpieza. La limpieza de la cascara está relacionado con el tipo de explotación, alojamiento y la consistencia de las heces fecales de la gallina. En producciones que se realizan en el suelo la limpieza del huevo dependerá de la limpieza que tiene el suelo si este está húmedo la cáscara se presentará sucia, mientras que en explotaciones en sistemas de jaulas la presentación de la cáscara dependerá de si existe o no presencia de heces fecales en la misma.

Resistencia a la ruptura

La fortaleza del cascarón no está relacionada únicamente con el peso y espesor del mismo, sino también por la genética, el estado sanitario del ave y la temperatura ambiental. Las gallinas de razas livianas (gallinas de tamaño pequeño) tienen un grosor de cascara mayor que las razas semi pesadas y pesadas, para medir la resistencia del cascaron se realiza una prueba de compresión en la cual se registra la fuerza mínima requerida para provocar la ruptura del mismo (Ortíz & Mallo, 2013; Buxadé & Sauveur, 1993).

Tabla 8

Clasificación de la resistencia del cascarón de huevos marrón

Calidad del cascarón	Resistencia (g/mm²)
Muy buena	3.600 - 3.900
Buena	3.200 - 3.600
Regular	3.100
Mala	≤ 2.900

Nota. La presente tabla muestra la clasificación cuantitativa que presenta la cáscara de huevo expuesta a diferentes presiones. Tomado de: (Instituto de Estudios del Huevo, 2009).

Parámetros de calidad interna del huevo

Dentro de los parámetros internos del huevo tenemos: calidad de albumen, calidad de yema y la presencia de pigmentos.

Calidad de albumen

La calidad del albumen depende de su consistencia es decir la relación de agua y proteína que esta contiene, los parámetros que el albumen contienen (índice de albumen, nivel de albumen denso y transparencia de albumen) se miden con el método de Unidades Haugh (UH).

Unidades Haugh (UH)

Este método fue propuesto por primera vez en 1937 por Raymond Haugh con el fin de determinar la calidad de la clara o albumen, las Unidades Haugh relacionan la altura de la albumina con el peso del huevo (Jones & Musgrove, 2005). Se calcula de acuerdo a la siguiente ecuación matemática.

$$UH = 100 * \log(A - (1.7 * P^{0.37}) + 7.57)$$

Donde:

UH: Unidades Haugh.

A: Altura (mm) albumen denso.

P: Peso del huevo (g).

El albumen se ve afectado de forma progresiva con el aumento en la edad de la gallina así tenemos que al inicio de la puesta los huevos tienen una calidad del albumen superior a 95 UH, a las 45 semanas alrededor de 80 UH y a las 65 semanas 75 UH. Valores superiores a 72 UH son considerados de excelente calidad, valores entre 60-71 representa alta calidad y valores menores a 59 son considerados de baja calidad como se puede apreciar en la Tabla 9 (Oliveira, y otros, 2009; Roberts, 2004).

Tabla 9

Relación Unidad Haugh y calidad de huevo

Unidades Haugh (UH)	Descripción cualitativa
90-100	Excelente
80	Muy buena
70	Aceptable
65	Marginal
60	Resistencia del consumidor
55	Pobre
50	Inaceptable

Nota. Se muestra la relación existente entre la calidad del albumen y del huevo con su respectiva calificación cualitativa. Tomado de el Gran libro del Huevo (Instituto de Estudios del Huevo, 2009).

Calidad de yema

En la teoría existe la valoración del índice de yema la cual hace una relación entre la altura máxima y su diámetro, pero para fines prácticos este método es poco utilizado y más bien se la relaciona con la determinación de una buena calidad interna que es proporcional con base en las Unidades Haugh (Buxadé & Sauveur, 1993).

La pigmentación de la yema depende en gran medida del aporte de carotenos que le proporciona el alimento balanceado a la gallina y considerado como el factor más crucial e importante para la valoración de la calidad del huevo por el consumidor, pero no es considerado como un parámetro objetivo para evaluar la frescura del mismo (González, Navas, Arando, Delgado, & Camacho, 2020).

DSM Yolkefan. La escala de color DSM Yolkefan permite clasificar la intensidad de color de la yema. Se trata de un abanico con una gama de colores, que va desde el amarillo pálido hasta el rojo anaranjado.

Figura 7

Abanico DMS Yolkfan



Nota. Abanico DMS Yolkfan utilizado en la medición de la intensidad de color de la regleta con el amarillo de la yema de los huevos. Tomado de: Bright Science. Brighter living (Cisneros, 2018).

Presencia de pigmentos

La presencia de pigmento hace referencia a la presencia de manchas de sangre o de carne en el albumen.

Manchas de sangre. Estas manchas son más frecuentes en la yema, estas se originan por pequeñas hemorragias debido a la ruptura de los vasos sanguíneos del folículo en el que se desarrolla la yema, esto sucede en el ovario de la gallina durante el proceso de ovulación (Smith & Musgrove, 2008).

Manchas de carne. Estas manchas se encuentran con mayor frecuencia en el albumen denso, la mayoría de estas son manchas de sangre que debido a los procesos de degeneración que sufre con la influencia de otros factores como un pH elevado y altas temperaturas pueden presentar una coloración rojiza a café (Honkatukia, y otros, 2011). Otros autores mencionan que

su procedencia es debido a la descamación del tejido glandular de los ovarios o del epitelio del oviducto los cuales presentan diámetros de 0,3 a 3 milímetros (Fuentes, 2002).

Aporte nutricional del huevo

Desde la antigüedad el consumo de proteínas de origen animal ha sido fundamental para el desarrollo de la humanidad, con la domesticación de las aves y en especial la gallina el hombre descubrió una forma más fácil y económica para el consumo de dichas proteínas, pero el consumo del huevo toma mayor relevancia durante el último siglo, ya que proporciona una fuente inagotable de nutrientes tales como proteínas de alta calidad así como una gran cantidad de vitaminas y minerales (Applegate, 2000).

Debido al alto valor nutricional que provee el huevo, destaca sobre otros alimentos, así tenemos que estos aportan 70 kcal es decir que en huevo de 60g contiene 5 gramos de grasa de las cuales el 5% corresponde a colesterol, 28% a fosfolípidos y el 66% son triglicéridos. Aporta gran cantidad de proteínas (Tabla10), 74% en la clara y 16% en la yema las cuales son consideradas de alto valor biológico con una tasa de absorción del 94%, también aportan ácido fólico y riboflavina las cuales son importantes en el crecimiento y desarrollo de las células del organismo proporcionándoles la energía para que realicen sus funciones (Codony, 2002; Pontes & Castello, 1995).

Tabla 10*Valor en proteínas del huevo*

Proteína	Concentración	Carácter biológico	Función
Ovoalbúmina	54%	Glicoproteína ácida	Consistencia albumen
Ovotranferrina	13%	Glicoproteína básica	Fijación de hierro
Ovomucina	1.5%	Glicoproteína ácida	Consistencia albumen
Ovomucoide	11%	Glicoproteína ácida	Inhibidor de tripsina
Globulinas	8%	Glicoproteína ácida	Capacidad espumante
Lisozimas	3.5%	Holoproteína básica	Estabilidad de la espuma
Ovoflavoproteína	0.8%	Glicoproteína ácida	Consistencia albumen
Avidina	0.05%	Glicoproteína básica	Fijación vitamina B8

Nota. La tabla muestra las propiedades y proporción de proteínas contenidas en un huevo.

Tomado de: Microbiología alimentaria (Huopalahti, López-Fandiño, & Rüdiger, 2007).

El contenido de vitaminas que aporta el huevo puede ser variable y sus niveles no son proporcionales, ya que la aportación de estas depende de la calidad del alimento balanceado que se le provee a la gallina (Huopalahti, López-Fandiño, & Rüdiger, 2007). De tal forma que el aporte vitamínico es del 20 y 30 % con la presencia de vitaminas A, E, B1 y B12.

