

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MÉDICO VETERINARIAS



Evaluación de la calidad física del huevo, utilizando en la ración de gallinas
de postura un precursor gluconeogénico

Por:

Alejandra del Carmen Domínguez Cabrera

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Torreón, Coahuila, México
Agosto 2026

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MÉDICO VETERINARIAS

Evaluación de la calidad física del huevo, utilizando en la ración de gallinas de postura un precursor gluconeogénico

Por:

Alejandra del Carmen Domínguez Cabrera

TESIS

Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por:

Dra. Jessica María Flores Salas
Presidente

MC. Julieta Ziomara Ordoñez Morales
Vocal

Dra. Dalia Ivette Carrillo Moreno
Vocal

Dr. Alan Sebastián Alvarado Espino
Vocal suplente

MVZ. Eric Alejandro Reyes Ramírez
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal



Torreón, Coahuila, México
Agosto 2026

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MÉDICO VETERINARIAS

Evaluación de la calidad física del huevo, utilizando en la ración de gallinas de postura un precursor gluconeogénico

Por:

Alejandra del Carmen Domínguez Cabrera

TESIS

Presentado como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dra. Jessica Maria Flores Salas
Asesor Principal



MC. Julieta Ziomara Ordoñez Morales
Coasesor



Dra. Dalia Ivette Carrillo Moreno
Coasesor



MVZ. Eric Alejandro Reyes Ramirez
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal



Torreón, Coahuila, México
Agosto 2026

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, por esta gran etapa que hoy concluyo, por ser mi casa durante muchos años, es una pieza muy especial en mi vida que me abrió las puertas en lugares nuevos, gracias por darme la oportunidad de poder realizar esta investigación junto a grandes personas que se convirtieron en mi familia.

A mi Asesora, la Dra. Julieta Ziomara Ordoñez Morales, por su orientación, por compartirme un poco de su conocimiento y experiencia, su apoyo incondicional, ha sido un ejemplo de profesionalismo y dedicación, así como también compartirme el amor a las gallinas y lo grandiosas que pueden llegar a ser, es mi maestra de vida profesional y ahora parte de mi familia.

A mi Asesora, la Dra. Jessica, por ser una pieza clave en esta investigación, por el apoyo incondicional, ayudándonos en la organización de esta investigación.

A mi Compañero, Josué Lozano Ramírez, por tu apoyo y dedicación, tu ayuda en el laboratorio durante horas y largas tardes terminando este proceso, ayudando en el registro de datos y realizando las pruebas físicas del huevo, así como también por tu disposición para trabajar en equipo durante este tiempo.

A mi Compañero, José, por el apoyo que brindo durante el proyecto, gracias por compartir conmigo tus conocimientos, por enseñarme el manejo adecuado de las aves y por orientarme en el trabajo realizado en el laboratorio, tu ayuda y colaboración fueron importantes durante este proceso.

A mis Compañeros de la caseta avícola, por el apoyo incondicional de poder tomarse el tiempo de ayudarnos con la recolección de huevos cada que se tenía que hacer las pruebas, ustedes pusieron su granito de arena, para que este experimento avanzara.

DEDICATORIAS

A Dios, por permitirme estar el día de hoy aquí, cumpliendo este paso tan grande de la mano de las personas que amo.

A mi familia, porque a lo largo de este camino fueron mi fuerza y mi paz, para poder avanzar día con día.

A mi madre, por ser mi guía en este proceso, mi ejemplo a seguir, porque a pesar de la adversidad siempre estaba firme a pesar de cualquier piedra en el camino, siempre tomándome de la mano cuando más miedo tenía de avanzar, cobijándome con sus brazos cada que no me sentía capaz.

A mi padre, por ser mi apoyo incondicional, él es una pieza clave en este proyecto, fue mi cómplice día y noche, mi guardián, mi compañero de aventuras, su apoyo constante me ayudo a ser la mujer que soy hoy en día, gracias por acompañarme en mis noches de desvelos, días agotados, gracias a ti y a mi madre el día de hoy estoy aquí cosechando lo que un día sembramos juntos.

A mis hermanos, por ser mis compañeros de vida, por su amor, paciencia que depositaron en mí, ellos me enseñaron el valor de la perseverancia al momento de alcanzar mis objetivos. Este logro también les pertenece.

