



**Efecto de una fuente alternativa de fósforo al uso de fosfatos inorgánicos en
alimentación de gallinas ponedoras de huevo comercial en la fase 2 de producción**

Parra Imbaja, Cristian Andrés

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario

Ing. Ortiz Manzano, Mario Leonardo, Mgtr.

31 de julio del 2023



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Certificación:

Certifico que el trabajo de titulación: **Efecto de una fuente alternativa de fósforo al uso de fosfatos inorgánicos en alimentación de gallinas ponedoras de huevo comercial en la fase 2 de producción**, fue realizado por el señor: **Parra Imbaja, Cristian Andrés**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 31 de julio del 2023



MARIO
LEONARDO
ORTIZ
MANZANO

Ing. Ortiz Manzano, Mario Leonardo, Mgtr

C. C.: 0602065435

Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos



Proyecto de titulación_Parra Cristian....

Scan details

Scan time:
July 31th, 2023 at 19:51 UTC

Total Pages:
45

Total words:
11077

Plagiarism Detection



Types of plagiarism		Words
Identical	0.1%	13
Minor Changes	0.5%	54
Paraphrased	1.7%	185
Omitted Words	0%	0

AI Content Detection



Text coverage
● AI text
● Human text

🔍 Plagiarism Results: (3)

🌐 **Efecto de diferentes niveles de B-TRAXIM2C en galli...** 1.2%

<http://portal.america.org/america/cu/mal/540/540/3172106/540...>

Denisse Torres Larco, Raúl Cortés Coronado, Mario Ortiz Manzano.

Articulos Efecto de diferentes niveles de B-TRAXIM2C en gallinas ponedoras sobre desempeño y calidad de huevo Effect of different levels...

🌐 **LOHMANN-Sandy-Alternative.pdf** 0.7%

<https://lohmnn-breeders.com/media/strains/alternative/lea...>

LOHMANN SANDY LAYERS LEGEHENNEN PONDEUSES PONEDORAS PERFORMANCE DATA LEISTUNGSDATEN PRODUCTION EN CHIFFRES DATOS...

🌐 **Grosor y fuerza de las cáscaras de huevo y por qué ...** 0.4%

<https://www.polyedro.es/grupos-y-fuerza-de-las-cascaras-de...>

Saltar al contenido Menú Menú Inicio Blog Cría de po...



MARIO
LEONARDO
ORTIZ
MANZANO

Ing. Ortiz Manzano, Mario Leonardo, Mgtr

C. C.: 0602065435



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Responsabilidad de Autoría:

Yo, Parra Imbaja, Cristian Andrés, con cédula de ciudadanía No. 1751637701, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo titulación: **Efecto de una fuente alternativa de fósforo al uso de fosfatos inorgánicos en alimentación de gallinas ponedoras de huevo comercial en la fase 2 de producción**, 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, 31 de julio del 2023

Parra Imbaja, Cristian Andrés

C.C.: 1751637701



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Autorización de Publicación:

Yo, **Parra Imbaja, Cristian Andrés**, con cédula de ciudadanía No. 1751637701 autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Efecto de una fuente alternativa de fósforo inorgánicos en alimentación de gallinas ponedoras de huevo comercial en la fase 2 de producción** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios es de mi responsabilidad.

Sangolquí, 31 de julio del 2023

Parra Imbaja, Cristian Andrés

C.C.: 1751637701

Dedicatoria

A mis padres, Eduardo y Luzmila, por acompañarme durante esta etapa de mi vida brindándome su apoyo y amor incondicional en cada momento. Sobre todo, alentándome a no dejarme vencerme ante cualquier circunstancia que se me ha presentado.

A mis hermanos, Eduardo, Alexandra y Jesús, por apoyarme, aconsejarme y animándome a seguir cumpliendo mis metas.

A mi cuñados Estefanía y Eduardo, por apoyarme y aconsejarme durante esta etapa.

A mis sobrinos Sebastián, Gabriela, Alison y Seraph, que este trabajo sea un ejemplo para ustedes y sigan adelante cumpliendo sus metas sin importar las adversidades que se presenten.

A Eloary por acompañarme durante esta travesía, brindándome su amor, apoyo, consejos y darme alegría a cada momento.

A mis amigos Saúl, Freddy, Jessica, Maricela, Mayra, Mikaela y Juan Carlos, por ser mis cómplices y compartir buenos y malos momentos.

Cristian Andrés Parra Imbaja

Agradecimiento

A la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, en especial a la Carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA 1, por abrirme las puertas y brindarme los conocimientos necesarios para ser un buen profesional a través de los docentes que conforman esta gran institución.

Al Ing. Mario Ortiz, por brindarme su amistad, consejos y guía durante este trayecto compartiendo sus conocimientos y experiencias.

A la empresa Nutrion y al Ing. Rómulo Falconi, por brindarme la confianza para ejecutar este proyecto.

Al personal de trabajo del taller de avicultura y planta de balanceados, por compartir sus experiencias, consejos y apoyo durante la realización de este proyecto.

Cristian Andrés Parra Imbaja

Índice de contenidos

Carátula	1
Certificación:	2
Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos.....	3
Responsabilidad de Autoría	4
Autorización de Publicación	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento	7
Índice de contenidos	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
Objetivos	20
Objetivo general.....	20
Objetivos específicos	20
Hipótesis	20
Hipótesis nula	20
Hipótesis alterna	20
CAPÍTULO II	21
MARCO REFERENCIAL	21

Características generales de las gallinas.....	21
Características de las líneas productoras de huevo (semi pesada)	21
Aparato digestivo.....	22
Aparato reproductivo	23
Ovario	23
Infundíbulo.....	23
Mágnium.....	23
Istmo.....	23
Útero.....	24
Vagina	24
Fisiología de la formación del huevo	24
Cáscara	24
Clara o albúmina.....	25
Yema o vitelo	25
Características generales de aves de postura Lohmann Brown	25
Parámetros de calidad de huevo	26
Altura de la albúmina	27
Categorización (Calidad).....	28
Coloración de yema	29
Dureza de la cáscara	29
Grosor de la cáscara.....	29
Peso del huevo	29
Unidades Haugh	30
Digital Egg Tester Det 6000.....	30
Requerimientos nutricionales para gallinas ponedoras Lohmann Brown	31
Alimentación en fase 2	31

Phosfit 300	32
Uso de enzimas.....	33
Fitasas.....	34
Características generales de la fitasa	34
Tipo de fitasas	34
Fitasa en aves ponedoras.....	35
Metabolismo calcio y fósforo	35
Calcio.....	35
Fósforo	36
Fósforo en la alimentación animal	36
Fuentes alternas de fósforo	36
Requerimientos de calcio y fósforo en gallinas ponedoras	37
CAPÍTULO III.....	38
MATERIALES Y METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	38
Ubicación y características del área de estudio.....	38
Ubicación geográfica.....	38
Ubicación ecológica.....	38
Materiales de campo	39
Insumos	39
Equipo de laboratorio.....	39
Métodos	40
Tratamientos experimentales	40
Formulación de dietas.....	40
Suministro del alimento.....	41
Recopilación de datos.....	41
Diseño experimental.....	42

Croquis del diseño.....	43
Análisis estadístico.....	43
Mediciones experimentales.....	43
Evaluación de parámetros zootécnicos.....	44
Análisis de SEM-EDS.....	45
Análisis económico.....	45
CAPÍTULO IV.....	46
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	46
Parámetros zootécnicos.....	46
<i>Conversión alimenticia.....</i>	<i>46</i>
<i>Mortalidad.....</i>	<i>47</i>
<i>Peso de las aves.....</i>	<i>47</i>
<i>Porcentaje de postura.....</i>	<i>48</i>
<i>Producción por tratamiento.....</i>	<i>50</i>
Calidad de huevo.....	51
<i>Altura de albúmina.....</i>	<i>51</i>
<i>Categorización.....</i>	<i>52</i>
<i>Coloración de yema.....</i>	<i>53</i>
<i>Dureza de cáscara.....</i>	<i>53</i>
<i>Grosor de cáscara.....</i>	<i>54</i>
<i>Peso del huevo.....</i>	<i>55</i>
<i>Unidades Haugh.....</i>	<i>56</i>
Análisis SEM-EDS.....	57
Análisis económico.....	60
CAPÍTULO V.....	61
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	61

Conclusiones.....	61
Recomendaciones.....	62
BIBLIOGRAFÍA.....	63

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Capas que conforman la cáscara del huevo</i>	25
Tabla 2 <i>Parámetros productivos de la línea genética Lohmann Brown</i>	26
Tabla 3 <i>Clasificación del huevo fresco de gallina de acuerdo a su grado de calidad</i>	27
Tabla 4 <i>Características físicas de un huevo comercial de gallina</i>	28
Tabla 5 <i>Categoría de huevos de gallina disponibles para el consumo humano</i>	28
Tabla 6 <i>Clasificación de los huevos frescos de gallinas</i>	30
Tabla 7 <i>Valores y relación de calidad mediante Unidades Haugh</i>	30
Tabla 8 <i>Niveles recomendados para fase 2 por kg de alimento para diferentes consumos diarios</i>	32
Tabla 9 <i>Composición de Phosfit 300</i>	33
Tabla 10 <i>Contenido de P total - fítico en alimentos vegetales</i>	37
Tabla 11 <i>Dosis de las dietas experimentales</i>	40
Tabla 12 <i>Composición nutricional de las dietas experimentales para cada tratamiento</i>	41
Tabla 13 <i>Distribución del experimento</i>	42
Tabla 14 <i>Parámetros zootécnicos para cada tratamiento en gallinas ponedoras Lohmann Brown fase 2</i>	46
Tabla 15 <i>Conversión alimenticia para cada tratamiento en gallinas ponedoras Lohmann Brown fase 2</i>	46
Tabla 16 <i>Peso de las aves (kg) para cada tratamiento en gallinas ponedoras Lohmann Brown fase 2</i>	47
Tabla 17 <i>Porcentaje de postura en gallinas ponedoras Lohmann Brown fase 2</i>	48
Tabla 18 <i>Producción de huevos para cada tratamiento en gallinas ponedoras Lohmann Brown fase 2</i>	50
Tabla 19 <i>Altura de albúmina (mm) para cada tratamiento en gallinas ponedoras Lohmann Brown fase 2</i>	52

Tabla 20 <i>Coloración de yema para cada tratamiento en gallinas ponedoras Lohmann Brown fase 2</i>	53
Tabla 21 <i>Dureza de cáscara (kgf) para cada tratamiento en gallinas ponedoras Lohmann Brown fase 2</i>	53
Tabla 22 <i>Grosor de cáscara (mm) para cada tratamiento en gallinas ponedoras Lohmann Brown fase 2</i>	54
Tabla 23 <i>Peso del huevo (g) para cada tratamiento en gallinas ponedoras Lohmann Brown fase 2</i>	55
Tabla 24 <i>Unidades Haugh para cada tratamiento en gallinas ponedoras Lohmann Brown fase 2</i>	56
Tabla 25 <i>Análisis SEM-EDS en los tratamiento experimentales</i>	59
Tabla 26 <i>Análisis económico de los tratamientos</i>	60

Índice de figuras

Figura 1 <i>Hacienda “El Prado” – IASA 1, taller de Avicultura</i>	38
Figura 2 <i>Croquis experimental</i>	43
Figura 3 <i>Peso semanal para cada tratamiento en gallinas ponedoras Lohmann Brown fase 2</i>	48
Figura 4 <i>Porcentaje de postura en gallinas ponedoras Lohmann Brown fase 2</i>	49
Figura 5 <i>Producción de huevos semanal en gallinas ponedoras Lohmann Brown fase 2</i>	51
Figura 6 <i>Categorización para cada tratamiento en gallinas ponedoras Lohmann Brown fase 2</i>	52
Figura 7 <i>Microscopía SEM realizada en la cáscara del huevo de los tratamientos T0 (Fosfato mono cálcico) y T1 (Phosfit 300)</i>	57
Figura 8 <i>Análisis SEM-EDS del tratamiento T0 (Fosfato mono cálcico) y T1 (Phosfit 300)</i>	58

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto de una fuente alternativa de fósforo al uso de fosfatos inorgánicos en alimentación de gallinas ponedoras en la fase 2, sobre los parámetros zootécnicos y calidad de huevo, durante un periodo de tiempo de 14 semanas. Los tratamientos aplicados en este trabajo fueron: T0 (Fosfato mono cálcico 21/17) y T1 (Phosfit 300) reemplazo del fósforo inorgánico). Se trabajó con un diseño completamente al azar, empleando 800 aves las cuales fueron divididas para los dos tratamientos, con 5 repeticiones por tratamiento, 80 unidades experimentales y 5 aves/jaula, a las cuales se suministró 120 g de alimento/día, mientras que el consumo de agua fue ad libitum. Los parámetros zootécnicos evaluados fueron: conversión alimenticia, mortalidad (%), peso de las aves (kg), porcentaje de postura y producción por tratamiento. Mientras que los parámetros de calidad de huevo fueron: altura de albúmina (mm), dureza de cáscara (kgf), grosor de cáscara (mm), peso del huevo (g) y Unidades Haugh. Se encontró diferencia significativa en las variables de altura de albúmina, peso del huevo (g) y Unidades Haugh, en cambio para la conversión alimenticia, dureza de cáscara (kgf), grosor de cáscara (mm), mortalidad (%), peso de las aves (kg), porcentaje de postura y producción por tratamiento no hubo diferencia significativa entre tratamientos. El análisis económico determinó que ambas dietas son rentables al presentar un costo/beneficio mayor a 1, sin embargo, al añadir Phosfit 300 al alimento genera un mayor beneficio que el fosfato mono cálcico.