Segundo ciclo de postura

Es una alternativa muy acogida por los productores ya que les permite extender el ciclo productivo de la gallina y obtener una mayor rentabilidad en la explotación. Este proceso consiste en extender la producción de huevos luego de que el ave haya sido sometida a un descanso conocido como muda forzada o pelecha.

Esta técnica consiste en someter a la gallina a una para productiva por varios días en la cual se produce el rejuvenecimiento de ave, asociada a la involución del ovario y del oviducto, así como la renovación del plumaje (Flox & Buxade, 2000).

Fisiología de la muda forzada

Una de las técnicas más utilizadas y que permiten a la gallina mantenerse productiva por más tiempo es la Muda forzada ya que durante los días que esta se aplica en la gallina ocurre el proceso fisiológico de reabsorción y regeneración del magnum con lo que este tejido nuevo al momento de formar el albumen se comporta de mejor manera que antes de la muda forzada (Fuentes, 2002).

Por varios años se ha utilizado varios métodos que inciten a la muda, pero todos tienen como fin provocar estrés en el ave la cual desencadena el proceso de suspensión de la puesta y la renovación del plumaje (Morales, Rodríguez, & Verjan, 2018).

En la mayoría de programas de muda forzada coinciden en restringir el alimento, el agua y la luz con el fin de provocar estrés en la glándula tiroidea provocando una reducción de las funciones de la misma lo cual induce a la muda (North & Bell, 1993; Callejo, Cardoso, Sanz, Daza, & Buxadé, 2012).

El desprendimiento y cambio de plumaje se inicia con la interrupción del mecanismo neuro-endocrino provocando por la estimulación del hipotálamo seguido por la hipófisis y las gónadas, además del aumento de la actividad de la tiroides y de las glándulas adrenales, lo que provoca la caída de la producción de las hormonas sexuales (estrógenos, progesterona) y de la hormona latinizante lo cual lleva a una disminución progresiva de la producción de huevos y posterior caída de las plumas (Kim, y otros, 2005; Oguike, Igboeli, Ibe, & Ironkwe, 2005).

Según (Flox & Buxade, 2000): Proponen que una vez reducido el funcionamiento de las de las glándulas adrenales con la posterior atrofia gonadal que se produce por la muda, provoca el incremento de los niveles de corticoides, lo que conlleva a una reducción de la liberación de las hormonas folículo estimulantes y luteinizante las cuales aumenta la influencia en la maduración de los folículos y, la producción de estrógenos y progesterona respectivamente.

Durante el tiempo que se mantiene la muda los niveles de la hormona luteinizante son bajos impidiendo la liberación de los óvulos pero una vez terminado el proceso de muda empieza el incremento de la hormona se inicia la regeneración del aparato reproductor para reinicia la producción de huevos (Webster, 2003).

Capítulo III

Metodología

Área de estudio

Ubicación geográfica

El presente ensayo se realizó en las instalaciones del módulo de avicultura de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria (IASA-1), que se encuentra a $78^{\circ}24'44''$ de longitud Occidental y a $0^{\circ}23'20''$ S de latitud Sur, ubicado a 2748 msnm (Figura 8).

Ubicación ecológica

La carrera de Ingeniería Agropecuaria (IASA-1) pertenece al bosque húmedo montano, con temperatura y precipitaciones promedio anual de 15.4°C y 1390 mm respectivamente, además posee una humedad relativa del 57%, y luminosidad de 12 horas luz (INAMHI, 2019).

Figura 8

Fotografía digital del proyecto avícola



Nota. La presente ilustración muestra la ubicación geográfica del proyecto avícola dónde se realizó la investigación. Tomado de: (Google Maps, 2019).

Materiales y equipos

Durante la realización del ensayo se utilizaron los siguientes materiales:

Materiales de campo

Galpón experimental

Sistema de ventilación

Sistema de comederos

Sistema de bebederos

Sistema de jaulas en piso suspendido

Alimento concentrado (Balanceado)

Ovomin

Cubeta de huevos

Registros de producción

Etiquetas de identificación

Libreta de campo

Cámara fotográfica

Cloro al 5%

Desinfectantes

Equipos de laboratorio

Computadora

Balanza analítica electrónica

Calibrador Pie de rey

Analizador de calidad de Huevos NABEL DTE 6000

Medidor de cloro

Baso de precipitación (2000 ml)

Software informático infostad 2018

Software informático Nutrion 10 pro

Método***Selección del área de estudio***

El presente ensayo se estableció bajo un aspecto experimental con el objetivo de valorar la respuesta productiva y la calidad de huevo en aves sometidas a diferentes concentraciones de la pre mezcla vitamínico-mineral (Ovomonin) contenida en el alimento balanceado.

Previo al inicio se procedió a seleccionar las gallinas de la línea genética Lohmann Brown, de 105 semanas de edad post muda o pelecha, con una producción aproximada de huevos del 64 %, las cuales fueron pesadas, evaluadas y categorizadas visualmente, con la finalidad de garantizar la homogeneidad para todos los tratamientos.

Cada unidad experimental estuvo constituida por una jaula con 5 gallinas (565 cm²/ave alojada), se utilizarán un total de 80 jaulas en la cuales se encontraban distribuidos los diferentes tratamientos (0, 250, 500, 750 g pre mezcla /ton de balanceado).

Los comederos estuvieron divididos con tableros de madera y malla de alambre entre cada jaula con el fin de evitar que las gallinas de un tratamiento coman de otro que no les corresponde, así como también se rotulo cada comedero para diferenciar el tratamiento y la repetición.

Los tratamientos se asignarán a las unidades experimentales bajo un DCA, la disposición de experimento en campo se muestra en la Figura 9.

Figura 9

Disposición del experimento en campo

JAULA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
1	T2R20	T1R2	T2R7	T3R18	TOR3	T3R16	T1R19	T2R1	TOR2	T2R17	T3R14	TOR11	T1R13	
2	T1R4	T3R8	TOR10	T2R8	T2R19	T1R20	T2R13	TOR20	T3R4	T1R15	TOR6	T1R11	T3R1	
3	T1R14	T2R10	T3R12	T1R9	T3R20	TOR14	T3R2	T1R8	T2R1	TOR4	T3R15	T2R6	TOR16	
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
1	T2R14	TOR18	T1R17	TOR7	T3R7	T3R17	T2R3	TOR5	T3R9	T1R3	T2R16	T1R10	TOR13	TOR20
2	T1R1	T1R7	TOR12	T1R6	T2R5	T1R5	TOR1	T2R12	T1R16	T3R1	T1R18	TOR8	T2R2	TOR19
3	T2R4	T3R13	T2R18	T3R19	TOR15	T2R15	T3R3	T3R11	TOR17	T1R12	T3R5	T2R9	T3R6	

Nota. Croquis experimental. Elaborado por: (El autor,2020).

Elaboración del alimento balanceado

Posterior a la selección y reubicación de las gallinas, se formuló el alimento a base de maíz-soya, bajo un criterio de energía metabolizable y proteína ideal siendo el mismo iso proteico, iso fosfórico e iso energético, se elaboró en forma semanal en la planta de alimentos concentrados de la carrera. Al alimento balanceados se le adiciono ON TOP la pre mezcla vitamínico-mineral (Ovomin) cuyo aporte nutricional se describe en la Tabla 11.

Para la formulación de la dieta se utilizó el software NUTRION 10 pro.