A mí misma, por mi fortaleza de seguir adelante, por creer en mí y que los sueños también los podemos hacer realidad.

INDICE

AGRADECIMIENTOS	I
DEDICATORIAS	II
LISTA DE CUADROS	V
LISTA DE FIGURAS	VI
RESUMEN	VII
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 IMPORTANCIA DE LA AVICULTURA E INDICADORES ECONÓMICOS DE PRODUCCIÓN DE HUEVO PARA PLATO	3
2.2 PARTE DEL HUEVO	4
2.2.1 <i>Composición de la yema</i>	6
2.2.2 <i>Membrana vitelina</i>	7
2.2.3 <i>Albúmina</i>	8
2.2.4 <i>Membranas testáceas</i>	9
2.2.5 <i>Chalazas</i>	9
2.2.6 <i>Cascarón</i>	9
2.2.7 <i>Cutícula</i>	10
2.3 UTILIZACIÓN DE ADITIVOS EN LA PRODUCCIÓN AVÍCOLA	11
2.3.1 ÁCIDOS ORGÁNICOS	11
2.3.2 MECANISMO DE ACCIÓN ANTIMICROBIANA DE LOS ÁCIDOS GRASOS	12
2.3.4 <i>Acido propiónico</i>	12
2.3.5 PROPIONATO DE CALCIO	13
2.4 SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE HUEVO	13
2.4.1 SISTEMA INTENSIVO (JAULA)	14
2.4.2 SISTEMA DE JAULA ENRIQUECIDA	14
2.4.3 SISTEMA LIBRE DE JAULA	14
2.4.4 LIBRE PASTOREO	14
2.4.5 ORGÁNICO	14
III. MATERIALES Y MÉTODOS	16
3.1 UBICACIÓN DEL ESTUDIO.	16
3.2 ANIMALES DE ESTUDIO.	16
3.3 MANEJO DE ANIMALES.	17
3.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS	17
3.5 VARIABLES EVALUADAS	17
3.5.1 <i>Peso</i>	17
3.5.2 <i>Grosor de cascarón</i>	17
3.5.3 <i>Índice de la yema</i>	18
3.5.4 <i>Color yema</i>	18
3.6.7 <i>Unidades Haugh</i>	18
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20

4.1 PESO DEL HUEVO	20
4.3 GROSOR DEL CASCARÓN	20
4.4 PORCENTAJE DEL ÍNDICE DE LA YEMA	21
4.5 COLOR DE LA YEMA	22
4.6 UNIDADES HAUGH	23
V. CONCLUSIÓN	25
VI. REFERNCIAS BIBLIOGRAFICAS	26

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Proporción de los diferentes compartimentos del huevo de gallina	5
Cuadro 2. Tratamientos y dosis utilizado de precursor gluconeogénico, en dietas de gallinas Rhode Island de 64 semanas de edad en un sistema libre de jaula.....	16

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Países productores de huevo entero tomado de (UNA, 2025).	3
Figura 2. Consumo per cápita de huevo entero, tomado de (UNA, 2025).....	4
Figura 3. Estructura interna del huevo	5
Figura 4. Evaluación de las Unidades Haugh.....	19
Figura 5. Peso promedio de huevo.....	20
Figura 6. Grosor del cascara (mm), evaluados durante el periodo experimental, utilizando en la ración de gallinas de postura un precursor gluconeogénico, en un sistema libre de jaula. Diferentes literas indica diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$). ...	21
Figura 7. Porcentaje del índice de yema del huevo, evaluados durante el periodo experimental, utilizando en la ración de gallinas de postura un precursor gluconeogénico, en un sistema libre de jaula. Superíndices diferentes (a, b y c), indican diferencias estadísticas entre grupos experimentales.	22
Figura 8. Color de la yema (1 al 15), evaluados durante el periodo experimental, utilizando en la ración de gallinas de postura un precursor gluconeogénico, en un sistema libre de jaula.	23
Figura 9. Unidades Haugh, evaluadas durante el periodo experimental, utilizando en la ración de gallinas de postura un precursor gluconeogénico, en un sistema libre de jaula. Superíndices diferentes (a, b y c), indican diferencias estadísticas entre grupos experimentales.	24