Palabras claves: PHOSFIT 300, CALIDAD DE HUEVO, PARÁMETROS ZOOTÉCNICOS

Abstract

The objective of this study was to determine the effect of an alternative phosphorus source to the use of inorganic phosphates in phase 2 feed for laying hens, on zootechnical parameters and egg quality, during a period of 14 weeks. The treatments applied in this study were: T0 (Mono calcium phosphate 21/17) and T1 (Phosfit 300) replacement of inorganic phosphorus. We worked with a completely randomized design, using 800 birds which were divided for the two treatments, with 5 replicates per treatment, 80 experimental units and 5 birds per cage, which were fed 120 g of feed/day, while water consumption was ad libitum. The zootechnical parameters evaluated were: feed conversion, mortality (%), bird weight (kg), laying percentage and production per treatment. Egg quality parameters were: albumen height (mm), shell hardness (kgf), shell thickness (mm), egg weight (g) and Haugh units. Significant differences were found in the variables of albumen height, egg weight (g) and Haugh units, while for feed conversion, shell hardness (kgf), shell thickness (mm), mortality (%), bird weight (kg), laying percentage and production per treatment there was no significant difference between treatments. The economic analysis determined that both diets are profitable since they have a cost/benefit greater than 1; however, the addition of Phosfit 300 to the feed generates a greater benefit than mono calcium phosphate.

Keywords: PHOSFIT 300, EGG QUALITY, ZOOTECHNICAL PARAMETERS

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

En avicultura existen distintas prácticas de producción que se otorgan sobre las aves de corral con el fin de obtener carne o huevos para su comercialización, para que estos productos sean comercializados en el mercado y tengan un valor agregado se debe llevar a cabo un buen manejo de la alimentación y nutrición. La nutrición para aves de corral está todos los días desarrollando novedosas tecnologías que permiten a los técnicos suplementar nuevos nutrientes a las dietas, dándole un costo adicional que va más allá del usual, además de que logran cubrir los requerimientos energéticos y de producción para cada línea genética (Paulino, 2021).

En la actualidad, las enzimas se han convertido en la mejor herramienta para la formulación de dietas balanceadas debido a que han logrado sustituir, potencializar y optimizar la utilización de ciertos recursos que son de baja calidad o se hallan como limitantes en las dietas, mediante la utilización de estas enzimas se consigue mejorar la alimentación y reducir los precios de ejecución de estas formulaciones (Yépez, 2022).

Una enzima empleada en formulación de dietas balanceadas son las fitasas, las cuales liberan al fósforo del fitato para una mejor absorción y digestión del fósforo en el alimento concentrado. El empleo de fitasas es común en territorios desarrollados y subdesarrollados, la utilización de estas comenzó en dietas para pollos de engorde de forma directa, sin embargo, en la actualidad se están empleando en dietas para gallinas de postura con la finalidad de incrementar la producción, reducir costos de producción del alimento y mejorar la calidad del huevo (Yépez, 2022).

Justificación

Ciertos métodos empleados en el procesamiento industrial de cereales y leguminosas generan una disminución en la concentración de ácido fítico, no obstante, esta reducción o inactivación es únicamente parcial. Con el objetivo de mejorar la hidrólisis del ácido fítico, se ha comprobado que el aumento de fitasas (myo-inositol hexafosfato fosfohidrolasas) procedente de diferentes orígenes puede tener una efectividad muy importante en la alimentación animal (Chicaiza & Leiva, 2020).

Diferentes estudios sobre la utilización de fitasas exógenas en ingesta de alimentos para monogástricos han demostrado un enorme potencial para mejorar la disponibilidad mineral, por lo cual la utilización de fitasa de procedencia microbiana está autorizada para su empleo en ingesta de alimentos para animales y está destinado a aumentar la disponibilidad del fósforo del ácido fítico disminuyendo la excreción fecal del mismo al ambiente (Chicaiza & Leiva, 2020).

Otro beneficio por el cual se emplea en la elaboración de alimento concentrado es por su costo, debido a que el precio del fosfato sobrepasa los \$1300 dólares la tonelada métrica, haciendo que el costo del kg de alimento culminado sea elevado, una dieta estándar a base de maíz-soya para aves de postura lleva aproximadamente 12 kg de fosfato, por lo tanto, el empleo de fitasas en dietas para animales resulta ser una alternativa económica (Habibollahi *et al.*, 2019).

Mediante la utilización de una fuente alterna de fósforo soluble (Phosfit 300), sirve para el reemplazo del fosfato mono cálcico en una relación 1:1, debido a que el Phosfit 300 aporta fósforo disponible, esto en razón de la sustracción y liberación de todo el fósforo fítico contenido en los vegetales que componen la dieta. De esta manera se logra aumentar la producción y reducir los costos de producción del alimento concentrado (Nutrion, 2023).

Planteamiento del problema

La producción y calidad de huevo no solo depende de la línea genética, también está relacionado con la alimentación, requerimientos nutricionales y manejo sanitario. En nuestro país los productores deben regirse a los parámetros de calidad de huevo exigidos por la norma INEN 1973:2013. Una de las limitaciones para formular un alimento concentrado para gallinas ponedoras es el costo de las materias primas, debido a que el gasto en alimentación representa más del 60 % de los costos totales de la producción, por tal motivo los productores buscan diferentes alternativas para abaratar este costo, sin descuidar los requerimientos nutricionales de sus aves para obtener una mejor producción y calidad de huevo.

Objetivos

Objetivo general

Determinar el efecto de una fuente de fósforo soluble (Phosfit 300) como alternativa a los fosfatos inorgánicos en dietas para gallinas ponedoras.

Objetivos específicos

- Determinar el efecto del Phosfit 300 sobre los parámetros zootécnicos en la fase 2 de gallinas ponedoras.
- Determinar el efecto del Phosfit 300 sobre los parámetros de calidad de huevo.
- Determinar los costos de producción.

Hipótesis

Hipótesis nula

El Phosfit 300 no tiene efecto en los parámetros zootécnicos ni de calidad del huevo.

Hipótesis alterna

El Phosfit 300 tiene efecto en los parámetros zootécnicos y calidad del huevo.

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

Características generales de las gallinas

La gallina doméstica descende de aves salvajes que habitaban en las selvas del Sudeste Asiático. El orden *galliformes* está conformado por más de 283 especies, las cuales comparten ciertas características generales como anidar en el suelo, vuelo pesado y alimentación a base de insectos, hierbas y granos. A partir de la domesticación de dichos ejemplares nace la actividad avícola con diferentes propósitos, siendo esta la producción de carne y huevos. Las aves empleadas en la producción de huevos tienen la capacidad genética para producir un gran número de huevos, con un tamaño promedio y buen peso en el período de postura (Galíndez, 2019).

De forma externa en el ave se puede observar estas características, la cabeza es redonda y cubierta de plumas; la misma que consta de un pico que sustituye la boca y alrededor de él se hallan agujeros nasales. Sus ojos son redondeados, prominentes y brillantes; en la madurez sexual aparece la barbilla y cresta. Constan de cuatro dedos que se hallan en los miembros inferiores o patas, las cuales permanecen cubiertas de escamas, en estas piezas permanecen tres dedos direccionados hacia adelante y solo uno hacia atrás (Galíndez, 2019).

Características de las líneas productoras de huevo (semi pesada)

Las gallinas semi pesadas en la producción avícola son de doble propósito, debido a que estas aves están destinadas para producción de carne o huevos, generalmente tienen un plumaje marrón, pero también se consideran aquellas de plumaje blanco o negro y sus huevos son marrones. Estas aves están adaptadas a sistemas de producción extensivos, si la finalidad es la producción de huevos, pueden alcanzar 300 huevos por año, además de ser aves de fácil manejo debido a su docilidad (Malchow *et al.*, 2022).

Aparato digestivo

En aves el sistema digestivo es más corto en cuanto a dimensión, dando como resultado el paso del alimento en tiempos menores, este se encuentra formado por órganos esenciales que intervienen en el aspecto productivo que es la formación de huevo, este sistema empieza por el pico, a continuación, se encuentra el esófago, buche, proventrículo, molleja, intestino delgado, ciegos, intestino grueso, cloaca y glándulas anexas. El proceso de digestión, inicia en el pico del ave, en donde el primer órgano anexo que interviene en la digestión del animal es la lengua, que acompañada por la saliva se encargan del primer proceso de descomposición del alimento, el alimento pre descompuesto pasa luego por la faringe, esófago y se sitúa en el buche, en este lugar el alimento se encuentra en almacenamiento durante un periodo de dos horas (Nuñez, 2021).

El siguiente fraccionamiento del alimento se realiza en el proventrículo donde continúa su proceso de desdoblamiento debido a la presencia de diferentes enzimas y ácidos, con ayuda de contracciones pasa al estómago muscular o conocida como molleja, consta de una fuerte musculatura que se encarga de recubrir una bolsa la cual contiene pequeñas piedras que han sido ingeridas previamente por el ave, cuya función es triturar los granos o partículas grandes que se encuentran el alimento. En explotaciones grandes estas piedras son reemplazadas por calcio que se adiciona al alimento y de manera externa en los comederos de los animales, la granulometría del calcio va a depender directamente de la fase (edad) de estas aves (Yépez, 2022).

La absorción de agua se da en primer lugar en los ciegos en donde continúa el proceso de desintegración del alimento y la segunda parte es en el colon. El recto es un órgano corto el cual se expande para formar la cloaca, la cual cumple dos funciones, la primera es la salida de heces y la segunda es en la reproducción del animal en donde se toma en cuenta la salida del producto que en este caso es el huevo (Yépez, 2022).

Aparato reproductivo

Las pollitas al nacer tienen la presencia de ovarios y oviductos en el lado derecho e izquierdo, cuando entran a su etapa inicial de pre producción aproximadamente a la semana 16 de vida, presenta solamente el funcionamiento del ovario y oviducto izquierdo que intervienen en la formación de clara, yema y cáscara del huevo, todo esto debido a que en el onceavo día de vida del animal empieza un proceso de atrofia o degeneración del ovario y oviducto del lado derecho (Carné, 2019).

Ovario

Se encuentra en la parte inferior de la cavidad abdominal, este caracteriza por tener una forma de racimo debido a la presencia de numerosos folículos, este contiene más de 4000 óvulos de los cuales solo uno logra llegar a un estado de desarrollo para formar la yema (Martín, 2019).

Infundíbulo

Después del ovario está el infundíbulo que es el primer segmento del oviducto, morfológicamente se caracteriza por tener la forma de un embudo invertido que cumple la función de capturar la yema tras la ovulación, la yema permanece en este lugar entre 15 y 30 minutos, en donde se forman dos capas externas de la membrana vitelina para la protección de la yema (Martín, 2019).

Mágnium

El segundo segmento es el mágnium y es más largo del oviducto, en donde se forma el albumen o mejor conocido como clara, gracias a las células secretoras que se encargan de la formación de este. El albumen es una solución acuosa que contiene un 90 % de agua, proteínas y minerales (Martín, 2019).

Istmo

Es el tercer segmento del oviducto y el más pequeño, en donde se realiza la formación de la membrana testácea que se encarga de proteger a la clara (Carné, 2019).

Útero

En este órgano inicia el proceso de ovulación y permanece de 18 a 22 horas, en las paredes musculares del útero se encuentran unas glándulas relacionadas a la formación de la cáscara ya que agregan calcio (Martín, 2019).

Vagina

Es el puente de unión del útero y la cloaca, en este lugar no hay presencia de glándulas secretoras, pero hay la formación de la cutícula que se encarga de la protección de microorganismos (Carné, 2019).

Fisiología de la formación del huevo

El huevo se forma aproximadamente entre 24 y 26 horas, desde la ovulación hasta la puesta. A simple vista se puede reconocer tres estructuras, la primera estructura externa es la cáscara que recubre y protege al huevo, la segunda estructura interna es la albúmina o clara que se caracteriza por ser un líquido transparente rico en proteínas y la tercera estructura interna es la yema o vitelo la cual contiene nutrientes y minerales generalmente es de color amarillo o naranja dependiendo del tipo de alimentación que consume el ave (Carné, 2019).

Cáscara

Es una estructura porosa encargada de proteger el contenido interno del huevo y su calidad, está compuesta por carbonato cálcico, fosfato cálcico, carbonato magnésico y materia orgánica. El color de esta depende de la línea genética del ave, así como su dureza y grosor depende de la alimentación suministrada al ave (Chávez & Gonzabay, 2021).