Figura 10

Dieta base a la cual se le agregara las diferentes concentraciones de la pre mezcla vitamínico-mineral

PROYECTO AVICOLA ESPE - IASA ✖

Fórmula: 0014 DIETA TESTIGO OVOMIN

Fecha: 17/02/2020 at 11:55 Asesor: Ing. Mario Ortiz

Uso:

Costo \$436,51	Peso 1.000,000	Cto x Ton \$436,51
-----------------------	-----------------------	---------------------------

<u>Fórmula</u>		<u>Rango de Precios</u>			
Cod	Ingrediente	Peso	Min	Real	Max
062	AFRECHO DE TRIGO	345,277	\$0,34	\$0,35	\$0,39
267	SOYA 47%	209,706	\$0,42	\$0,46	\$1,37
001	MAIZ AMARILLO	169,945	\$0,30	\$0,35	\$0,35
523	ACEITE DE PALMA	156,195	\$0,74	\$0,75	\$0,93
441	CALCIO CARBONATO 36%	104,663	\$0,19	\$0,20	\$0,47
460	SAL	3,284	\$0,00	\$0,10	\$1,09
500	METIONINA 99%	2,816	\$1,85	\$2,90	\$11,47
009	ANTIMICOTICO	2,000	\$0,00	\$1,50	INF
008	ATRAPANTE TOXINAS	2,000	\$0,00	\$0,70	INF
006	PREMEZ VIT MIN	2,000	\$0,00	\$3,00	INF
163	OSMEQ 117	0,712	\$0,08	\$0,90	\$2,20
507	TREONINA	0,602	\$0,56	\$2,50	\$7,52
011	CLORURO DE COLINA	0,600	\$0,00	\$1,10	INF
005	FITASA 5000 A 200 GRAMOS	0,200	\$0,00	\$6,00	\$6,10

Análisis Calculado

Cod	Nutriente	Unidad	Real	Cod	Nutriente	Unidad	Real
001	E.M. AVES	MC/KG	2,850	051	LISINA	%	0,870
109	SODIO	%	0,179	052	METIONINA	%	0,527
110	CLORURO	%	0,249	053	MET + CIS	%	0,802
021	PROTEINA TOTAL	%	16,632	054	TRIPTOFANO	%	0,220
029	FIBRA	%	15,264	055	TREONINA	%	0,666
035	GRASA	%	17,667	056	HISTIDINA	%	0,396
038	CENIZAS	%	13,996	057	ISOLEUCINA	%	0,752
039	HUMEDAD	%	8,079	058	LEUCINA	%	1,230
043	FOSFORO TOTAL	%	0,525	059	FENILALANINA	%	0,725
044	FOSFORO DISPONIBLE	%	0,319	060	FEN + TIR	%	1,141
045	CALCIO	%	4,000	061	GLICINA	%	1,470
049	GLI+SERINA	%	1,552	062	VALINA	%	0,754
050	ARGININA	%	1,144	065	MET. DIG. AVES	%	0,494

Nota. Dieta base modelada en el software NUTRION 10. En la cual consta los diferentes componentes nutricionales que contiene. Elaborado por (El autor, 2020).

Tabla 11

Aporte nutritivo de la pre mezcla vitamínico-mineral (Ovomin)

Consumo alimento (g/ave/día)					120
No. Aves por tratamiento					100
	Niveles de inclusión de la pre mezcla vitamínico-mineral (Ovomin)				
	T0: testigo sin pre mezcla	T1: pre mezcla 250g/tn	T2: pre mezcla 500g/tn	T3: pre mezcla 750g/tn	
Sodio %	0.14	42.75	85.5	128.25	
Fósforo %	0.50	31.75	63.5	95.25	
Calcio %	4	11.15	22.3	33.45	
Zinc %	7.2	15	30	46	
Cobre %	0.6	1.5	3	4.5	
Magnesio %	0.07	0.18	0.35	0.53	
Manganeso %	12	15	30	45	
Hierro %	2	2.03	4.05	6.08	
Potasio %	0.02	0.05	0.1	0.15	
Azufre %	3.62	9.05	18	27.15	
Vitamina D (UI)		750020	1500040	2250060	

Nota. Aporte nutricional al alimento balanceado que proporciona cada nivel de inclusión de la pre mezcla vitamínico mineral (Ovomin). Elaborado por: (El autor, 2020).

El alimento será suministrado durante siete semanas a razón de 120 g/ave/día, mientras que el agua se suministrará ad libitum además la temperatura e iluminación fueron controladas de acuerdo con la recomendación de la línea genética.

Variables a medirse

Se inició suministrando los tratamientos respectivos contenidos en las nuevas dietas con una cantidad de 120 gramos ave/día, en forma diaria se registró todos los parámetros productivos en los respectivos registros de producción previamente abiertos a cada tratamiento y en forma

semanal se procedió a la evaluación de los diferentes parámetros de calidad en huevos de los diferentes tratamientos por un lapso de siete semanas, las muestras a ser analizadas fueron de 1 huevo por cada unidad experimental, lo cual permitió obtener 20 huevos para cada tratamiento.

Calidad del huevo

La valoración de los diferentes parámetros de calidad de huevo: peso, color de yema, Unidades Haugh, alto de albumen, resistencia y espesor de cascará se realizaron con la ayuda del analizador de calidad de huevos NABBEL DET 6000, una vez cada semana durante siete semanas a una muestra de 20 huevos por tratamiento.

Peso del huevo

Para obtener el peso de cada huevo se realizó el siguiente procedimiento, con la ayuda de una balanza electrónica se colocó el huevo en un sitio propicio designado a la máquina y se tomó nota de los diferentes pesos, los datos obtenidos fueron registrados y categorizados en una hoja de cálculo Excel.

Color de Yema

El color de yema se evaluará en la máquina NABBEL DET 6000, utilizando el principio de escala de color de YOLKFAN que categoriza la pigmentación de la yema con base en 16 colores (Figura 7).

Resistencia de cáscara

Se colocarán los huevos en una prensa hidráulica la cual a baja velocidad lo comprimirá hasta que haya una fractura, posteriormente se detendrá la máquina y se registrara la presión a la cual se produjo la fractura en el huevo.

Espesor de cáscara

Para determinar el espesor de la cáscara se utilizará un micrómetro, para ello una vez rotos los huevos ubicamos un fragmento del cascaron entre el yunque y el husillo, y se registró el espesor marcado en una hoja Excel.

Alto de albumina y Unidades Haugh

La puntuación para esta variable es en Unidad Haugh que se pudo calcular de la siguiente forma; una vez pesado el huevo se lo rompe y cuidadosamente sin lastimar la clara densa, se vacía el contenido sobre una superficie horizontal, posteriormente con la ayuda de un micrómetro se mide la altura de clara densa. Una vez obtenidos los datos de peso y altura se aplican la fórmula de unidades Haugh, cuyo resultado se registró en una hoja Excel.

Producción

A partir del día 9 hasta el día 58 se contaron y registraron diariamente el número total de huevos producidos en cada una de las unidades experimentales, con el fin de estimar la eficiencia productiva la cual resulta de:

$$\text{Eficiencia productiva(\%)} = \frac{\# \text{ de huevos puestos día}}{\# \text{ de gallinas día}} * 100$$

Análisis estadístico

Las variables evaluadas se caracterizarán mediante estadística descriptiva (promedio y desviación estándar). Para determinar los tratamientos significativamente diferentes se realizará el análisis de varianza utilizando el siguiente modelo matemático:

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

Donde:

Y_{ij} : Calidad de huevo.

μ : Media general.

D_i : Efecto de la i -ésima dieta.

E_{ij} : Error experimental.

Posteriormente se realizará pruebas de comparación de medias de Duncan con un nivel de significancia del 95%. Todos los análisis se realizarán en el software estadístico Infostat.