RESUMEN

El objeto de esta investigación fue evaluar el uso de un ácido orgánico como precursor glucogénico en la dieta de gallinas Rhode Island, sobre la calidad física del huevo en un sistema de producción libre de jaula. La investigación se realizó en las instalaciones de la Unidad Académica de Producción de la UAAAN UL. Se trabajaron con 360 gallinas de la línea Rhode Island con la edad de 64 semanas. Las cuales contaron con 6 repeticiones por tratamiento experimental. Los tratamientos fueron los siguientes: Lipofeed 0.1 % (LIP1) se utilizó el aditivo de LIPOFEED® con una dosis 0.12 g/kg; en el grupo Lipofeed al 0.05% (LIP0.05) se hizo la inclusión del aditivo con una dosis de 0.6 g/kg; y en el tratamiento testigo (TT), se le administró solamente el alimento comercial sin suministrarle el aditivo de lipofeed. Los resultados del peso del huevo y color de la yema no se observaron diferencias ($p \geq 0.05$) entre los tratamientos y el testigo, en el grosor del cascarón y unidades Haugh se observaron diferencias entre los grupos tratado y testigo ($p \leq 0.05$), por último, en índice de la yema se observaron diferencias donde el grupo testigo sobresalió sobre los grupos tratados ($p \leq 0.05$). Se concluye que la utilización de ácidos orgánicos como precursor de gluconeogénico, mejora la calidad del cascarón y unidades Haugh.

Palabras clave: Aditivos, Ácidos orgánicos, Sistema libre de jaula, Rhode Island

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the use of an organic acid as a glucogenic precursor in the diet of Rhode Island Red hens, specifically its effect on egg physical quality in a cage-free production system. The research was conducted at the facilities of the Academic Production Unit of the UAAAN UL. Three hundred and sixty Rhode Island Red hens, 64 weeks old, were used. There were six replicates per experimental treatment. The treatments were as follows: Lipofeed 0.1% (LIP1), using the LIPOFEED® additive at a dose of 0.12 g/kg; Lipofeed 0.05% (LIP0.05), using the additive at a dose of 0.6 g/kg; and the control treatment (TT), receiving only the commercial feed without the Lipofeed additive. No differences were observed in egg weight and yolk color ($p \geq 0.05$) between the treatments and the control group. Differences were observed between the treated and control groups in shell thickness and Haugh units ($p \leq 0.05$). Finally, differences were observed in the yolk index, with the control group performing better than the treated groups ($p \leq 0.05$). It is concluded that the use of organic acids as a gluconeogenic precursor improves shell quality and Haugh units.

Keywords: Additives, Organic acids, Cage-free system, Rhode Island

INTRODUCCIÓN

La industria avícola es uno de los sectores más importantes de producción de carne y huevo, siendo cada vez más productivos, teniendo métodos de producción intensivos (UNA, 2025).

De acuerdo con la Secretaria Agricultura y Desarrollo Rural, México es el principal país consumidor de huevo, anualmente se producen más de 3 millones de toneladas, en esta producción, se suman una gran cantidad de pequeños y medianos productores de traspatio (UNA, 2025).

El sistema de manejo en la calidad de huevo es muy poca, en la producción de traspatio en México, en zonas rurales, se combinan en pastoreo con alimento mixto, que ofrecerán algunas ventajas en calidad en la producción (Mata Estrada et al., 2023).

Lo que conlleva a la utilización del uso de ciertos antibióticos como promotores del crecimiento en la industria avícola, la búsqueda de alternativas a los antibióticos en la dieta está cobrando cada vez más importancia, lo cual se ha propuesto e investigado y utilizado ampliamente el uso de aditivos nutricionales que reducen o limitan la carga de patógenos y mejoran el rendimiento de la puesta para reemplazar los antibióticos en la dieta (Cao et al., 2022).