Tabla 1

Capas que conforman la cáscara del huevo

Capas de la cáscara	Característica
Cámara de aire	Es un espacio que se forma tras la puesta debido a la contracción de la albúmina lo cual separa a las membranas testáceas.
Cutícula	Es una capa proteica compuesta de queratina que recubre los poros permitiendo la entrada de O ₂ y vapor de agua y salida de CO ₂ .
Membranas testáceas	Son membranas que se encuentran en la parte interna de la cáscara, actúan como barreras de protección del huevo ante cualquier tipo de contaminación.

Nota. Recuperado de (Chávez & Gonzabay, 2021).

Clara o albúmina

Es una solución líquida transparente que rodea a la yema conformada por cuatro capas, albúmina acuosa (capas interna y externa) y albúmina semisólida (capas interna y externa). Es una fuente rica en proteínas como ovoalbúmina, ovoglobulina, ovotransferina y ovomucina, esta última mantiene la albúmina en forma de gel (Chávez & Gonzabay, 2021).

Yema o vitelo

Se encuentra en la parte central del huevo rodeada por la albúmina y está compuesta por una membrana vitelina que evita el contacto con la albúmina. Generalmente presenta una tonalidad anaranjada, pero esta puede variar según el tipo de alimentación, además es una fuente de vitaminas y minerales (Chávez & Gonzabay, 2021).

Características generales de aves de postura Lohmann Brown

Las gallinas ponedoras de la línea genética Lohmann Brown son resultado del cruce de dos líneas competitivas en el mercado de huevos de dicho país, siendo Leghorn blanca como la línea materna y Warren rojo como la línea paterna. Ambas selecciones dan como resultado una gallina que presenta características pertinentes para tener un producto competitivo en el mercado y sobre todo que tienen una excelente acogida por los consumidores de diversos países, el desarrollo e investigación de este tipo de gallinas ha llevado a que los especialistas

actualicen manuales para su desarrollo y cuidado en donde parámetros como iluminación, alimentación, ingredientes principales para dietas en cada fase desarrollo permiten que el técnico agropecuario pueda llevar de mejor manera la producción de estos animales (Lohmann Breeders, 2021).

Tabla 2

Parámetros productivos de la línea genética Lohmann Brown

Ponedora Lohmann Brown Classic			
	Edad al 50 % de producción	140 – 150 días	
	Pico de producción	93 – 95 %	
Producción de huevos	Huevos por Gallina alojada	12 meses de postura	315 – 320
		14 meses de postura	355 – 360
		16 meses de postura	400 – 405
	Masa de huevo por Gallina alojada	12 meses de postura	20 – 20.5 kg
		14 meses de postura	22.5 – 23.5 kg
		16 meses de postura	25.5 – 26.5 kg
Peso promedio de huevo	12 meses de postura	63.5 – 64.5 g	
	14 meses de postura	64 – 65 g	
	16 meses de postura	64.5 – 65.5 g	
Características del huevo	Color	Marrón	
	Resistencia	>40 Newton	
Consumo de alimento	Producción	110 – 120 g/día	
Peso corporal	46 semanas	1.8 – 2 kg	
	Final de la producción	1.9 – 2.1 kg	
Viabilidad	Período de postura	93 – 95 %	

Nota. Recuperado de (Lohmann Breeders, 2021).

Parámetros de calidad de huevo

La calidad del huevo es muy importante desde el punto de vista del bienestar animal, porque se puede observar y determinar el estado de salud de las aves. En caso de que el ave presente problemas de salud o no se encuentre dentro de los parámetros establecidos de producción se puede realizar las debidas correcciones a los niveles nutricionales, con el objetivo de mejorar el estado de salud del ave y obtener un producto de calidad para su

comercialización. Entre los parámetros de calidad que debe cumplir el huevo de manera externa son color, grosor de cáscara, peso y uniformidad, mientras que de manera interna son altura de albúmina, color de yema y Unidades Haugh (Soriano, 2021).

Tabla 3

Clasificación del huevo fresco de gallina de acuerdo a su grado de calidad

	Grado A	Grado B
Cascarón y cutícula	Normal, intacta y limpia.	Normal e intacta, manchas mínimas no propias del producto.
Cámara de aire	Su altura no excederá de los 9 mm e inmóvil.	Su altura no excederá de los 15 mm e inmóvil.
Clara	Transparente, limpia, consistencia gelatinosa y libre de cuerpos extraños.	Transparente, limpia, consistencia gelatinosa. Se admiten manchas de sangre y/o carne hasta 3 mm.
Yema	Visible al trasluz, sin contorno aparente, no separándose sensiblemente de la posición central en caso de rotación del huevo y libre de cuerpos extraños.	Visible al trasluz, pequeña separación en caso de rotación del huevo. Se admiten manchas de sangre y/o carne hasta 3 mm.
Olor y sabor	Sin olores y sabores extraños.	Sin olores y sabores extraños.

Nota. Recuperado de (INEN 1973:2013, 2013).

Altura de la albúmina

La medición de esta va desde el borde de la albúmina hasta la porción media de la albúmina gruesa, la medición y valores están relacionados con las Unidades Haugh en cuanto a calidad del huevo. La altura de esta se ve afectado por tres factores la edad del ave, temperatura y tiempo de almacenamiento, ya que un huevo recién puesto presenta una albúmina gruesa a comparación de un huevo que ha sido almacenado por varios días presentará una albúmina delgada lo cual no es agradable para los consumidores (Angel *et al.*, 2021).

Tabla 4*Características físicas de un huevo comercial de gallina*

Parámetro	Mínimo	Máximo	Unidades	Método
Color de yema	7	12	Unidades de color	Abanico colorimétrico
Grado de frescura	70	110	Unidades Haugh (UH)	Medición de Unidades Haugh
Cámara de aire	---	15	milímetros	Ovoscopia
Grosor de cáscara	0.28	0.37	milímetros	Medición directa
Gravedad específica	1.074	1.140	---	Solución salina

Nota. Recuperado de (INEN 1973:2013, 2013).

Categorización (Calidad)

La categorización de huevos se hace empleando letras, las cuales indican el grado de frescura del huevo y si estos son aptos para el consumo humano o para emplearlos en la elaboración de ciertos productos. Debido a que la proteína contenida en la yema o clara se va degradando con el paso del tiempo, además de ciertas condiciones de almacenamiento que influyen en este proceso de degradación (AskUSDA, 2020).

Tabla 5*Categoría de huevos de gallina disponibles para el consumo humano*

Categoría	Descripción
AA	Huevos con un alto grado de frescura, presentan una yema redonda y libre de impurezas, clara firme y espesa, cáscara limpia e intacta.
A	Presentan características similares a los AA, a diferencia de la clara que no son tan firmes, este tipo de calidad se encuentran en los huevos que venden en tiendas.
B	Poseen yemas más anchas y planas, la clara es menos espesa, este tipo de huevos son utilizados en la industria de ovoproductos.

Nota. Recuperado de (AskUSDA, 2020).

Coloración de yema

Es un aspecto visual que no influye en el valor nutricional del huevo, sin embargo, para el consumidor el color de yema es de gran importancia ya que lo relaciona con la calidad del mismo. La coloración se puede modificar a través de la dieta mediante la inclusión de carotenos o xantofilas, los cuales en diferentes cantidades dan como resultado tonos amarillos, rojos y naranjas, estos se los puede clasificar acorde a la escala colorimétrica DSM (Maguregui, 2020).

Dureza de la cáscara

Depende del factor genético y nutricional, principalmente del nutricional debido a la cantidad de calcio que se debe incluir en la dieta para lograr una buena producción y así evitar huevos con cáscara frágil (Rodriguez, 2019).

Grosor de la cáscara

El grosor de la cáscara brinda protección al huevo lo cual es indispensable al momento de su recolección y transporte, este debe encontrarse en un rango de 0.28 a 0.37 mm de grosor, ya que valores inferiores a este rango son considerados huevos frágiles, y por ende son propensos a roturas y fuentes de contaminación por microorganismos (INEN 1973:2013, 2013).

Peso del huevo

El peso del huevo está directamente relacionado con la edad, raza y alimento suministrado, a medida que avanza la edad del ave el huevo se vuelve más pesado debido al aumento en el tamaño de la yema. La línea genética Lohmann Brown de gallinas ponedoras produce huevos con un alto valor comercial, debido a que a las 72 semanas de edad el peso del huevo es de 63.9 gramos en promedio y a la semana 95 este llega a pesar 65.2 gramos (Lohmann Breeders, 2021).

Tabla 6*Clasificación de los huevos frescos de gallina*

Tipo (tamaño)	Masa unitaria (g)		Masa por docena (g)		Masa por 30 huevos (g)	
	Mínimo (≥)	Máximo (<)	Mínimo (≥)	Máximo (<)	Mínimo (≥)	Máximo (<)
I Supergigante	76	---	912	---	2280	---
II Gigante	70	76	840	912	2100	2280
III Extragrande	64	70	768	840	1920	2100
IV Grande	58	64	969	768	1740	1920
V Mediano	50	58	600	969	1500	1740
VI Pequeño	46	50	552	600	1380	1500
VII Inicial	---	46	---	552	---	1380

Nota. Recuperado de (INEN 1973:2013, 2013).**Unidades Haugh**

Es una medida que determina la calidad interna y proteica del huevo, su valor se estima a partir de la altura de albúmina y peso del huevo. Un factor limitante que disminuye la calidad es la temperatura, ya que a mayor tiempo de exposición las Unidades Haugh disminuyen (Martín, 2019).

Tabla 7*Valores y relación de calidad mediante Unidades Haugh*

Unidades Haugh (UH)	Calidad
> 90	Excelente
80	Muy buena
70	Aceptable
60	Límite para consumo
< 50	Mala

Nota. Recuperado de (INEN 1973:2013, 2013).**Digital Egg Tester Det 6000**

Es un analizador automático de medición digital para determinar parámetros de calidad de huevos, este equipo consta de una bandeja de recepción transparente, calibre para grosor de cascarón, impresora y una pantalla que registra cada uno de los parámetros. Este equipo

mide los ítems de color de yema, grosor de cascarón, índice de yema, peso de huevo, resistencia del cascarón y Unidad Haugh (NABEL, 2023).

Requerimientos nutricionales para gallinas ponedoras Lohmann Brown

La línea genética Lohmann Brown de gallinas ponedoras requiere de un alimento con una buena estructura y con un alto valor nutritivo, debido a su elevado metabolismo para transformar el alimento en huevo. Otro factor a tomar en cuenta es la edad del ave, ya que está relacionada con el porcentaje de producción de huevos y las necesidades de calcio, debido a que durante las diferentes fases de postura los niveles de nutrientes van cambiando (Lohmann Breeders, 2021).

Los aspectos nutritivos de estas aves están relacionados con el peso de los huevos, si se realizan cambios de ingredientes durante la elaboración de las dietas, produce repercusiones en la calidad y masa del huevo. Por ejemplo, si se aumenta la ración de alimento incrementa el peso del ave y su estructura ósea, pero a su vez existe un riesgo ya que el aparato reproductor llega a engrasarse y el ave no logra poner huevos (Lohmann Breeders, 2021).

Alimentación en fase 2

La fase 2 de producción comienza alrededor de la semana 46 y termina en la semana 65, donde se determina los requerimientos diarios para la masa del huevo que se debe encontrar en un punto máximo de 59.7 g/ave (Lohmann Breeders, 2021).

Tabla 8

Niveles recomendados para fase 2 por kg de alimento para diferentes consumos diarios

Nutriente		Requerimientos g/ave/día	Consumo diario de alimento			
			105 g	110 g	115 g	120 g
Proteína	%	18.00	17.10	16.40	15.60	15.00
Calcio	%	4.40	4.19	4.00	3.83	3.67
Fósforo	%	0.58	0.55	0.52	0.50	0.48
Fósforo disp..	%	0.40	0.38	0.37	0.35	0.34
Sodio	%	0.18	0.17	0.16	0.16	0.15
Cloro	%	0.18	0.17	0.16	0.16	0.15
Lisina	%	0.94	0.90	0.86	0.82	0.78
Lisina dig.	%	0.80	0.76	0.73	0.70	0.67
Metionina	%	0.47	0.45	0.43	0.41	0.39
Metionina dig.	%	0.40	0.38	0.36	0.35	0.33
Met./Cistina	%	0.85	0.81	0.77	0.74	0.71
M/C dig.	%	0.72	0.69	0.66	0.63	0.60
Arginina	%	0.98	0.93	0.89	0.85	0.82
Arginina dig.	%	0.83	0.79	0.76	0.73	0.70
Valina	%	0.82	0.78	0.75	0.72	0.69
Valina dig.	%	0.70	0.67	0.64	0.61	0.58
Triptófano	%	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17
Triptófano dig.	%	0.18	0.17	0.16	0.15	0.15
Treonina	%	0.66	0.63	0.60	0.57	0.55
Treonina dig.	%	0.56	0.53	0.51	0.49	0.47
Isoleucina	%	0.75	0.72	0.68	0.66	0.63
Isoleucina dig.	%	0.64	0.61	0.58	0.56	0.53
Ácido linoleico	%	1.60	1.52	1.45	1.39	1.33

Nota. Recuperado de (Lohmann Breeders, 2021).