Capítulo IV

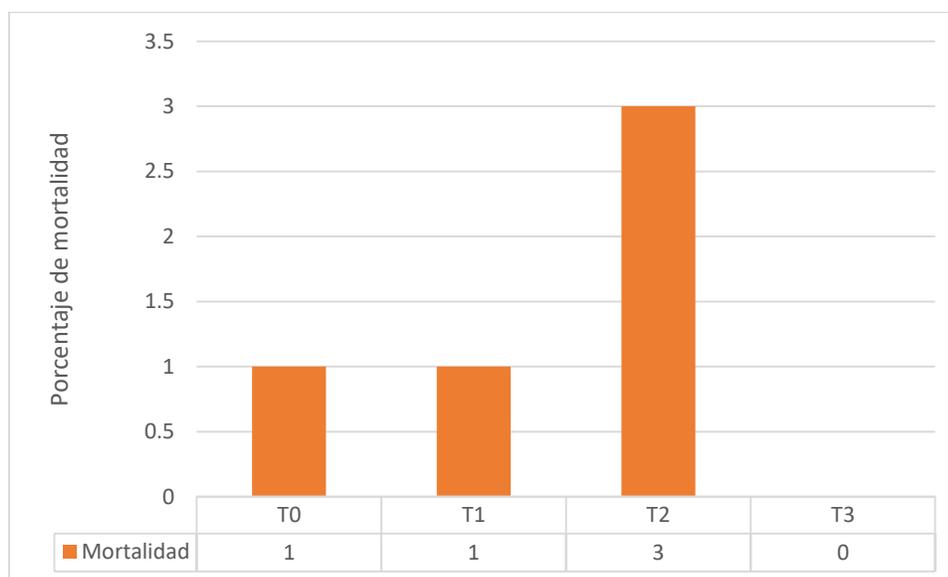
Resultados y Discusión

Mortalidad

Durante el periodo de tiempo que duro el estudio se evaluó la mortalidad de las gallinas; así tenemos que en el T0 y T1 presento mortalidad del 1% y viabilidad del 99%, mientras que el T2 presento mortalidad 3% y viabilidad 97%, por ultimo tenemos que el T3 no presento mortalidad y su viabilidad fue del 100%.

Figura 11

Porcentaje de mortalidad de las gallinas distribuidas en los distintos tratamientos



Nota. Porcentaje de aves muertas de cada cien para cada tratamiento. Elaborado por (El autor, 2020).

Producción

En el presente estudio del efecto de tres niveles de una pre mezcla vitamínico-mineral sobre la producción y calidad de huevo en gallinas, los valores reportados en cuanto al porcentaje de postura diaria promedio fueron: 75.62; 73.33; 67.58; 74.29 para los tratamientos T0; T1; T2 y T3, además mostro diferencias significativas entre tratamientos ($F_{3:164}=24.21$; $P<0.0001$). También, se pudo determinar que el tratamiento cero (T0) presento el mayor promedio de porcentaje de postura diaria (75.62 ± 3.75).

Tabla 12

Promedio \pm desviación estándar del porcentaje medio de postura diaria en los huevos de las gallinas Lohmann brown, sometidas a diferentes niveles de inclusión de Ovomin en el alimento balanceado

Tratamiento	% de postura diaria		
	Grados de libertad	F-Fisher	<i>p</i> -Valor
	3	24.21	<0.0001
	Promedio	D.E.	
T2	67.48	± 4.26	a
T1	73.33	± 4.67	b
T3	74.29	± 5.96	bc
T0	75.62	± 3.75	c

Nota. Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Estos resultados concuerdan con lo propuesto por (Bozkurt, y otros, 2016) quienes realizaron una evaluación comparativa de la suplementación dietética con oligosacárido de manano y aceite esencial de orégano en gallinas ponedoras con muda forzada y totalmente alimentadas entre 82 y 106 semanas de edad. Se asignó al azar un total de 864 gallinas (White Leghorn Single Comb), a 6 tratamientos, cada uno con 6 repeticiones de 24 gallinas cada una, y se

estudiaron durante 25 semanas. Concluyeron que la muda frente a la alimentación completa tuvo más impacto en el parámetro de producción de huevos.

Por lo mencionado anteriormente podemos justificar que el T0 en la presente investigación haya presentado una mayor producción.

Calidad externa del huevo

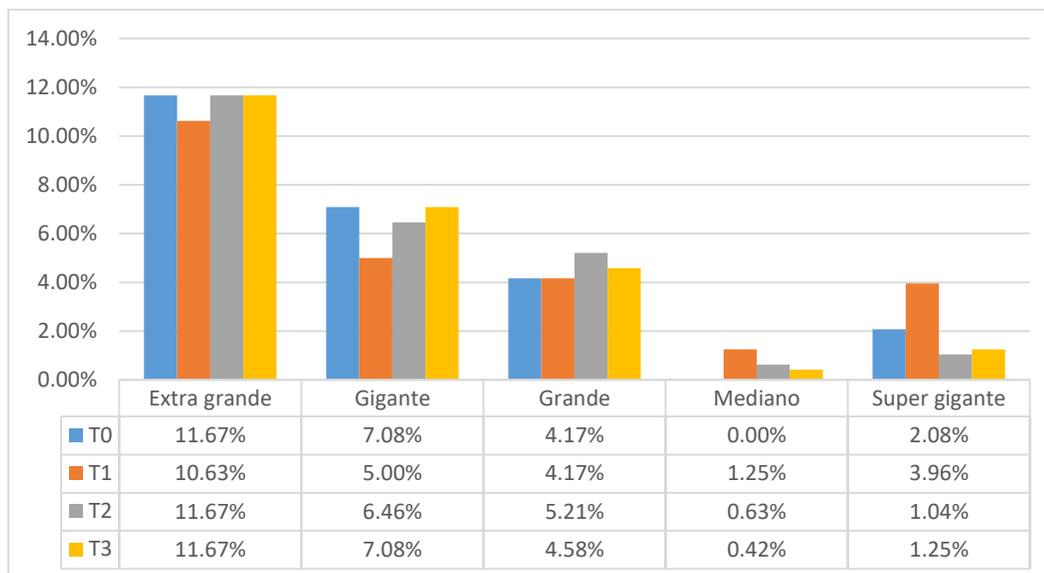
Peso

En el presente estudio del efecto de tres niveles de una pre mezcla vitamínico-mineral sobre la producción y calidad de huevo en gallinas, el peso del huevo es un parámetro que nos permite clasificarlo de forma cualitativa (categorías), así tenemos que, en la Figura 10, se puede apreciar la distribución porcentual de los huevos muestreados con base en su peso y considerando las categorías establecidas en la norma NTE INEN 1973:2011.

De los huevos analizados tenemos que: el 8.33% son huevos súper gigantes (> 76 g); 25.63% son huevos gigantes (70-76g); 45.63% son extra grandes (64-70g); 18.13% son huevos grandes (58-64g) y 2.29% pertenecen a la categoría de huevos medianos (50-58g), además se pudo destacar que de cada categoría evaluada, el tratamiento uno (T1) presento el mayor porcentaje de huevos súper gigantes 3.96%, el tratamiento tres (T3) presento 7.08% de huevos gigantes, el tratamiento dos (T2) y el tratamiento tres (T3) presentaron 11.67% de huevos extra grande, así como también el tratamiento dos (T2) presento 5.21% de huevos grandes.

Figura 12

Clasificación por categorías del total de huevos producidos (en %)



Nota. La figura muestra la distribución porcentual del total de huevos producidos y su distribución de acuerdo a las diferentes categorías propuestas por NTE INEN 1973:2011. Elaborado por el Autor.

Además tenemos que los valores reportados en cuanto a peso o masa de huevo en gramos (g) fueron: 68.69; 68.77; 67.56; 67.99 para los tratamientos T0; T1; T2 y T3 respectivamente, pese a que no hubo diferencias significativas en el peso de los huevos marrones producidos ($F_{3:476}=1.40$; $P=0.2407$) entre los diferentes tratamientos, se pudo determinar que el tratamiento uno (T1) presentó el mayor peso promedio de 68.77g, mientras que el tratamiento dos (T2) presentó el menor peso promedio de los huevos producidos siendo este de 67.56g (Tabla 13).

Tabla 13

Promedio \pm desviación estándar del peso de los huevos de la gallina Lohmann brown, bajo los diferentes niveles de inclusión de Ovomin en el alimento balanceado

Tratamiento	Peso de huevos (g)		
	Grados de libertad	F-Fisher	P-valor
	3	1.40	P=0.2407
	Promedio	D.E	
T1	68.77	\pm 6.07	a
T0	68.69	\pm 5.05	a
T3	67.99	\pm 5.18	a
T2	67.56	\pm 5.13	a

Nota. Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Los resultados obtenidos concuerdan con lo propuesto por (Venglovská, Grešáková, Plachá, Ryzner, & Čobanová, 2014), los cuales basaron su estudio en el efectos de la suplementación alimenticia con manganeso de sus diferentes fuentes sobre el rendimiento y los parámetros del huevo de gallinas ponedoras. Asignaron al azar 96 gallinas a cuatro tratamientos dietéticos y cada tratamiento constaba de 6 repeticiones. Concluyeron que los parámetros de calidad de huevo como peso durante todo el experimento no se vieron afectados significativamente por los diferentes tratamientos dietéticos ofrecidos a las gallinas.