Un aporte eficaz de calcio es una posible forma de mantener la calidad de los huevos de gallina en las últimas etapas de la producción (Whitehead & Fleming, 2000), por lo tanto el uso de alternativas utilizadas dentro de los aditivos son los ácidos orgánicos, el propionato de calcio y el butirato de calcio que sirven como fuentes de ácidos orgánicos en la dieta y regulan el metabolismo, ya que compensan la acidificación gástrica y la inhibición de bacterias patógenas en el tracto gastrointestinal de los animales (Zhao L et al., 2020).

Además, ayuda a la defensa contra patógenos sensibles al pH y mejora la digestibilidad de los nutrientes y el rendimiento en las aves de corral (Dittoe et al., 2018; Scicutella et al., 2021).

En gallinas ponedoras, los efectos de los ácidos grasos de cadena corta en el rendimiento de la producción pueden estar más asociados a sus efectos directamente en la absorción de minerales (Song et al., 2022). Además, las gallinas alimentadas con dietas suplementadas con sales de ácidos orgánicos mostraron una producción de huevos significativamente mayor (Song et al., 2022).

Por lo tanto, el objetivo de esta investigación es evaluar el uso de un ácido orgánico como precursor glucogénico en la dieta de gallinas Rhode Island, sobre la calidad física del huevo en un sistema de producción libre de jaula.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Importancia de la avicultura e indicadores económicos de producción de huevo para plato

En 2024 la comercialización de huevo en México se realizó a través de los mercados tradicionales y centrales de abasto de la siguiente manera: a granel aproximadamente 73.2% y en empaques cerrados 20%, principalmente en tiendas de autoservicio y tiendas de conveniencia (UNA, 2025).

El huevo destinado a la industria representó el 6.8%, ya que en su gran mayoría se destina al abasto nacional y una muy pequeña parte a los mercados de exportación(UNA, 2025).

La producción de huevo para plato a nivel mundial México se encuentra en el 5to productor por debajo de países como China, India, Estados Unidos, Indonesia y Brasil, con una producción de 3,019 miles de toneladas (Fig.1) (UNA, 2025).

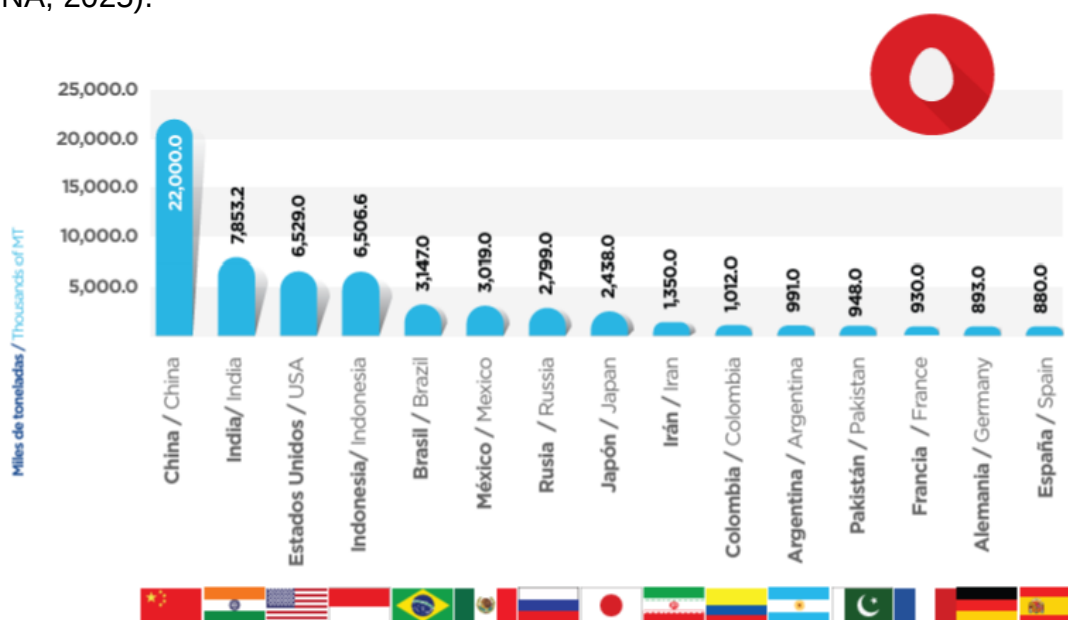


Figura 1. Países productores de huevo entero tomado de (UNA, 2025).