Phosfit 300

Es una fitasa que promueve la liberación del fósforo presente en el ácido fítico y el decrecimiento de los efectos anti nutricionales del fitato, ya que las fitasas lo dividen en inositol y fósforos disponibles que son asimilables por los monogástricos mejorando la flora intestinal. Está compuesto por una fitasa 300 la cual tiene una característica de ser un vehículo que aporta fósforo disponible y mediante esta característica le permite reemplazar al fosfato mono cálcico, también posee un *clostridium butyricum* que ayuda a la solubilización del fósforo y una cantaxantina que es un antioxidante (Nutrion, 2023).

Este producto está destinado para aves, bovinos y especies menores, la dosis recomendada por el fabricante es de 5 a 10 kg por tonelada de alimento, sin embargo, existen dos recomendaciones para la utilización de este. Si se emplea como una fuente única de fitasa en el alimento concentrado se puede usar hasta 10 kg por tonelada, en caso de utilizar otra fitasa se puede añadir el producto hasta completar 2400 FTU/kg de alimento concentrado (Nutrion, 2023).

Tabla 9

Composición de Phosfit 300 por cada gramo

Elemento	Unidad
Fitasa	300 U
<i>Clostridium butyricum</i>	1 x 10 ⁵ UFC
Ácido cítrico	1 mg
Cantaxantina	0.001 mg
Vehículo	Fuente de fósforo solubilizada c.s.p 1 g

Nota. Recuperado de (Nutrion, 2023).

Uso de enzimas

Las enzimas son compuestos proteicos cuyo objetivo es mejorar y potenciar la utilización de los nutrientes debido a que el sistema digestivo de los animales monogástricos no cuenta en su gran mayoría con enzimas digestivas que logren romper los enlaces químicos y capturar ciertos componentes nutritivos del alimento, de esta manera estos son expulsados fuera del organismo y se genera un valor anti nutricional (Yépez, 2022).

Al utilizar enzimas en el alimento, éstas actúan en la degradación de los ingredientes que tienen características de poca hidrolización por parte de enzimas endógenas, hay una ruptura de la pared celular que sirve para la liberación de los nutrientes que se encuentran unidos a esta, los nutrientes se direccionan hacia lugares específicos y eficientes. En el intestino disminuyen las secreciones, por lo tanto, se da una pérdida de proteínas endógenas provocando cambios en la morfología del tracto intestinal, dando una alteración a la microflora del intestino delgado y grueso, en este punto se da un aumento de enzimas digestivas

endógenas que no existen en cantidad suficiente dentro del animal o no se encuentran presentes y es a partir de este punto que se mejora la digestibilidad del animal (Yépez, 2022).

Fitasas

Características generales de la fitasa

Son enzimas pertenecientes pertenecen a un grupo diferenciado de enzimas denominadas fosfatasas alcalinas, fosfatasas ácidas y fosfatasas proteína, encargadas de lograr una degradación del ácido fítico, permitiendo la liberación del fósforo y otros minerales para que sean absorbidos por el intestino y estén a disposición del animal (Marques, 2018).

Tipo de fitasas

Las fitasas se pueden clasificar de tres maneras, la primera dependiendo del pH óptimo que estas necesitan para su modo de acción, siendo una clasificación general entre alcalinas y ácidas, la segunda se relaciona a su estructura general tomando en cuenta la posición del carbono siendo la primera 3 – fitasa, 6 – fitasa, y 5 – fitasas; y la última es la clasificación más considerada en producción avícola se relaciona por el origen inclinándose al ámbito vegetal, animal (intestinales endógenas) o microbiano (exógenas) (Mojica & Avellaneda, 2021).

En algunas semillas de cereales y leguminosas encontramos fitasas vegetales, cuyo contenido varía en función de la variedad y factores ambientales. Estas actúan en un rango de pH 4 a 7.5 y a una temperatura de 45 a 60° C. Son de tipo 6 – fitasa y su función es liberar el grupo ortofosfato de la posición 6 en la molécula de mio inositol, actuando de forma secuencial y desfosforila a la molécula totalmente (Ordoñez *et al.*, 2019).

Las fitasas intestinales endógenas son capaces de hidrolizar las moléculas de inositol con un número reducido de iones ortofosfatos, están presentes en el proventrículo e intestino de las aves con una reducida actividad fitásica propia (Ordoñez *et al.*, 2019).

El uso de fitasas exógenas es de gran interés, ya que degradan completamente al ácido fítico, mejorando la digestibilidad del fósforo y evitando el efecto antinutricional del fitato (Ordoñez *et al.*, 2019).

Fitasa en aves ponedoras

La microflora intestinal del ave genera una actividad fitásica endógena, sin embargo, no es suficiente para aprovechar el fósforo suministrado en el alimento. Por lo tanto, al emplear fitasas exógenas mejora la nutrición de las aves al aumentar la retención de fósforo y evitar que este se pierda en las excretas provocando contaminación al ambiente. Además, de reducir costos en la producción de alimento, aunque este va a variar según los ingredientes que se utilicen para la elaboración del concentrado (Yépez, 2022).

Metabolismo calcio y fósforo

El calcio y fósforo son elementos esenciales en los procesos metabólicos de las aves, formación de cáscara del huevo, desarrollo y mantenimiento de las estructuras óseas, además de participar en varias funciones fisiológicas (Paca, 2021).

Calcio

El cuerpo del ave presenta una cantidad abundante de calcio, en los huesos se encuentra alrededor del 99 % como fosfato de calcio y el restante de forma iónica. El calcio es el principal elemento que constituye la cáscara del huevo como carbonato de calcio (Díaz, 2022).

Entre las funciones metabólicas que participa el calcio están la coagulación de la sangre, regulación del ritmo cardiaco, formación y mantenimiento de los huesos, producción de huevos y calidad de cáscara (Díaz, 2022).

Una deficiencia de calcio en el ave provoca raquitismo, postración, osteoporosis, retardo en el crecimiento, baja producción de huevos, consumo bajo de alimento y huevos con cáscara delgada, por lo tanto, es necesario suministrar una fuente de calcio para evitar estos problemas (Díaz, 2022).

Fósforo

Constituye el 80 % del esqueleto del ave, interviene en el metabolismo energético y tejidos nerviosos, facilita la movilidad de los músculos, desarrollo del esqueleto, formar parte de enzimas, coenzimas y ácidos nucleicos. Este elemento participa en el almacenamiento y transporte de energía al conformar ADP y ATP. La deficiencia de fósforo provoca plumas erizadas, postración, disminución de la condición corporal y alta mortalidad (Díaz, 2022).

Debido a la relación que existe entre estos dos minerales, la eliminación del fósforo no solo dependerá de los niveles de ingesta y los empleados para la formación del huevo. Es necesario considerar la concentración de calcio que se encuentran en la dieta y el requerimiento nutricional del ave. Además, debemos tomar en cuenta la disponibilidad de fósforo en los ingredientes de origen vegetal, ya que, si este no se encuentra disponible para las aves, no puede ser absorbido por los intestinos y es eliminado en las excretas del animal (Díaz, 2022).

Fósforo en la alimentación animal

Fuentes alternas de fósforo

Para la elaboración de alimento concentrado las principales fuentes que aportan fósforo provienen de los vegetales y la disponibilidad de este elemento es variada según la especie vegetal que se emplee (Osorio, 2021).

Tabla 10

Contenido de P total - fítico en alimentos vegetales

Ingrediente	P total (%)	P fítico (%)	P fítico (%) P total	Actividad fitásica U/Kg
Cereales y subproductos				
Trigo	0.33	0.18	55	1565
Maíz	0.25	0.17	73	24
Arroz	0.12	0.08	65	112
Sorgo	0.26	0.17	66	24
Afrecho de trigo	0.92	0.63	69	928
Pulitura de arroz	1.57	1.13	72	134
Oleaginosas y subproductos				
Semilla de algodón	0.64	0.49	77	51
Harina de soya	0.57	0.37	65	62
Harina de algodón	1.34	0.84	63	36
Harina de palmiste	0.51	0.29	57	34
Levadura de cervecería	1.22	0.30	24	39

Nota. Recuperado de (Osorio, 2021).

Requerimientos de calcio y fósforo en gallinas ponedoras

Existe una competencia entre el calcio y fósforo para ser absorbidos en el intestino de la gallina, ya que el calcio se encuentra en mayor disponibilidad en el cuerpo del ave a comparación del fósforo, que presenta una mediana disponibilidad porque una cantidad de este proviene de los ingredientes vegetales que son suministrados en el alimento y cuya limitante es la presencia del ácido fítico (Delgado, 2018).

Diversos estudios sugieren suministrar entre 4.2 a 4.8 g de calcio diario a las gallinas dependiendo la edad de estas, sin embargo, lo más recomendable es mantener una relación calcio: fósforo en la dieta de dos a uno durante la producción de huevos (Delgado, 2018).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Ubicación y características del área de estudio

La presente investigación se realizó en las instalaciones del taller de avicultura perteneciente a la Carrera de Ingeniería Agropecuarias IASA 1, Hacienda “El Prado”, que se encuentra ubicada en la parroquia San Fernando, cantón Rumiñahui provincia de Pichincha.

Ubicación geográfica

Presenta una altitud de 2748 msnm, con una latitud de: 0° 18' 53" S y una longitud de 78° 26' 36" O, la temperatura general del lugar es de 7 °C como mínima y con 28 °C como máxima, el promedio se encuentra alrededor de los 20 °C.

Figura 1

Hacienda “El Prado” – IASA 1, taller de Avicultura



Nota. Ubicación del proyecto de investigación. Recuperado de (Google Maps, 2023).

Ubicación ecológica

Se encuentra en un piso altitudinal denominado montano alto con una temperatura promedio de 15°C, humedad relativa de 65.22%, heliófila con un promedio de 3.24 horas/día, velocidad de viento de 2.55 m/s y precipitaciones de 11166 mm/año.

Materiales de campo

Insumos

- Alimento concentrado
- Cámara fotográfica
- Carro transportador de huevos
- Carro transportador para el alimento concentrado
- Cubetas de huevos
- Envases dosificadores de alimento
- Escala colorimétrica DSM
- Gallinas ponedoras Lohmann Brown de 46 semanas de edad (800 aves)
- Herramientas (stock)
- Jaulas de 565 cm²/ave (54 cm x 55 cm)
- Libreta de campo
- Manuales de información sobre la línea genética
- Material de oficina
- pHmetro
- Termómetros

Equipo de laboratorio

- Agua destilada
- Analizador DIGITAL EGG TESTER DET - 6000
- Balanza analítica
- Computadora
- Fundas plásticas (8 x 12 cm)
- Mandil de laboratorio
- Material de laboratorio (stock)

Métodos

Tratamientos experimentales

La fase de campo se realizó en el taller de avicultura ubicado en la Carrera de Ingeniería Agropecuaria - IASA 1, las gallinas ponedoras de huevo marrón empleadas en este experimento pertenecen a la línea genética Lohmann Brown con una edad de 46 semanas encontrándose en la fase 2 del periodo de postura.

Las aves fueron alojadas en un sistema de jaulas de pisos suspendidos, cada ave cuenta con 565 cm² de espacio físico. Estas se dispusieron bajo un diseño completamente al azar, en donde se asignaron dos tratamientos, con 80 repeticiones cada uno con un tamaño de unidad experimental de 5 aves.

La recolección de datos se efectuó diariamente en registros previamente establecidos, la tabulación de datos se realizó semanalmente para los parámetros zootécnicos y análisis de calidad, se trabajó con una muestra de 30 huevos por tratamiento, mediante el uso del analizador DIGITAL EGG TESTER DET - 6000, equipo que nos permitió estimar los parámetros de calidad de huevo.

Formulación de dietas

Utilizando el software NUTRION.11 se realizaron la formulación y modulación de dietas, las cuales fueron isoproteicas, isoenergéticas e isofosfóricas, cumpliendo con los requerimientos nutricionales requeridos para las aves en el periodo de postura fase 2. Los alimentos evaluados en este estudio se elaboraron en la planta de alimentos concentrados de la carrera de Ingeniería Agropecuaria – IASA 1.

Tabla 11

Dosis de las dietas experimentales

Dietas experimentales	Elemento	Inclusión	Dosis
Testigo (T0)	Fosfato mono cálcico 21/17	100 %	2.634 kg/Ton
Tratamiento (T1)	Phosfit 300	100 %	3.360 kg/Ton

Nota. Dosis de las dietas experimentales para fase 2. Autoría propia.

Tabla 12

Composición nutricional de las dietas experimentales para cada tratamiento

Nutrientes	Aporte nutritivo/dieta	
	T0	T1
E.M. Aves MC	2.850	2.850
Proteína total %	16.600	16.600
Fósforo total %	0.320	0.320
Calcio %	4.000	4.000
Potasio %	0.658	0.680
Sodio %	0.120	0.100
Arginina Digestible	0.992	1.011
Lisina Digestible	0.760	0.770
Metionina Digestible	0.515	0.513
Met + Cis Digestible	0.750	0.750
Triptófano Digestible	0.182	0.186
Treonina Digestible	0.600	0.600
Valina Digestible	0.710	0.710

Nota. Porcentaje de nutrientes contenidos en las diferentes dietas experimentales. Autoría propia.