Otros autores mencionan que los pesos relativos de los componentes del huevo no son diferentes entre tratamientos dietéticos para gallinas ponedoras envejecidas (Molnár, y otros, 2018).

Resistencia y espesor de la cáscara

En el presente estudio del efecto de tres niveles de una pre mezcla vitamínico-mineral sobre la producción y calidad de huevo en gallinas, los valores reportados en cuanto a la resistencia a la ruptura en kilogramos-fuerza (kg.f) fueron: 3.95, 3.87, 3.88, 4.02, para los tratamientos T0; T1; T2 y T3 respectivamente, además no se encontró diferencias significativas en la resistencia de la cáscara de los huevos marrones producidos ($F_{3; 476}=0.45$; $P=0.7193$) calculados para los diferentes tratamientos. También se pudo observar que el tratamiento tres (T3) presentó el mayor promedio de resistencia a la ruptura 4.02 kg.f, mientras que el tratamiento uno (T1) presentó la menor resistencia 3.87 kg.f (Tabla 15).

Los resultados obtenidos concuerdan con lo reportado por (Mabe, Rapp, Bain, & Nys, 2003), quienes analizaron la suplementación de una dieta de harina de maíz y soja con manganeso, cobre y zinc de fuentes orgánicas o inorgánicas para mejorar la calidad de la cáscara de huevo en gallinas ponedoras envejecidas. Para llevar a cabo dicho experimento se utilizaron tres grupos de gallinas con edades de 32, 60 y 69 semanas las cuales fueron alimentadas con una dieta basal de maíz y soja que contenía 32,6 mg / kg de Zn, 24,7 mg / kg de Mn y 4,95 mg / kg de Cu o una dieta basal suplementada con 30-30- 5 y 60-60-10 mg / kg de Zn, Mn y Cu, respectivamente. Concluyeron que la suplementación con Zn, Mn y Cu en la dieta a base de maíz y soja no afectó de manera significativa el parámetro de calidad externa del huevo como la resistencia a la ruptura.

Tabla 14*Clasificación a la ruptura en base al peso del huevo*

	Resistencia a la ruptura				Total general
	Buena	Mala	Muy Buena	Regular	
T0	22	22	73	3	120
Extra grande	14	7	35	-	56
Gigante	5	7	19	3	34
Grande	2	4	14	-	20
Súper gigante	1	4	5	-	10
T1	21	28	67	4	120
Extra grande	12	6	32	1	51
Gigante	3	10	10	1	24
Grande	1	3	14	2	20
Mediano	-	4	2	-	6
Súper gigante	5	5	9	-	19
T2	14	26	77	3	120
Extra grande	10	12	33	1	56
Gigante	2	4	23	2	31
Grande	1	9	15	-	25
Mediano	-	-	3	-	3
Súper gigante	1	1	3	-	5
T3	21	21	77	1	120
Extra grande	12	9	34	1	56
Gigante	7	7	20	-	34
Grande	1	4	17	-	22
Mediano	-	-	2	-	2
Súper gigante	1	1	4	-	6

Nota. La presente tabla muestra el número de huevos producidos y clasificados según su peso y la resistencia a la ruptura.

La suplementación en el alimento balanceado con oligoelementos es una práctica que es muy utilizada en gallinas viejas con el fin de proporcionarles los minerales necesarios que les permitan mejorar las condiciones de calidad externa del cascarón de los huevos producidos (Inal, Coşkun, Gulsen, & Kurtoğlu, 2001; Qiu, y otros, 2020).

Según (Świątkiewicz & Koreleski, 2008); menciona que la adición de complejos de oligoelementos como Zn y Mn aumentan la resistencia a la ruptura de la cáscara del huevo en gallinas que hayan superado la tercera fase del ciclo de puesta.

En cuanto al espesor o grosor del cascarón; en el presente estudio del efecto de tres niveles de una pre mezcla vitamínico-mineral sobre la producción y calidad de huevo en gallinas, mostró diferencias significativas en los huevos marrones producidos ($F_{3:476}=2.85$; $P=0.0370$), calculado para los diferentes tratamientos. Además, se pudo observar que los huevos puestos por las gallinas sometidas al tratamiento uno (T1) y dos (T2) presentaron el mayor espesor de cascara ($0.36\text{mm} \pm 0.04$) con respecto al resto de tratamientos (Tabla 15).

Los resultados obtenidos concuerdan con lo expresado por (Stefanello, Dos Santos, Murakami, Martins, & Carneiro, 2014), quienes evaluaron el rendimiento productivo, calidad de la cáscara de huevo y ultra estructura de la cáscara de huevo de gallinas ponedoras alimentadas con dietas suplementadas con oligoelementos orgánicos, en el cual utilizaron trescientas sesenta gallinas ponedoras Hy-Line, las mismas que se distribuyeron bajo un diseño experimental completamente al azar con 9 tratamientos, 5 repeticiones y 8 aves por cada unidad experimental. Concluyeron que el espesor de la cascara de huevo aumenta dependiendo del nivel de suplementación de los minerales traza que se adiciona a la dieta convencional y también determinaron que hubo mayor grosor o espesor de cáscara cuando los minerales provenían de una fuente orgánica.

Tabla 15

Promedio \pm desviación estándar de la resistencia y espesor del cascarón de los huevos de la gallina Lohmann brown, sometidas a diferentes niveles de inclusión de Ovomin en el alimento balanceado

Tratamiento	Cascarón					
	Resistencia (kg.f)			Espesor (mm)		
	Grados libertad	F-Fisher	P-valor	F-Fisher	P-valor	
	3	0.45	P=0.7193	2.85	P=0.0370	
	Promedio	D.E		Promedio	D.E	
T0	3.95	\pm 1.12	A	0.35	\pm 0.03	a
T1	3.87	\pm 1.16	A	0.36	\pm 0.04	ab
T2	3.88	\pm 1.12	A	0.36	\pm 0.04	b
T3	4.02	\pm 1.18	A	0.35	\pm 0.03	a

Nota. Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Calidad interna del huevo

Color de la yema

En el presente estudio del efecto de tres niveles de una pre mezcla vitamínico-mineral sobre la producción y calidad de huevo en gallinas, los valores reportados en cuanto al color de yema fueron: 8.32; 8.13; 8.19; 8,35 para los tratamientos T0; T1; T2 y T3, respectivamente, además no mostro diferencias significativas para el color de la yema de los huevos marrones producidos ($F_{3;476}=0.88$; $P=0.4494$) para los distintos tratamientos, así como también se pudo determinar que el tratamiento tres (T3) presenta el promedio de color de yema más alto siendo este de 8.35 DSM, mientras que el promedio más bajo lo presenta el tratamiento uno (T1) 8.13 DSM, Tabla 14.

Tabla 16

Promedio \pm desviación estándar del color de la yema de los huevos de la gallina Lohmann brown, sometidas a diferentes niveles de inclusión de Ovomin en el alimento balanceado

Tratamiento	Color de la Yema (Escala DSM)		
	Grados de libertad	F-Fisher	P-valor
	3	0.88	P=0.4494
	Promedio	D.E.	
T1	8.13	\pm 1.22	a
T2	8.19	\pm 1.14	a
T0	8.32	\pm 1.22	a
T3	8.35	\pm 1.22	a

Nota. Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Según (Moreno, y otros, 2019); mencionan que la pigmentación de la yema depende de la disponibilidad de carotenoides en el alimento balanceado que se le ofrece a las aves.

En base a lo establecido según (Díaz, y otros, 2017); los cultivos tales como el maíz que se utiliza mucho en la formulación de piensos para aves ofrece una alternativa para la inclusión de carotenoides y por ende una mejora en la pigmentación de los huevos producidos por las gallinas ponedoras.

Lo mencionado por otros autores concuerda con los datos obtenidos en el presente ensayo, ya que a la dieta balanceada estándar que se les ofrecía a las aves, se le adiciono la pre mezcla la cual estaba constituida mayoritariamente de micronutrientes los mismos que están relacionados mayoritariamente con la formación y la calidad de la cascara, mas no con la pigmentación de la yema.

Alto de albumen

En el presente estudio del efecto de tres niveles de una pre mezcla vitamínico-mineral sobre la producción y calidad de huevo en gallinas, los valores reportados en cuanto al alto de albumen en milímetros fueron: 6.17; 6.18; 6.08; 6.13 para los tratamientos T0; T1; T2 y T3 respectivamente, además no se encontró diferencias significativas en el alto de albumen de los huevos marrones producidos ($F_{3:476}=0.15$; $P=0.9283$) para los diferentes tratamientos, así como también se pudo observar que el tratamiento uno (T1) presenta el promedio más elevado de la altura de albumen siendo esta de 6.18 mm, mientras que el promedio más bajo lo presenta el tratamiento dos (T2) 6.08 mm, Tabla 17.

Unidad Haugh (UH)

En el presente estudio del efecto de tres niveles de una pre mezcla vitamínico-mineral sobre la producción y calidad de huevo en gallinas, los valores reportados en cuanto a unidades Haugh fueron: 73.60; 74.38; 73.89; 73.78 para los tratamientos T0; T1; T2 y T3 respectivamente, además no se encontró diferencias significativas en las Unidades Haugh de los huevos marrones producidos ($F_{3:476}=0.13$; $P=0.9405$) para los distintos tratamientos, así como también se pudo observar que el tratamiento uno (T1) presenta el promedio más elevado de Unidades Haugh siendo este de 74.38 UH, mientras que el promedio más bajo lo presenta el tratamiento cero (T0) 73.60 UH, Tabla 17.

Tabla 17

Promedio \pm desviación estándar del alto de albumen y las unidades Haugh de los huevos de las gallinas Lohmann brown, sometidas a diferentes niveles de inclusión de Ovomin en el alimento balanceado

Tratamiento	Alto de albumen (mm)			Unidades Haugh (UH)		
	Grados de libertad	F-Fisher	P-valor	F-Fisher	P-valor	
	3	0.15	P=0.9283	0.13	0.9405	
	Promedio	D.E		Promedio	D.E	
T0	6.17	\pm 1.48	A	73.60	\pm 11.80	a
T1	6.18	\pm 1.13	A	74.38	\pm 8.77	a
T2	6.08	\pm 1.15	A	73.89	\pm 8.70	a
T3	6.13	\pm 1.39	A	73.78	\pm 10.64	a

Nota. Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Cabe mencionar que la altura de albumen está relacionado con las unidades Haugh es por esto que, según (Higginson, 2017): sugiere que albuminas altas da como resultado mayores unidades Haugh.

La información obtenida concuerda con lo establecido por (Dickey, Jonhson, Stalder, & Bregendahl, 2012); los cuales realizaron un ensayo del efecto de un programa de muda de calcio premolt y de baja energía sobre el rendimiento de las gallinas ponedoras, la calidad del huevo y la economía, donde utilizaron 981 gallinas ponedoras Hy-Line W-36 de 85 semanas de edad, alojadas 3 por jaula. Se compararon seis tratamientos en un diseño factorial 2×3 con 2 tratamientos de muda de calcio (fino y grueso) y 3 dietas de muda (FW, cáscara de soja y harinilla de trigo). El Ca grueso era una mezcla 50:50 de CaCO₃ fino (0,14 mm de diámetro medio) y grueso (2,27 mm de diámetro medio), mientras que el Ca fino era un CaCO₃ completamente fino.

Obtuvieron que durante el periodo en que se le ofreció calcio premolt a las aves no hubo diferencias significativas en el parámetro de calidad interna como las unidades Haugh.

Capítulo V

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

La inclusión de Ovomin en sus diferentes niveles no afectó de forma significativa parámetros de calidad del huevo tales como: Peso (g), Color de yema, Alto de albumen (mm) y unidades Haugh (U.H), Resistencia del cascaron (kg.f) estos se mantuvieron dentro de los estándares.

La ingesta del alimento balanceado puede verse influenciada por diferentes factores tales como estrés ambiental, estrés por calor, por el estrés post muda y las condiciones de plumaje de las aves.

Es necesario realizar un seguimiento constante de los componentes del alimento balanceado con el fin de satisfacer las necesidades metabólicas de las gallinas en cada ciclo productivo.

Recomendaciones

Se recomienda el uso de Ovomin en la dieta de gallinas envejecidas o que se encuentran en fase tardía de puesta, ya que la inclusión del producto en el alimento balanceado demostró aumentar el espesor del cascaron lo cual genera una ventaja al momento de transportar y almacenar los huevos.

Es recomendable tener un alto grado de inocuidad al momento de la fabricación del alimento concentrado, con el fin de evitar la contaminación y posterior decremento del estado sanitario de las aves.

Referencia bibliográfica.

- Acosta, D., & Jaramillo, Á. (2009). Manejo de ponedora comercial. *Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA)*, 5-35. Obtenido de https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/4617/Manejo_de_ponedora_comercial.PDF;jsessionid=EF4483E9C9690057AE2AE45FAC82E633?sequence=1
- Altamirano, E., Bulfon, M., & Bee de Spironi, N. (2009). Histología del ovario y ciclo reproductivo de *Columbina picui* (Temminck, 1813) (Aves: Columbidae) en Córdoba, Argentina. *Rev. peru biol*, 16(1), 61-66.
- Anh, D., Sell, J., Chamruspollert, M., & Jeffrey, M. (1999). Effect of dietary conjugated linoleic acid on the quality characteristics of chicken eggs during refrigerated storage. *Poultry Science*, 78(6), 922-928.
- Antruejo, A., Rosmini, M., Azcona, J., & Schang, M. (2010). *Obtención de huevos de gallina para consumo de calidad diferenciada, incrementando la proporción de Ácidos Grasos OMEGA-3 y reduciendo el contenido de colesterol*. Rosari. Argentina: UNR, Editorial.
- Applegate, E. (2000). Introduction: Nutritional and Functional Roles of Eggs in the Diet. *Journal of the American College of Nutrition*, 19(5), 495-498. doi:10.1080/07315724.2000.10718971
- Barroeta, A. (2002). Formación del huevo. *Lecciones sobre el huevo*, 45-54.
- Beaumont, C., Calenge, F., Chapuis, H., Fablet, J., Minvielle, F., & Texier-Boichard, M. (2011). Génétique de la qualité de l'œuf. *INRA Productions Animales*, 23(2), 123-132.
- Bonekamp, R., Lemme, A., Wijtten, P., & Sparla, J. (2010). Effects of amino acids on egg number and egg mass of brown (heavy breed) and white (light breed) laying hens. *Poultry Science*, 3(89), 522-529. doi:10.3382/ps.2009-00342
- Buitrago, J., & Ferero, M. (2016). *Comparación de dos modelos de producción (Pastoreo e Intensivo) y su efecto en la calidad de huevo y bienestar de gallinas de postura*. Fusagasugá: Universidad de Cundinamarca. Obtenido de <http://repositorio.ucundinamarca.edu.co/bitstream/handle/20.500.12558/319/Comparaci%C3%B3n%20de%20dos%20modelos%20de%20producci%C3%B3n%20%28pastoreo%20e%20intensivo%29%20y%20su%20relaci%C3%B3n%20en%20la%20calidad%20de%20huevos%20y%20bienestar%20de%20ga>
- Butcher, G., & Miles, R. (2003). Factors Causing Poor Pigmentation of Brown-Shelled Eggs. *University of Florida. Veterinary Medicine-Large Animal Clinical Sciences Department, VM* 94.
- Buxadé, C., & Sauveur, B. (1993). *El huevo para consumo: bases productivas*. Madrid: Mundi-Prensa S.A. Ed.
- Callejo, A., Cardoso, W., Sanz, S., Daza, A., & Buxadé, C. (2012). Efectos de tres distintos aportes alimenticios restringidos como inductores de la muda en gallinas ponedoras, sobre la

pérdida de peso vivo, la regresión de ovario y oviducto y los resultados productivos. *Memorias 5ª Reunión Anual de la Asociación de Especialistas en Ciencia Avícola del Centro de México (AECACEM)*, 379-390.