Suministro del alimento

Se trabajó con 800 aves, para los tratamientos: T1 (Phosfit 300) fueron destinadas 400, mientras que los 400 restantes fueron para el tratamiento T0 (Fosfato mono cálcico), mismas que fueron alimentados durante las horas de la mañana (07:00 a.m.) con una cantidad de 120 gramos/animal/día. El período de prueba se extendió desde la semana 46 hasta la semana 59, la ingesta de agua fue ad libitum y los análisis de calidad se tomaron semanalmente durante la fase 2 de producción.

Recopilación de datos

Para los parámetros de producción realizados a nivel de galpón, se utilizó la información de todas las variables productivas que son: producción diaria de huevos, consumo de alimento, mortalidad y peso de las aves. Mientras que los análisis de calidad se realizaron semanalmente durante la fase 2.

El análisis de calidad se realizó a nivel de laboratorio utilizando el DIGITAL EGG TESTER DET-6000, equipo que brinda mediciones de: peso (g), altura de albúmina (mm), color de yema (YF), Unidades Haugh (UH), dureza de cáscara (kgf), grosor de cáscara (mm) y una categorización de calidad.

Diseño experimental

El experimento se realizó con un diseño completamente al azar (DCA), con 5 repeticiones por tratamiento.

$$Y_{jk} = u + D_j + e_{jk}$$

Donde:

Y_{jk} = calidad de huevo

u = media general

D_j = efecto de la i -ésima dieta

e_{jk} = error experimental

Tabla 13

Distribución del experimento

Dietas experimentales	Tratamientos	Nº Repeticiones	T. U. E	Nº Aves/tratamiento
Fosfato mono cálcico 21/17	T0	80	5	400
Phosfit 300	T1	80	5	400
Total, de aves en el experimento				800

Nota. Autoría propia.

Croquis del diseño

Figura 2

Croquis experimental

		Pasillo																											
Jaulas		T0R1	T1R52	T0R71	T1R23	T0R46	T1R29	T0R28	T1R16	T0R77	T1R33	T0R5	T1R71	T0R21	T1R36	T0R66	T1R65	T0R51	T1R75	T0R49	T1R40	T0R30	T1R19	T0R44	T1R68	T0R52	T1R27	T0R16	
		T1R38	T0R11	T1R3	T0R7	T1R63	T0R50	T1R79	T0R31	T1R62	T0R79	T1R42	T0R34	T1R7	T0R42	T1R4	T0R59	T1R44	T0R4	T1R22	T0R22	T1R51	T0R67	T1R25	T0R6	T1R48	T0R39	T1R1	
		T0R25	T1R69	T0R48	T1R34	T0R37	T1R61	T0R33	T1R67	T0R19	T1R14	T0R57	T1R49	T0R2	T1R18	T0R40	T1R24	T0R63	T1R56	T0R15	T1R54	T0R23	T1R28	T0R56	T1R50	T0R27	T1R53	T0R61	
		T1R46	T0R65	T1R57	T0R62	T1R60	T0R73	T1R30	T0R9	T1R59	T0R55	T1R70	T0R43	T1R39	T0R17	T1R41	T0R8	T1R13	T0R24	T1R20	T0R75	T1R21	T0R47	T1R77	T0R39	T1R10	T0R58	T0R70	
		T0R19	T1R58	T0R10	T1R12	T0R35	T1R15	T0R12	T1R55	T0R41	T1R74	T0R36	T1R32	T0R45	T1R2	T0R74	T1R37	T0R32	T1R80	T0R18	T1R45	T0R53	T1R73	T0R14	T1R43	T0R3	T1R9	T1R17	
		T1R31	T0R29	T1R5	T0R68	T1R6	T0R54	T1R35	T0R64	T1R26	T0R69	T1R11	T0R76	T1R72	T0R60	T1R8	T0R78	T1R64	T0R13	T1R76	T0R20	T1R78	T0R38	T1R66	T0R72	T1R47	T0R26	T0R80	
		Pasillo																											

Nota. El gráfico representa la distribución de los tratamientos y repeticiones de manera aleatoria para las 80 jaulas utilizadas en esta investigación dentro del galpón. Autoría propia.

Análisis estadístico

Los resultados obtenidos fueron procesados con el Software InfoStat versión 2017.1.2, en donde se realizaron las siguientes pruebas estadísticas: prueba de significancia mediante el modelo prueba de Tukey a un nivel de $\alpha = 0.05$, con un 95% de confiabilidad.

Mediciones experimentales

Las variables zootécnicas fueron registradas diariamente durante el periodo de postura fase 2 las cuales fueron:

- Conversión alimenticia
- Mortalidad
- Peso de las aves (kg)
- Porcentaje de postura
- Producción por tratamiento

En cambio, las variables de Calidad de huevo se procedieron a registrar de forma semanal para la determinación de sus componentes de calidad, los mismos que fueron:

- Altura de albúmina (mm)
- Categorización (Calidad)

- Coloración de yema (YF)
- Dureza de cáscara (kgf)
- Grosor de cáscara (mm)
- Peso del huevo (g)
- Unidades Haugh (UH)

Evaluación de parámetros zootécnicos

La conversión alimenticia proporciona los kilogramos de alimento que necesitan las gallinas para llegar a un kilogramo de producto, que en este caso son huevos, teniendo en cuenta los registros de producción semanal, se presenta la siguiente fórmula:

$$\text{Conversión alimenticia} = \frac{\text{Total del alimento consumido semanalmente (kg)}}{\text{Peso total de huevos semanal (kg)}}$$

La recolección de datos de las variables mortalidad y viabilidad se realizó diariamente, comenzando con la observación y seguimiento de los animales que presentaban algún grado de fatiga o debilidad.

La fórmula empleada para calcular el porcentaje de mortalidad es la siguiente:

$$\text{Mortalidad acumulada} = \frac{\text{Total de aves muertas}}{\text{Nº aves iniciales}} * 100$$

El porcentaje de postura nos permite determinar si el lote cumple con los requisitos de producción establecidos por la línea genética, en este caso la cantidad requerida de huevos totales por semana y el número de aves iniciales:

$$\text{Porcentaje de postura semanal} = \frac{\text{Cantidad total de huevos}}{\text{Cantidad de aves} * 7} * 100$$

El peso de las aves se registró semanalmente durante 14 semanas, utilizando una balanza analítica, estos datos se registraron en kilogramos.

Para la producción de huevos se tomó la cantidad de producción diaria del tratamiento y testigo, llenando registros diarios y semanales.

Análisis de SEM-EDS

El análisis SEM-EDS nos permite caracterizar la composición microscópica de varias muestras, mediante resultados cuantitativos y cualitativos. El sistema SEM (Microscopía electrónica de barrido) presenta resultados cualitativos utilizando un haz de electrones reflejado en la superficie de la muestra, en cambio, el sistema EDS (Espectrometría de difracción de electrones) presenta resultados cuantitativos al identificar el porcentaje de peso de cada elemento contenido en la muestra y a través de una imagen marca los rangos destacados de cada elemento.

Para realizar este análisis se escogieron huevos al azar por cada tratamiento, tomando en cuenta los siguientes requisitos: color uniforme, peso, tamaño y textura, evitando huevos que presenten irregularidades en la superficie de la cáscara.

Análisis económico

Con la información recopilada se realizó un análisis de costos fijos y variables para determinar si Phosfit 300 es una alternativa al uso de fosfatos inorgánicos, mediante el indicador de costo/beneficio, considerando los egresos e ingresos totales correspondientes a la producción y venta del producto.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Parámetros zootécnicos

Tabla 14

Parámetros zootécnicos para cada tratamiento en gallinas ponedoras Lohmann Brown fase 2

Parámetros	Fase 2 (46-59 semanas de edad)	
	T0	T1
Conversión alimenticia	2.08	2.01
Mortalidad (%)	0	0
Peso aves (kg)	1.92	1.92
Porcentaje de postura	75.94	76.94
Producción por tratamiento	2126	2154

Nota. Los resultados obtenidos en fase 2. Autoría propia.

Conversión alimenticia

No se presentó diferencia significativa en este parámetro, sin embargo, existe una diferencia numérica de 0.07 para el tratamiento T0 (Fosfato mono cálcico) en comparación al tratamiento T1 (Phosfit 300) como se observa en la tabla 15.

Tabla 15

Conversión alimenticia para cada tratamiento en gallinas ponedoras Lohmann Brown fase 2

Tratamiento	Código	Medias	D.E	p-valor 0.05%
Fosfato mono cálcico	T0	2.08	0.21	A
Phosfit 300	T1	2.01	0.28	A

Nota. Medias con letras iguales no son significativamente diferentes, Tukey ($p < 0.05$). Autoría propia.

Lohmann Breeders (2021) en su manual indica que la conversión alimenticia debe encontrarse en un rango de 2.0 a 2.2 kg/kg masa de huevo, de modo que, el tratamiento T0 (2.08) y T1 (2.01) se encuentran en dicho rango.

Itza (2020) menciona en su investigación que una mala conversión alimenticia dependerá principalmente de la poca disponibilidad y mala calidad de las materias primas,

además de otros factores que provocan estrés como la poca disponibilidad de agua y alteraciones de temperatura.

Oyos (2022) en su investigación obtuvo valores que sobrepasaron el rango establecido por el manual, siendo estos 2.46 para T0 (Fosfato mono cálcico) y 2.38 para T1 (Phosfit 300), en donde justifica estos resultados por la poca disponibilidad de materias primas en la elaboración del alimento concentrado concordando con la investigación de Itza (2020).

Mortalidad

Durante todo el desarrollo del experimento en fase 2, no se registró mortalidad en ninguno de los tratamientos.

Peso de las aves

En el experimento realizado, no se encontró diferencia significativa ya que los tratamientos T0 y T1 presentan una media 1.92 kg (Tabla 16).

Tabla 16

Peso de las aves (kg) para cada tratamiento en gallinas ponedoras Lohmann Brown fase 2

Tratamiento	Código	Medias	D.E	p-valor 0.05%
Fosfato mono cálcico	T0	1.92	0.02	A
Phosfit 300	T1	1.92	0.02	A

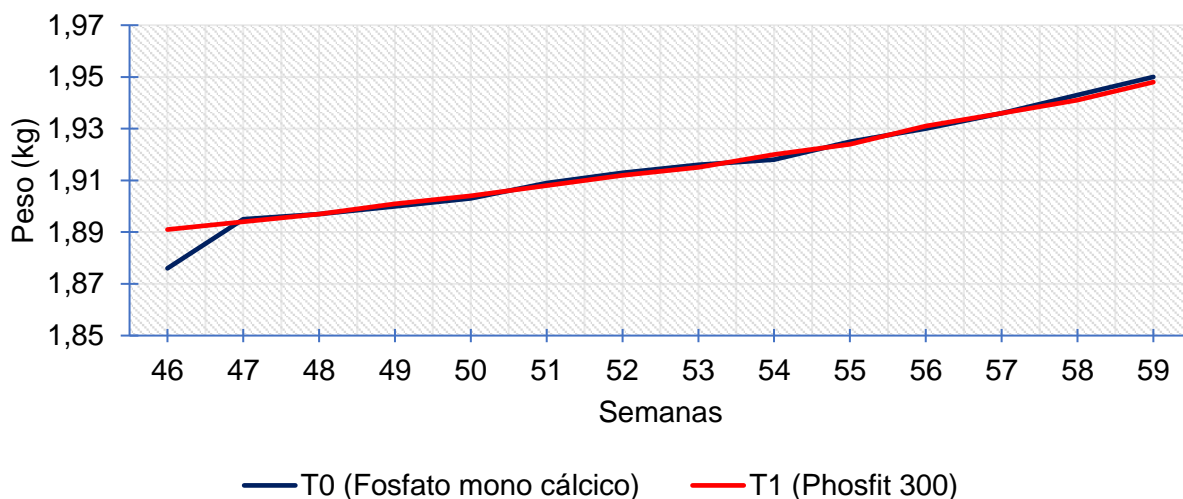
Nota. Medias con letras iguales no son significativamente diferentes, Tukey ($p < 0.05$). Autoría propia.

En un estudio realizado por Rodríguez (2022) menciona que la ganancia de peso depende estrictamente de la cantidad del consumo del alimento, horas luz, calidad de agua, rangos de temperatura y humedad. En el periodo de postura fase 2 se indica que mientras más avanzada es la edad del ave, mayor será su peso y por ende mayor será el peso del huevo, el manual de manejo Lohmann Brown establece que para fase 2 las aves deben terminar con un promedio de 1.98 kg. Por lo tanto, los valores obtenidos para T0 (1.92 kg) y T1 (1.92 kg) se encuentran en el rango establecido por la línea genética.

A continuación, se presenta la figura 3 donde se observa el desarrollo de peso corporal de las gallinas Lohmann Brown en fase 2 para los tratamientos T0 (Fosfato mono cálcico) y T1 (Phosfit 300).

Figura 3

Peso semanal para cada tratamiento en gallinas ponedoras Lohmann Brown fase 2



Nota. El gráfico representa el peso corporal (kg) de las gallinas Lohmann Brown en fase 2, Obtenido desde la semana 46 hasta la 59. Autoría propia.

Porcentaje de postura

En el presente experimento no se presentó diferencia significativa para esta variable, pero si una diferencia numérica del 1 % entre el tratamiento T1 y T0 como se observa en la tabla 17.

Tabla 17

Porcentaje de postura en gallinas ponedoras Lohmann Brown fase 2

Tratamiento	Código	Medias	D.E	p-valor 0.05%
Fosfato mono cálcico	T0	75.94	8.24	A
Phosfit 300	T1	76.94	8.71	A

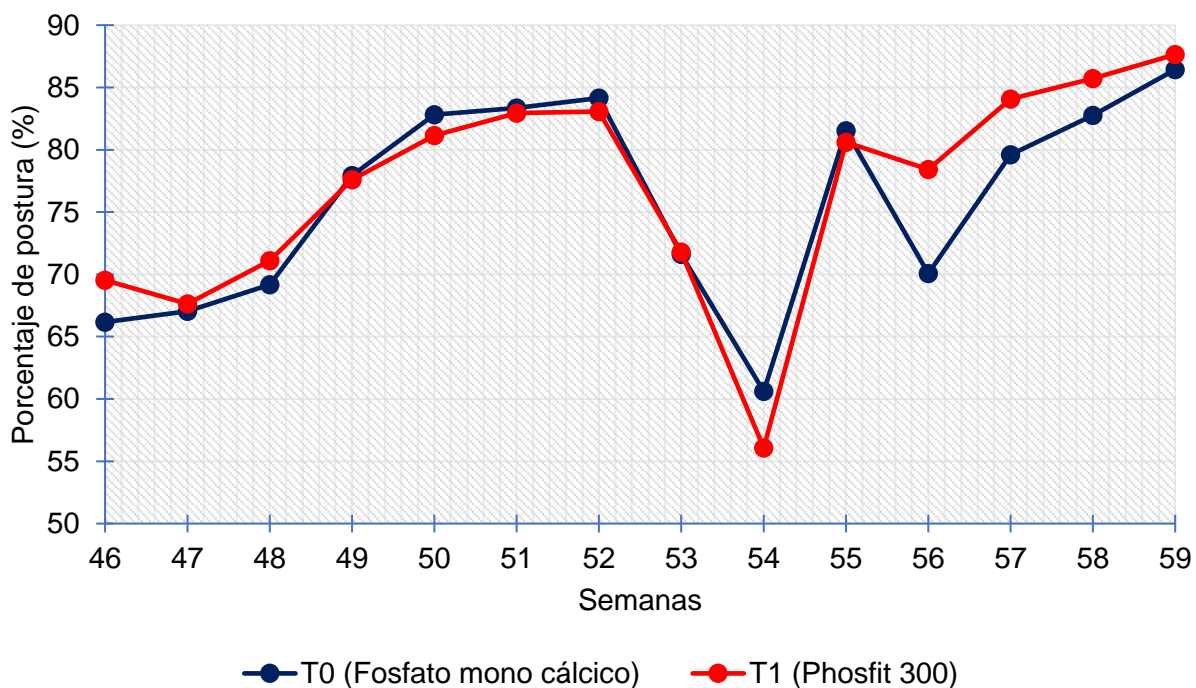
Nota. Medias con letras iguales no son significativamente diferentes, Tukey ($p < 0.05$). Autoría propia.

Lohmann Breeders (2021) en su manual indica que el porcentaje de postura promedio desde la semana 46 a la 59 es del 87 %, en la tabla 17 se refleja un promedio del 76.94 % para T1 y 75.94 % para T0, estos valores se encuentran por debajo de lo que establece el manual.

USAID (2022) menciona que un porcentaje bajo de postura se debe a una deficiencia de nutrientes en el alimento concentrado, factores de estrés, temperatura, disponibilidad y calidad de agua. Esto se puede evidenciar en la figura 4 donde se observa como el porcentaje de postura en ambos tratamientos varia por semana.

Figura 4

Porcentaje de postura en gallinas ponedoras Lohmann Brown fase 2



Nota. Porcentaje de postura desde la semana 46 a 59 en fase 2 para gallinas Lohmann Brown. Autoría propia.

En la figura 4 en la semana 54 se puede observar una caída de la producción para el tratamiento T0 y T1, en la semana 55 existe una recuperación para ambos tratamientos, pero a partir de la semana 56 solo el tratamiento T1 (Phosfit 300) se mantiene con un porcentaje del 78 % a comparación del tratamiento T0 con 70 %.

Producción por tratamiento

No se encontró diferencia significativa para la producción de huevos por tratamiento, pero sí una diferencia numérica de 4 huevos a favor del tratamiento T1 el cual presentó un promedio de 307 huevos a diferencia del T0 que obtuvo 303 huevos durante las catorce semanas de producción como se puede apreciar en la tabla 18.

Tabla 18

Producción de huevos para cada tratamiento en gallinas ponedoras Lohmann Brown fase 2

Tratamiento	Código	Medias	D.E	p-valor 0.05%
Fosfato mono cálcico	T0	303.71	32.97	A
Phosfit 300	T1	307.82	34.85	A

Nota. Medias con letras iguales no son significativamente diferentes, Tukey ($p < 0.05$). Autoría propia.

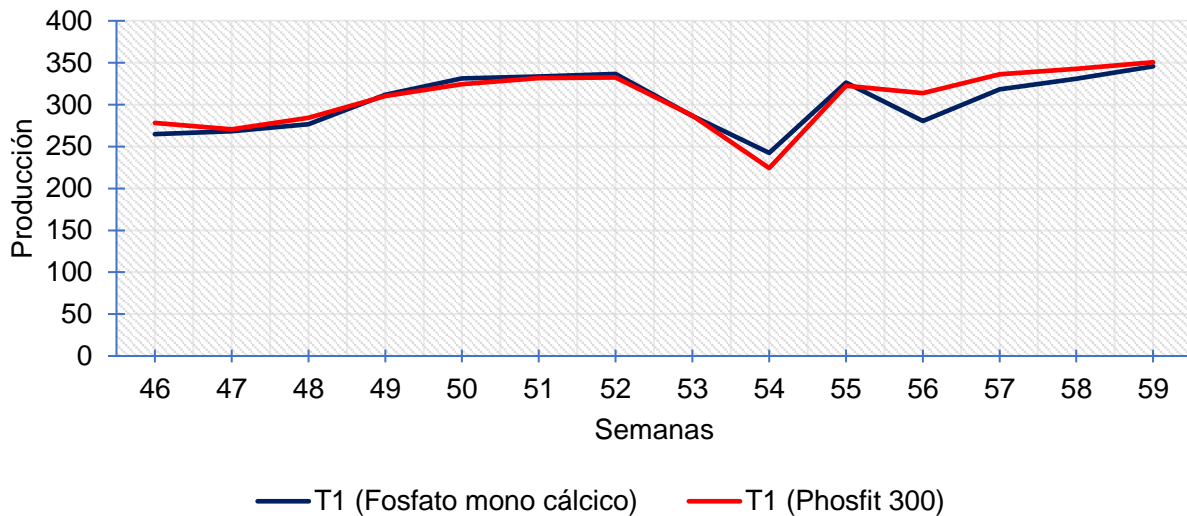
En una investigación realizada por Quimpac (2020) en fase 2 de postura encontró una diferencia significativa en la producción de huevo, donde se evaluaron tres tratamientos, dos de ellos fueron fuentes inorgánicas de fósforo y una fuente orgánica de fósforo, este último fue superior con un promedio de 80 huevos más a comparación de los dos tratamientos evaluados.

Además, Quimpac (2020) indica que una mejor asimilación del fósforo en el organismo del ave aumenta la producción de huevos, esto depende del alimento ya que debe contener fosfatos de alta absorción en las materias primas utilizadas en la elaboración del alimento concentrado.

Como se observa en la figura 6, la producción se mantuvo desde que empezó el experimento hasta la semana 52 en la cual se nota una caída ocasionada por un desfase de alimentación.

Figura 5

Producción de huevos semanal para cada tratamiento en gallinas ponedoras Lohmann Brown fase 2



Nota. El gráfico representa la producción de huevos semanal, donde se observa incrementos y descensos en cada uno de los tratamientos. Autoría propia.

La figura 5 tiene similitud con la figura 4 (Porcentaje de postura) ya que en la semana 54 existe una caída de producción para ambos tratamientos, una recuperación en la semana 55 y a partir de la semana 56 el tratamiento T1 (Phosfit 300) se mantiene estable con una producción de 314 huevos, mientras que el tratamiento T0 tiene una producción de 280 huevos.

Debido a la presencia de enzimas que liberan el fósforo y otros minerales se facilita su absorción en el intestino por lo tanto existe mayor producción.

Calidad de huevo

Altura de albúmina

En este parámetro, se puede observar una diferencia significativa de 8.86 mm para el tratamiento T1 y 8.61 mm para el T0 (Tabla 19).

Tabla 19

Altura de albúmina (mm) para cada tratamiento en gallinas ponedoras Lohmann Brown fase 2

Tratamiento	Código	Medias	D.E	p-valor 0.05%
Fosfato mono cálcico	T0	8.61	1.43	A
Phosfit 300	T1	8.86	1.39	B

Nota. Medias con letras diferentes indican que existe una diferencia significativa, Tukey ($p < 0.05$). Autoría propia.

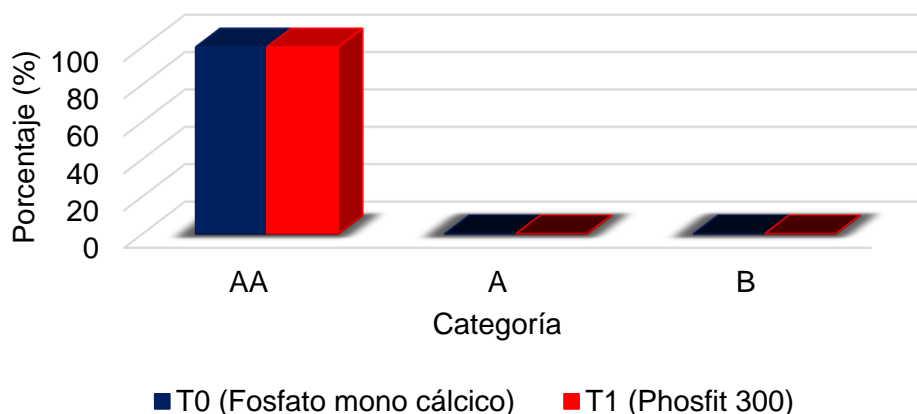
La normativa INEN 1973:2013 establece un tamaño aproximado de 8 mm, el tratamiento con Phosfit 300 (T1) actuó sobre el desarrollo y tamaño de albúmina obteniendo una media de 8.86 mm a comparación del Fosfato mono cálcico (T0) con 8.61 mm, por lo tanto, existe un mayor porcentaje de proteína para el tratamiento T1, debido a una mejora en la digestibilidad de proteínas durante el proceso de hidrólisis en la dieta.

Categorización

Los resultados obtenidos mediante el equipo Digital Egg Tester DET – 6000, determinó que los huevos de los tratamientos T0 y T1 son de categoría AA, lo cual representa huevos de excelente calidad para el consumidor (Figura 6).

Figura 6

Categorización para cada tratamiento en gallinas ponedoras Lohmann Brown fase 2



Nota. Los huevos utilizados para este análisis fueron recolectaron el mismo día de puesta. Autoría propia.

AskUSDA (2020) menciona que huevos con esta categoría presentan una yema redonda, clara firme y espesa, cáscara intacta y libres de impurezas, considerándolos como huevos frescos o con un tiempo de almacenamiento menor a los 5 días.

Coloración de yema

Para este parámetro no se encontró diferencia significativa, pero si una diferencia numérica ya que el tratamiento T0 presentó una media 8.87 y T1 una media 8.83, como se refleja en la tabla 20.

Tabla 20

Coloración de yema para cada tratamiento en gallinas ponedoras Lohmann Brown fase 2

Tratamiento	Código	Medias	D.E	p-valor 0.05%
Fosfato mono cálcico	T0	8.87	1.06	A
Phosfit 300	T1	8.83	0.97	A

Nota. Medias con letras iguales no son significativamente diferentes, Tukey ($p < 0.05$). Autoría propia.

Meza *et al.* (2018) explican que la coloración de la yema depende del contenido de xantofilas y carotenoides contenidos en el alimento concentrado. Phosfit 300 no interviene en la coloración de la yema debido a que su principal función es la liberación del fósforo contenido en las materias primas.

Dureza de cáscara

En el parámetro dureza de cáscara, no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos T0 (5.08 kgf) y T1 (5.10 kgf) (Tabla 21).