- Casiraghi, E., Hidalgo, A., & Rossi, M. (2005). Influence of weight grade on shell characteristics of marketed hen eggs . *In: Proc. European Symposium on the Quality of Egg and Egg Products, 10. WPSA, Doorwerth, The Netherlands*, 183-188.
- Castello, J., Barragan, J., Barroeta, A., & López, M. (2010). *Producción de huevos*. Barcelona: Real escuela de Aviculrura.
- Cepro, R. (2002). Produccion de huevos: Situación actual y nueva normativa comunitaria. *Lecciones sobre el Huevo*, 7-25. Obtenido de https://www.institutohuevo.com/documentos_antiguo/
- Cisneros, F. (2018). Directrices de DSM pigmentación de yema de huevo. *DSM Bright Science. Brighter living*. Obtenido de <https://www.dsm.com/anh/es/feedtalks/eggolk-pigmentation-guidelines.html>
- Codony, R. (2002). Composicion y valor nutritivo del huevo. *Lecciones sobre el huevo*, 155-165.
- CONAVE. (2019). Estadísticas del sector avicola. *Corporación Nacional de Avicultores del Ecuador*. Obtenido de <https://www.conave.org/informacion-sector-avicola-publico/>
- Cuca, M., Avila, E., & Martínez, A. (2008). *Alimentación de las aves*. Chapingo: Cornell University.
- Díaz, J., Moreno, J., Angulo, E., Sandmann, G., Zhu, C., Ramos, A., . . . Nogareda, C. (2017). High-carotenoid biofortified maize is an alternative to color additives in poultry feed. *Animal Feed Science and Technology*, 231, 38-46. doi:doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.06.007
- Dickey, E., Jonhson, A., Stalder, K., & Bregendahl, K. (2012). Effects of a premolt calcium and low-energy molt program on laying hen performance, egg quality, and economics. *Poultry Science*, 91(2), 292-303. doi:doi.org/10.3382/ps.2011-01685
- Estienne, A., Brossaud, A., Reverchon, M., Remé, C., Froment, P., & Dupont, J. (2020). Adipokines Expression and Effects in Oocyte Maturation, Fertilization and Early Embryo Development: Lessons from Mammals and Birds. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(10). doi:https://doi.org/10.3390/ijms21103581
- Fernández, M., & Lobato, A. (2009). *El gran libro del huevo*. Madrid: Editorial Everest. Obtenido de <http://institutohuevo.com/wp-content/uploads/2017/07/EL-GRAN-LIBRO-DEL-HUEVO.pdf>
- Flox, J., & Buxade, C. (2000). *La gallina ponedora*. Madrid: Mundi-Prensa, Ed.
- Fuentes, P. (2002). Calidad interna del huevo y su composición. *Lecciones sobre el huevo*, 57-72.
- González, A., Navas, F., Arando, A., Delgado, J., & Camacho, M. (2020). Hen breed and variety factors as a source of variability for the chemical composition of eggs. *Journal of Food Composition and Analysis*, 95. doi:https://doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103673

- Google Maps. (2019). Hacienda el prado. *Google maps*.
- Gutiérrez, D., Cuca, J., Martínez, A., Becerril, C., & Figueroa, J. (2013). Niveles de calcio y fósforo disponible en gallinas durante 48 semanas en postura. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 4(4), 435-446.
- Halaj, M., Benkova, J., & Baumgartner, J. (1998). Parameters of hen egg quality in various breeds and strains. *Czech Journal of Animal Science*, 375-378.
- Hernández, J., Pérez, M., González, A., Villegas, Y., Rodríguez, G., & Meza, V. (2013). Egg quality of four genetic lines of chickens in warm climate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1107-1118. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v4nspe6/v4spe6a3.pdf>
- Higginson, T. (2017). Boletín técnico: La ciencia de la calidad del huevo. *Hy-line*, 1-8.
- Honkatukia, M., Tuiskula-Haavisto, M., Ahola, V., Uimari, P., Schmutz, M., Preisinger, R., . . . Vilkki, J. (2011). Mapping of QTL affecting incidence of blood and meat inclusions in egg layers. *BMC Genetics*, 12(1), 55.
- Hunton, P. (2005). Research on eggshell structure and quality: An historical overview. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 7(2), 61-71. doi:10.1590/S1516-635X2005000200001
- Huopalahti, R., López-Fandiño, R., & Rüdiger, M. (2007). *Bioactive Egg Compounds*. Berlin: Springer, Ed.
- Huyghebaert, G. (2006). Fisiología de la puesta, con énfasis en la calidad de la cáscara. *Selección Avícola*, 227-230.
- Inal, F., Coşkun, B., Gulsen, N., & Kurtoğlu, V. (2001). The effects of withdraw of vitamin and trace mineral supplements from layer diets on egg yield and trace mineral composition. *British Poultry Science*, 42(1), 77-80.
- INAMHI. (2019). Información edafológicos del Ecuador. *Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología*.
- INEC. (2019). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC). *Intituto Nacional de Estadística y Censo*, 1-14.
- INEN. (2011). Huevos comerciales y ovoproductos. *Instituto Ecuatoriano de Normalización*, 16. Obtenido de <https://archive.org/stream/ec.nte.1973.2011#page/n1/mode/2up>
- Instituto de Estudios del Huevo. (2009). *El gran libro del huevo*. Madrid: Editorial EVEREST, S.A.
- Johnason, A. (2015). Reproduction in the Female. *Sturkie's Avian Physiology*, 30, 635-665. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-407160-5.00028-2>
- Joly, P. (2008). Reevaluation of Amino Acids Requirements for Laying Hens. *Hendrix Genetics*. Obtenido de <https://www.hendrix-genetics.com/en/>
- Jones, D., & Musgrove, M. (2005). Effects of Extended Storage on Egg Quality Factors. *Poultry Science*, 84(11), 1774-1777. doi:<https://doi.org/10.1093/ps/84.11.1774>

- Kim, W.-K., Donalson, L., Herrera, P., Kubena, L., Nisbet, D., & Ricke, S. (2005). Comparisons of molting diets on skeletal quality and eggshell parameters in hens at the end of the second egg-laying cycle. *Poultry Science*, 84(4), 522-527. doi:<https://doi.org/10.1093/ps/84.4.522>
- Liu, Y., Lin, X., Zhou, X., Wan, D., Wang, Z., Wu, X., & Yin, Y. (2017). Effects of dynamic feeding low and high methionine diets on egg quality traits in laying hens. *Poultry Science*, 96(5), 1459-1465.
- Lohmann, T. (2019). Guía de manejo ponedoras: Sistema de jaulas. *LOHMANN BROWN-CLASSIC*, 1-46. Obtenido de <https://ibertec.es/docs/productos/lbcbrown.pdf>
- Mabe, I., Rapp, C., Bain, M., & Nys, Y. (2003). Supplementation of a corn-soybean meal diet with manganese, copper, and zinc from organic or inorganic sources improves eggshell quality in aged laying hens. *Poultry Science*, 82(12), 1903-1913. doi:[doi:doi.org/10.1093/ps/82.12.1903](https://doi.org/10.1093/ps/82.12.1903)
- Molnár, A., Maertens, L., Ampe, B., Buyse, J., Zoons, J., & Delezie, E. (2018). Effect of different split-feeding treatments on performance, egg quality, and bone quality of individually housed aged laying hens. *Poultry Science*, 97(1), 88-101.
- Molnár, A., Zoons, J., Buyse, J., & Delezie, E. (2017). Extendiendo el ciclo de puesta de las gallinas ponedoras. *Selecciones avícolas*, 14-18. Obtenido de <https://seleccionesavicolas.com/pdf-files/2018/1/14-17-extendiendo-el-ciclo-de-puesta-de-las-gallinas-ponedoras-SA201801.pdf>
- Morales, W., Rodríguez, V., & Verjan, N. (2018). Parámetros productivos y económicos de gallinas ponedoras ISA Brown en segundo ciclo de producción suplementadas con aminoácidos no esenciales. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 29(2), 533-543. doi:<http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v29i2.14481>
- Moreno, J., Díaz, J., Fuentes, L., Angulo, E., Gosálvez, L., Sandmann, G., . . . Nogareda, C. (2019). Poultry diets containing (keto)carotenoid-enriched maize improve egg yolk color and maintain quality. *Animal Feed Science and Technology*, 114334. doi:[doi:doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.114334](https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.114334)
- Muñoz, A., Domínguez, N., Jimenez, C., & Rodríguez, A. (2015). Importance of eggshell cuticle composition and maturity for avoiding trans-shell Salmonella contamination in chicken eggs. *Food Control*, 55, 31-38. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.02.028>
- N.R.C. (1994). *Nutrient Requirement of Domestic Animals*. Washington: National Academy of Science. doi:<https://doi.org/10.17226/2114>
- North, M., & Bell, D. (1993). *Manual de producción avícola* (3ra ed.). México: El Manual Moderno, S.A.
- NUTRION. (2019). Ficha técnica OVOMIN. *NUTRION S.A.* Obtenido de <http://nutrion.ec/>

- Nys, Y., Hincke, M., Hernandez, A., Rodríguez, A., Gómez, J., Jonchére, V., . . . Gautron, J. (2011). Structure, propriétés et minéralisation de la coquille de l'oeuf: rôle de la matrice organique dans le contrôle de sa fabrication. *INRAE Productions Animales*, 23(2), 143-154.
- Odabasi, A., Miles, R., Balaban, M., & Portier, K. (2007). Changes in Brown Eggshell Color As the Hen Ages. *Poultry Science*, 86(2), 356-363. doi:<https://doi.org/10.1093/ps/86.2.356>
- Oguike, M., Igboeli, G., Ibe, S., & Ironkwe, M. (2005). Physiological and endocrinological mechanisms associated with ovulatory cycle and induced-moulting in the domestic chicken – a Review. *World's Poultry Science Journal*, 61(4), 625-632. doi:<https://doi.org/10.1079/WPS200574>
- Oliveira, G., Figueiredo, T., Souza, M., Oliveira, A., Cançado, S., & Abreu, G. (2009). Bioactive amines and quality of egg from Dekalb hens under different storage conditions. *Poultry Science*, 88(11), 2428-2434. doi:<https://doi.org/10.3382/ps.2009-00028>
- Ortíz, A. (2002). La granja de puesta: Nutrición y sanidad del ave. *Lecciones sobre el huevo*, 29-42.
- Ortíz, A., & Mallo, J. (2013). Factores que afectan la calidad externa del huevo. *Albítar*, 18-20.
- Pacual, M., & Calderón, V. (2000). *Microbiología alimentaria* (2 Edición ed.). Madrid, España: Díaz de Santos S.A.
- Pérez, M., & García, D. (2012). VITAMINAS EN LA ALIMENTACIÓN DE LAS AVES. *Natural*, S.L. Obtenido de <https://avicultura.com/>
- Pontes, M., & Castello, J. (1995). *Alimentación de las aves*. Barcelona: Real escuela de avicultura, Ed.
- Qiu, J., Zhou, Q., Zhu, J., Lu, X., Liu, B., Yu, D., . . . Xu, J. (2020). Organic trace minerals improve eggshell quality by improving the eggshell ultrastructure of laying hens during the late laying period. *Poultry Science*, 99(3), 1483-1490. doi:[doi:doi.org/10.1016/j.psj.2019.11.006](https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.11.006)
- Quintana, J. (2011). *Avitecnia: Manejo de las aves domésticas más comunes* (4ta ed.). México: Trillas, Ed.
- Roberts, J. (2004). Factors Affecting Egg Internal Quality and Egg Shell Quality in Laying Hens. *Journal of Poultry Science*, 41(3), 161-177. doi:[doi:doi:10.2141/jpsa.41.161](https://doi.org/10.2141/jpsa.41.161)
- Romero, R. (2012). *El sistema de producción, circulación y acumulación avícola ecuatoriana*. Quito: PUCE.
- Rosales, S. (2017). Estudio de Mercado Avícola enfocado a la Comercialización del Pollo en Pie, año 2012-2014. *Super Intendencia de Control del Poder del Mercado*, 1-43. Obtenido de <https://www.scpm.gob.ec/sitio/wp-content/uploads/2019/03/ESTUDIO-AVCOLA-VERSION-PUBLICA.pdf>
- Rostagno, H., Teixeira, L., Hannas, M., Lopes, J., Kazue, N., Guilherme, F., . . . Brito, C. d. (2017). *Tablas brasileñas para aves y cerdos: Composición de alimentos y requerimientos nutricionales*. Brasil: Universidad Federal de Viçosa.

- Sauveur, B. (1992). *Reproducción de la aves*. Madrid: Mundi Prensa.
- Scott, M. (1965). Requerimiento de nutrientes para gallinas ponedoras. *Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 21-28. Obtenido de Dialnet-
RequerimientoDeNutrientesParaGallinasPonedoras-6107920%20(2).pdf
- Singh, R., Cheng, K., & Silversides, F. (2009). Production performance and egg quality of four strains of laying hens kept in conventional cages and floor pens. *Poultry Science*, 2(88), 256-264. doi:doi: 10.3382/ps.2008-00237
- Smith, D., & Musgrove, M. (2008). Effect of Blood Spots in Table Egg Albumen on Salmonella Growth. *Poultry Science*, 87(8), 1659-1661.
- Soler, R., & Bueso, J. (2017). Análisis de las alteraciones de la cáscara del huevo de gallina. *Nereis*, 137-147.
- Stefanello, C., Dos Santos, T., Murakami, A., Martins, E., & Carneiro, T. (2014). Productive performance, eggshell quality, and eggshell ultrastructure of laying hens fed diets supplemented with organic trace minerals. *Poultry Science*, 93(1), 104-113. doi:doi.org/10.3382/ps.2013-03190
- Świątkiewicz, S., & Koreleski, J. (2008). The effect of zinc and manganese source in the diet for laying hens on eggshell and bones quality. *Veterinarni Medicina*, 53(10), 555-563.
- Travel, A., Nys, Y., & Lopes, E. (2011). Facteurs physiologiques et environnementaux influençant la production et la qualité de l'œuf. *INRA Productions Animales*, 23(2), 155-166.
- Troncoso, H., & Rodríguez, D. (2014). Síntesis del huevo y Formación del cascarón. *Los avicultores y su entorno*.
- Vaca, L. (1991). *Producción Avícola*. San José: Euned. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/113287605/Produccion-Avicola>
- Vargas, O. (2016). *Avicultura*. Machala: Ediciones UTMACH.
- Venglovská, K., Grešáková, L., Plachá, I., Ryzner, M., & Čobanová, K. (2014). Effects of feed supplementation with manganese from its different sources on performance and egg parameters of laying hens. *Czech Journal of Animal Science*, 59(4), 147-155. doi:10.17221/7338-CJAS
- Webster, A. (2003). Physiology and behavior of the hen during induced molt. *Poultry Science*, 82(6), 992-1002. doi:https://doi.org/10.1093/ps/82.6.992
- Yildiz, A., Cufadar, Y., & Olgun, O. (2011). Effects of dietary organic and inorganic manganese supplementation on performance, egg quality and bone mineralization in laying hens. *Revue de Médecine Vétérinaire*, 162(10), 482-488.