Tabla 21

Dureza de cáscara (kgf) para cada tratamiento en gallinas ponedoras Lohmann Brown fase 2

Tratamiento	Código	Medias	D.E	p-valor 0.05%
Fosfato mono cálcico	T0	5.08	1.22	A
Phosfit 300	T1	5.10	1.08	A

Nota. Medias con letras iguales no son significativamente diferentes, Tukey ($p < 0.05$). Autoría propia.

Poudel *et al.* (2023) mencionan que la cáscara posee un gran porcentaje de calcio, sin embargo, el fósforo es un elemento muy influyente desde el punto de vista del proceso metabólico Ca y P.

Oyos (2022) identifica que la salud de las aves y la dureza de la cáscara tienen relación, ya que, al no tener un contenido adecuado de Ca y P, el ave se encontraría en un estado de salud alarmante porque para formar la cáscara y tener una característica de dureza adecuada se debe movilizar estos dos elementos desde los huesos y médula del animal, provocando una mortalidad temprana. La bio disponibilidad del Phosfit 300 permitió que las aves tengan una fuente de fósforo disponible que permitió que el metabolismo del Ca sea el adecuado.

Rodriguez (2019) indica que no existe un estándar industrial universal para la prueba de la resistencia de la cáscara del huevo, pero menciona ampliamente que los huevos deben soportar una fuerza de 35 Newton o 3,5 kgf (kilogramo fuerza) para sobrevivir al envío y la manipulación. En esta investigación ambos tratamientos presentan una media de 5.08 kgf para T0 y 5.10 kgf para T1, superando el valor establecido para dureza de cáscara.

Grosor de cáscara

En el parámetro grosor de cáscara, no se encontró diferencia significativa, ya que el tratamiento T0 y T1 poseen una media de 0.37 mm como se puede observar en la tabla 22.

Tabla 22

Grosor de cáscara (mm) para cada tratamiento en gallinas ponedoras Lohmann Brown fase 2

Tratamiento	Código	Medias	D.E	p-valor 0.05%
Fosfato mono cálcico	T0	0.37	0.04	A
Phosfit 300	T1	0.37	0.02	A

Nota. Medias con letras iguales no son significativamente diferentes, Tukey ($p < 0.05$). Autoría propia.

Lokesh (2018) menciona que el grosor de la cáscara está determinado por el tiempo que el huevo pasa en el útero para su formación (18 a 22 horas) y la disponibilidad de Ca y P,

si el huevo no pasa el tiempo correspondiente en su lugar de formación (útero) el grosor será menor. De esta manera, ambas dietas proporcionan la movilización necesaria de Ca y P dentro del ave sin llegar a tocar sus reservas óseas.

La normativa INEN 1973:2013 establece un valor de 0.37 mm para grosor de cáscara, por lo tanto, para esta variable ambos tratamientos se ajustan.

Peso del huevo

Para el parámetro peso de huevo, en el experimento se encontró diferencia significativa, donde el tratamiento con Phosfit 300 presentó una media de 65.26 gramos promedio con relación al testigo que obtuvo un promedio de 64.09 gramos (Tabla 23).

Tabla 23

Peso del huevo (g) para cada tratamiento en gallinas ponedoras Lohmann Brown fase 2

Tratamiento	Código	Medias	D.E	p-valor 0.05%
Fosfato mono cálcico	T0	64.09	4.52	A
Phosfit 300	T1	65.26	5.08	B

Nota. Medias con letras diferentes indican que existe una diferencia significativa, Tukey ($p < 0.05$). Autoría propia.

En un estudio realizado por Secci *et al.* (2018) al utilizar diferentes materias primas en la elaboración del alimento concentrado obtuvo huevos con un peso promedio de 62.67 gramos, por lo tanto, mencionan que el peso del huevo puede ser modificado desde la elaboración de la ración hasta la cantidad de alimento suministrado al ave. Además, indican en su trabajo que el peso del huevo es un factor relacionado con dos variables: peso y la edad de las gallinas.

Lohmann Breeders (2021) en su manual indica que el peso promedio del huevo en fase 2 se encuentra entre los 63 a 65 gramos, por lo tanto, los resultados obtenidos en esta investigación para peso del huevo, del tratamiento T0 (64.09 g) y T1 (65.26 g) se mantienen en el rango.

La normativa INEN 1973:2013, indica que huevos con un peso de 64 a 70 gramos son catalogados como extra grandes, por ende, los resultados del tratamiento T0 (64.09 g) y T1 (65.26 g) están dentro de esta clasificación.

Unidades Haugh

En este parámetro se encontró diferencia significativa con valores de 91.18 UH y 93.33 UH para los tratamientos T0 y T1 respectivamente (Tabla 24).

Tabla 24

Unidades Haugh para cada tratamiento en gallinas ponedoras Lohmann Brown fase 2

Tratamiento	Código	Medias	D.E	p-valor 0.05%
Fosfato mono cálcico	T0	91.18	7.78	A
Phosfit 300	T1	93.33	7.15	B

Nota. Medias con letras diferentes indican que existe una diferencia significativa, Tukey ($p < 0.05$). Autoría propia.

La normativa INEN 1973:2013 establece que los huevos frescos de gallina destinados para el consumo deben tener un valor de 70 o mayor a 90 UH, ya que si el valor fuese menor a 50 UH son huevos que han sido almacenados por más de 7 días y sujetos a una variación de la temperatura lo cual hace que su grado de frescura disminuya.

En este estudio el tratamiento T0 tiene un valor de 91.18 UH y 93.33 UH para T1 catalogándolos como huevos frescos y aptos para su consumo. Esto se debe a que en el tratamiento T1, el modo de acción de Phosfit 300 con ayuda de la fitasa y su vehículo se evidencia el rompiendo del ácido fítico que está contenido en las materias primas (leguminosas y oleaginosas).

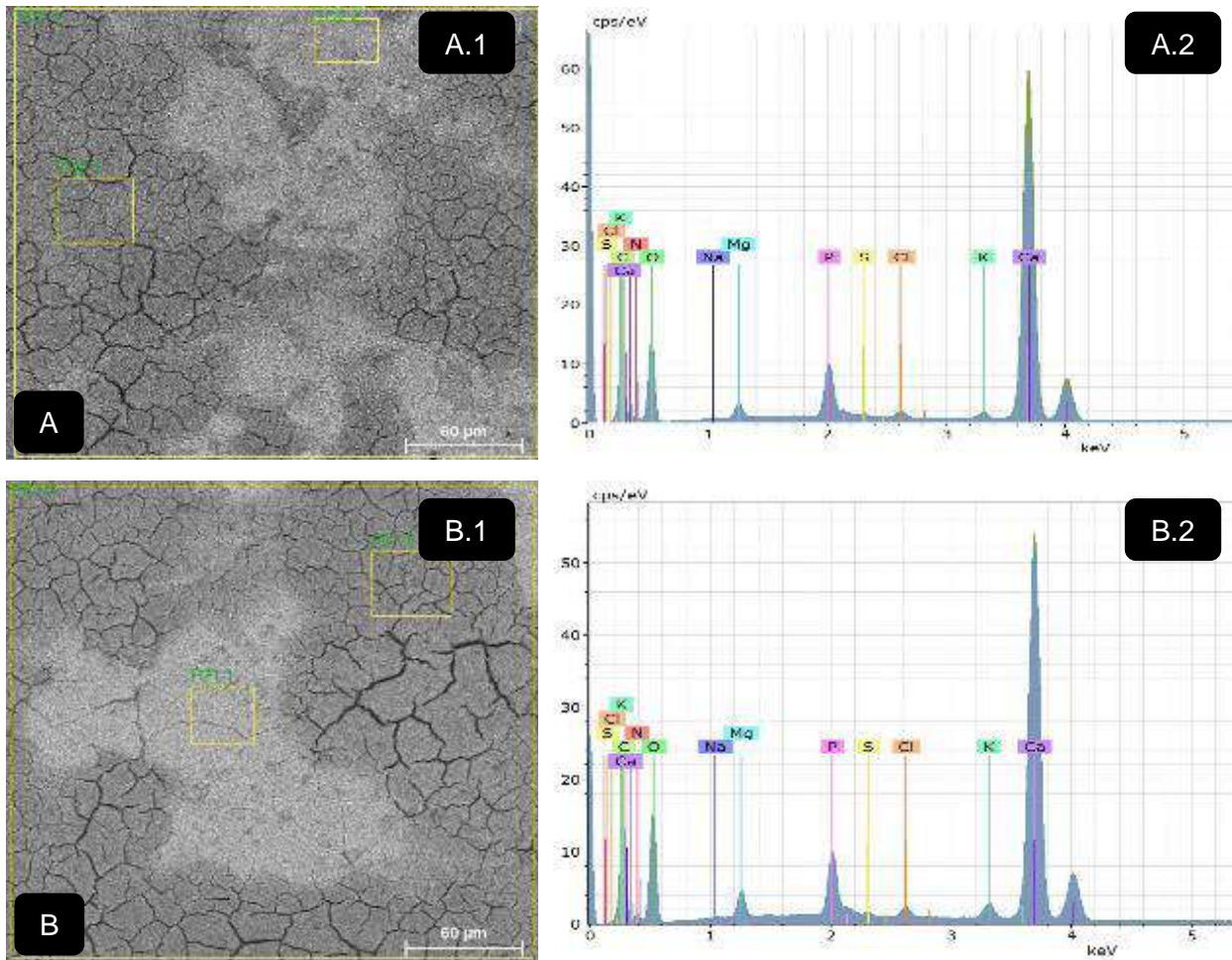
De esta manera se libera la molécula de inositol y también moléculas de fosfatos asimilables para el animal y de esta forma se obtiene una mejor asimilación de los nutrientes contenidos en el alimento concentrado.

elementos que poseen mayor peso atómico por ejemplo Ca, y las grietas son micro fisuras que se forman durante el proceso de formación de cáscara.

En la figura 8 se puede observar la comparación SEM-EDS de los tratamientos T0 y T1,

Figura 8

Análisis SEM-EDS del tratamiento T0 (Fosfato mono cálcico) y T1 (Phosfit 300)



Nota. Comparación SEM-EDS en las muestras de: (A) Tratamiento T0 (Fosfato mono cálcico), (A.1) Análisis SEM, (A.2) Análisis EDS; (B) Tratamiento T1 (Phosfit 300), (B.1) Análisis SEM, (B.2) Análisis EDS. Autoría propia.

En el literal A perteneciente al tratamiento T0 (Fosfato mono cálcico) se observa en el análisis SEM (A.1) zonas marcadas en un recuadro que son las zonas de toma de muestras mediante un haz de electrones. Para el análisis EDS (A.2) mediante una radiación de frenado de los rayos X se determinó el rango porcentual de los elementos que conforman la cáscara del huevo. Este mismo proceso se realizó para el literal B perteneciente al tratamiento T1 (Phosfit 300).

García *et al.* (2022) indican que la espectroscopía EDS permite visualizar los componentes que conforman la cáscara del huevo, por medio de una gráfica de picos que representa la energía dispersa de cada elemento.

Para el tratamiento T0 (Fosfato mono cálcico) figura 8 literal A.2 se observa como el frenado del elemento calcio es de 60 cps/eV con una carga de 7 keV, en comparación con el tratamiento T1 (Phosfit 300) cuyo frenado de calcio fue de 50 cps/eV y una carga de 7 keV, es decir, que en una porción de la cáscara del tratamiento T0 hay mayor contenido de calcio en relación al tratamiento T1, pero el análisis EDS también relaciona los siguientes elementos: C, N, O, Na, Mg, P, S, Cl, K y Ca. Como se puede observar en la tabla 25.

Tabla 25

Análisis SEM-EDS en los tratamientos experimentales

Tratamientos	Elemento (Porcentaje de masa)									
	C	N	O	Na	Mg	P	S	Cl	K	Ca
T0	19.48	5.07	46.40	0.10	0.77	1.85	0.11	0.22	0.36	25.65
T1	19.10	5.32	45.97	0.10	1.15	2.19	0.11	0.35	0.71	25.00
Diferencia	0.38	0.25	0.43	0	0.38	0.34	0	0.13	0.35	0.65

Nota. Porcentaje de masa de los elementos esenciales que conforman la cáscara del huevo. Autoría propia.

Esta tabla es el resultado final del análisis espectrometría SEM-EDS, donde se observa que para el tratamiento T1 hay mayor porcentaje de masa en los siguientes elementos: N (5.32 % m/m), Mg (1.15 % m/m), P (2.19 % m/m), Cl (0.35 % m/m) y K (0.71 % m/m). Mientras que el tratamiento T0 presenta mayor porcentaje de masa para: C (19.48 % m/m), O (46.40 % m/m) y

Ca (25.65 % m/m). Demostrando de esta manera que el uso de Phosfit 300 no solo dispuso mayor disponibilidad de fósforo, sino que también de otros elementos provenientes de las materias primas.

Análisis económico

Tabla 26

Análisis económico de los tratamientos

Concepto	Duración (Tres meses)	
	T0 (Fosfato mono cálcico)	T1 (Phosfit 300)
Nº Aves	400	400
Producción de huevos	25034	25312
Huevos rotos	126	119
Egresos		
Costo del alimento	1875.55	1802.43
Galponero	900	900
Suma	2775.55	2702.43
Ingresos		
Venta de huevos	2710.50	2739.75
Venta de huevos rotos	11.13	10.51
Gallinaza	80.00	80.00
Suma	2801.63	2830.26
Costo beneficio	1.01	1.05

Nota. Un proyecto con un costo beneficio menor a 1 es rechazado. Autoría propia.

Como se observa en la tabla 26, cada uno de los tratamientos presenta valores de costo/beneficio superiores a 1, por lo tanto, ambos tratamientos son aceptables porque por cada dólar invertido se obtiene la devolución del mismo dólar más 1 centavo para T0 y 5 centavos para T1, obteniendo un mayor beneficio económico con el tratamiento T1 (Phosfit 300).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Mediante una prueba estadística de Tukey al 95 %, se registró diferencia significativa en los parámetros de calidad de huevo: altura de albúmina (8.86 mm), peso del huevo (65.26 g) y Unidades Haugh (93.33 UH) a favor del tratamiento T1 (Phosfit 300), por lo que se acepta la hipótesis alterna, la cual menciona que Phosfit 300 tiene efecto en los parámetros zootécnicos y calidad del huevo.
- Al momento de suministrar una dieta con inclusión de Phosfit 300, no se encontró ninguna diferencia significativa sobre los parámetros zootécnicos, sin embargo, matemáticamente se observa una mayor producción de huevos al emplear Phosfit 300 (T1) obteniendo una producción promedio de 307 huevos con relación al tratamiento T0 (Fosfato mono cálcico) que obtuvo una producción promedio de 303 huevos.
- Los resultados obtenidos en el análisis de espectrometría SEM-EDS, determina que Phosfit 300 obtiene un mayor porcentaje de masa para los elementos: N (5.32 % m/m), Mg (1.15 % m/m), P (2.19 % m/m), Cl (0.35 % m/m) y K (0.71 % m/m) en la cáscara del huevo. Debido al modo de acción de Phosfit 300 que utiliza una fitasa la cual rompe el ácido fítico contenido en las materias primas, liberando fósforo y otros minerales.
- El análisis económico realizado durante tres meses, se observó que ambos tratamientos son rentables, ya que el costo/beneficio es superior a 1, a pesar de esto, el uso de Phosfit 300 en la elaboración de alimento concentrado mejora la calidad del huevo (Altura de albúmina, peso del huevo y Unidades Haugh) y una mayor concentración de minerales en la cáscara del huevo (N, Mg, P, Cl y K).

Recomendaciones

- Se recomienda utilizar Phosfit 300 durante el periodo de postura fase 2 en gallinas ponedoras Lohmann Brown, debido a que mejora la calidad del huevo y aumenta la producción.
- Realizar más estudios en gallinas ponedoras durante la fase 2 de postura, variando la cantidad del Phosfit 300 para determinar si la calidad del huevo y producción se mantiene o aumenta.
- Continuar con los análisis de espectrometría, debido a que en la cáscara del huevo se puede determinar el porcentaje de masa de los elementos: C, N, O, Na, Mg, P, S, Cl, K, Ca y mediante los resultados que otorga este análisis se podría utilizar la cáscara del huevo como materia prima para la elaboración de otros productos en la industria farmacéutica, cosmética y alimentaria.

BIBLIOGRAFÍA

- Angel, J., Suarez, C., Serrano, P., Parra, L., Campos, H., & Martínez, B. (2021). Evaluación de escala visual como medida de calidad interna y frescura de huevo comercial. *Revista MVZ Córdoba*, 26(2), e2031. <https://doi.org/10.21897/rmvz.2031>
- AskUSDA. (2020). ¿Cuáles son las categorías que se asignan a los huevos? *U.S. Department of agriculture*. <https://ask.usda.gov/s/article/Cu%C3%A1les-son-las-categor%C3%ADas-que-se-asignan-a-los-huevos>
- ATRIA. (2020). Microscopía electrónica de barrido (SEM). *ATRIA Innovation*. <https://www.atriainnovation.com/microscopia-electronica-de-barrido-sem-utilidades/>
- Carné, S. (2019). Peculiaridades y desarrollo del aparato reproductor de la gallina. *aviNews*. <https://avinews.com/peculiaridades-y-desarrollo-del-aparato-reproductor-de-la-gallina/>
- Chávez, D., & Gonzabay, A. (2021). Evaluación de la calidad física de los huevos de gallina criolla *Gallus domesticus* a diferentes días de conservación 0, 10, 20, 30 a temperatura ambiente en la parroquia Simón Bolívar provincia de Santa Elena [Trabajo de integración curricular, Universidad Estatal Península de Santa Elena]. <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/6390/1/UPSE-TIA-2021-0036.pdf>
- Chicaiza, M., & Leiva, A. (2020). *Evaluación del efecto de cuatro niveles de fitasa exógena sobre el desempeño productivo y biodisponibilidad de P y Ca en pollos broilers línea Ross 308* [Trabajo de titulación, Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/22192/1/T-UCE-0014-MVE-098.pdf>
- Delgado, G. (2018). El calcio y fósforo en las gallinas. *Engormix*. <https://www.engormix.com/avicultura/articulos/calcio-fosforo-gallinas-t49446.htm>
- Díaz, G. (2022). Metabolismo del calcio y el fósforo en las ponedoras modernas de ciclos productivos largos. *aviNews*. <https://avinews.com/metabolismo-del-calcio-y-el-fosforo/>
- Galíndez, R. (2019). Gallinas ponedoras: razas, tipos, manejo y producción. *Agrotendencia*. <https://agrotendencia.tv/agropedia/avicultura/la-cria-de-gallina-ponedora/>

- García, K., Quiñones, I., Gutierrez, J., Camargo, R., & Basante, M. (2022). Bioactividad de hidroxiapatita obtenida a partir de cáscara de huevo para uso potencial como cemento óseo. *Scielo*. <http://www.scielo.org.co/pdf/cide/v13n1/0121-7488-cide-13-01-103.pdf>
- Google Maps. (2023). Taller de avicultura, IASA 1. *Google Maps*.
<https://maps.app.goo.gl/tzdx4xKPcsBgcWFZ7>
- Habibollahi, M., Abousadi, M. A., & Nakhaee, P. (2019). The Effect of Phytase on Production Performance, Egg Quality, Calcium and Phosphorus Excretion, and Fatty Acids and Cholesterol Concentration in Hy-Line Layers Fed Diets Containing Rice Bran. *Journal of Applied Poultry Research*, 28(3). <https://doi.org/10.3382/japr/pfz020>
- INEN 1973:2013. (2013). Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1973:2013 Huevos Comerciales y Ovoproductos. *Instituto Ecuatoriano de Normalización*.
<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1973-2.pdf>
- Itza, M. (2020). Parámetros productivos en la avicultura. *BM Editores*.
<https://bmeditores.mx/avicultura/parametros-productivos-en-la-avicultura/>
- Lohmann Breeders. (2021). Guía de manejo Lohmann Brown - Classic ponedoras. *Lohmann Breeders*. https://lohmann-breeders.com/media/2021/06/LB_MG_LB-Classic_ESP.pdf
- Lokesh, G. (2018). Factores que influyen en la calidad de la cáscara. *Actualidad avipecuaria*.
<https://actualidadavipecuaria.com/factores-que-influyen-en-la-calidad-de-la-cascara/>
- Maguregui, E. (2020). El color de la yema del huevo y sus pigmentantes. *Veterinaria Digital*.
<https://www.veterinariadigital.com/articulos/el-color-de-la-yema-del-huevo-y-los-pigmentantes/>
- Malchow, J., Eusemann, B. K., Petow, S., Krause, E. T., & Schrader, L. (2022). Productive performance, perching behavior, keel bone and other health aspects in dual-purpose compared to conventional laying hens. *Poultry Science*, 101(11), 102095.
<https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.102095>

- Marques, R. (2018). Caracterización de una nueva fitasa y su expresión en *pichia pastoris*. *Dialnet*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=251435>
- Martín, N. (2019). Formación de la cáscara de huevo. *Veterinaria Digital*.
<https://www.veterinariadigital.com/articulos/formacion-de-la-cascara-de-huevo/>
- Meza, M., Hinojosa, F., & Lobo, R. (2018). Uso de pigmentantes naturales para la coloración de la yema de huevo y evaluación de parámetros productivos en aves de postura de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. *Revista Colombiana de Zootecnia RCZ*, 4(7), 2462-8050. <http://anzoo.org/publicaciones/index.php/anzoo/article/view/28/19>
- Mojica, J., & Avellaneda, F. (2021). Fitasas beneficios más allá de la liberación del fósforo. *DISAN*. <https://disanlatinoamerica.com/wp-content/uploads/2021/06/Fitasas-beneficios-ma%CC%81s-alla%CC%81-de-la-liberacio%CC%81n-de-fo%CC%81sforo.pdf>
- NABEL. (10 de abril de 2023). *Medidor digital de huevo DET 6500*. NABEL.
<https://digitaleggtester.com/es/egg-quality/>
- Nuñez, J. (2021). Estudio de las diferencias morfo fisiológicas entre gallinas y patos, y su adaptación a los sistemas intensivos de producción [Examen complejo, Universidad Técnica de Machala].
<http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/17563/1/ECUACA-2021-MV-DE00012.pdf>
- Nutrion. (10 de abril de 2023). *PHOSFIT 300*. Nutrion. <https://nutrion.ec/division-pecuaria/41-phosfit-300-.html>
- Ordoñez, M., Rodríguez, M., & Rodríguez, D. (2019). Rol de las enzimas en la alimentación de mono - gástricos, con énfasis en pollos de engorde. *Revista Ecuatoriana de Ciencia Animal*, 2(3), 2602-8220.
<http://revistaecuatorianadecienciaanimal.com/index.php/RECA/article/view/89/86>
- Osorio, G. (2021). Cambios en la disponibilidad del fósforo fítico para aves y cerdos causados por una fitasa. *BUAP*. <https://hdl.handle.net/20.500.12371/14601>

- Oyos, E. (2022). Use of Phosfit 300 as an alternative source to the use of inorganic phosphates. *ResearchGate*.
https://www.researchgate.net/publication/372393003_Use_of_Phosfit_300_as_an_alternative_source_to_the_use_of_inorganic_phosphates
- Paca, M. (2021). El calcio y el fósforo en el comportamiento productivo de gallinas ponedoras comerciales [Trabajo de titulación, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/15625/1/17T01653.pdf>
- Paulino, J. (2021). Los requerimientos nutricionales de las aves dependen de varios factores. *Engormix*. <https://www.engormix.com/avicultura/articulos/los-requerimientos-nutricionales-aves-t46710.htm>
- Poudel, I., Hodge, V. R., Wamsley, K. G. S., Roberson, K. D., & Adhikari, P. A. (2023). Effects of protease enzyme supplementation and varying levels of amino acid inclusion on productive performance, egg quality, and amino acid digestibility in laying hens from 30 to 50 weeks of age. *Poultry Science*, 102(3), 102465.
<https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.102465>
- Quimpac. (2020). Beneficio económico de las fuentes de fósforo en gallinas ponedoras. *Actualidad avipecuaria*. <https://actualidadavipecuaria.com/beneficio-economico-de-las-fuentes-de-fosforo-en-gallinas-ponedoras/>
- Rodríguez, A. (2019). ¿Qué factores que afectan a la calidad de la cáscara del huevo? *aviNews*. <https://avinews.com/calidad-de-la-cascara-del-huevo/?reload=yes>
- Rodríguez, Y. (2022). Evaluación de los indicadores productivos en ponedoras comerciales con ciclos más largos de puesta en Cuba. *Avicultura.mx*.
<https://www.avicultura.mx/destacado/Evaluacion-de-los-indicadores-productivos-en-ponedoras-comerciales-con-ciclos-mas-largos-de-puesta-en-Cuba>
- Secci, G., Bovera, F., Nizza, S., Baronti, N., Gasco, L., Conte, G., Serra, A., Bonelli, A., & Parisi, G. (2018). Quality of eggs from Lohmann Brown Classic laying hens fed black

soldier fly meal as substitute for soya bean. *Animal*, 12(10), 2191–2197.

<https://doi.org/10.1017/S1751731117003603>

Soriano, J. (2021). *Efectos en la calidad del huevo de la gallina Lohamann Brown en diferentes tiempos de conservación a temperatura ambiente en Santa Elena* [Trabajo de integración curricular, Universidad Estatal Península de Santa Elena].

<https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/6354/1/UPSE-TIA-2021-0082.pdf>

USAID. (2022). Manejo de aves de postura. *Proyecto Comunidades Liderando su Desarrollo*.

https://proyectoeld.org/userfiles/2022/04/Guia_Aves-de-Postura.pdf

Yépez, E. (2022). *Efectos del uso de fitasa en la alimentación de gallinas ponedoras* [Trabajo de titulación, Universidad Técnica de Babahoyo].

<http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/11414/E-UTB-FACIAG-MVZ-000092.pdf>