Actualmente el consumo de huevo, México ocupa el primer lugar con un consumo de 24.5 kg *per cápita*, dando a conocer que la industria avícola es una de las fuentes de proteínas más importantes para los mexicanos, ya que del 100% de la proteína de origen animal más del 60%, representa el consumo de la dieta del mexicano (fig. 2)(Unión Nacional de Avicultores, 2025).

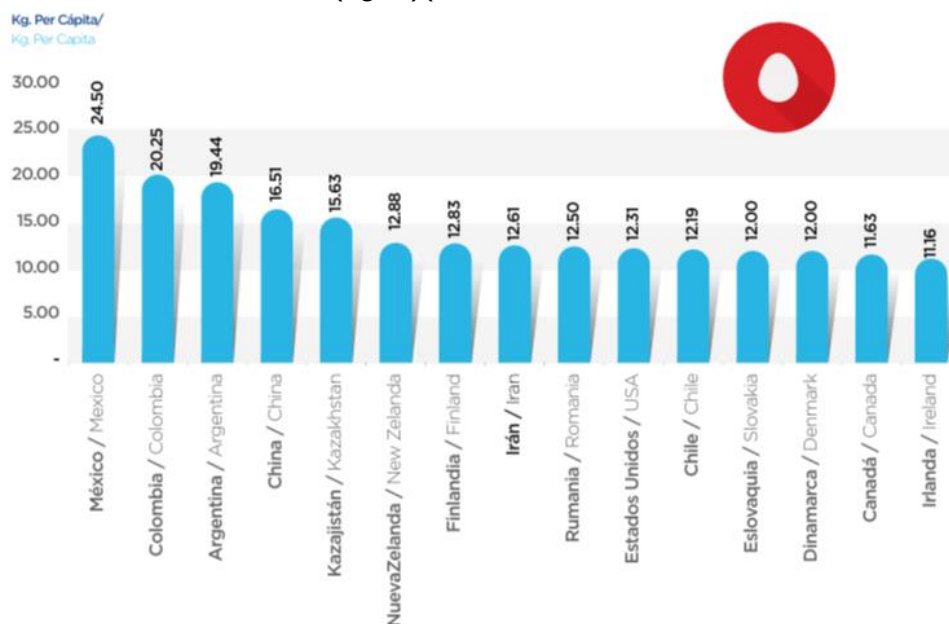


Figura 2. Consumo per cápita de huevo entero, tomado de (UNA, 2025)

2.2 Parte del huevo

Los huevos son uno de los pocos alimentos que se consumen en todo el mundo y han formado parte de la dieta humana desde tiempos prehistóricos(Koç et al., 2023).

Los huevos son una fuente única y equilibrada de nutrientes para personas de todas las edades, los cuales contiene nutrientes que incluyen proteínas de alta calidad, ácidos grasos insaturados esenciales, ácidos grasos monoinsaturados, hierro, fósforo, minerales valiosos, vitaminas A, D, E, K y muchas vitaminas del grupo B (Koç et al., 2023).

El huevo se compone de varios compartimentos (de adentro hacia afuera): la yema, disco germinal, la membrana vitelina, la clara o albúmina, las membranas de la cáscara, chalazas y la cáscara misma (Wang, H et al., 2023).



Figura 3. Estructura interna del huevo

En la gallina doméstica, las proporciones de los compartimentos del huevo varían según el origen genético de los animales, el peso del huevo a una edad determinada, pero sobre todo según la edad de la gallina durante el ciclo de producción, el cual se muestran en el siguiente cuadro (Alfonso Carrillo, et al., 2021).

Cuadro 1. Proporción de los diferentes compartimentos del huevo de gallina (Nys & Guyot, 2011)

	Peso promedio de un huevo de 60 g	% del peso total del huevo	
		Valor medio	Rango de variación (Con diferentes pesos de huevo)
Yema	17.3	29	25-33
Albumina	30	6.5	57-67
Membranas del cascarón	0.25	0.4	
Cascarón	5.5	9.1	8.5-10.5

Otros parámetros también pueden influir en estas proporciones, como la alimentación, el manejo de las gallinas (etapa inicial, programa de iluminación, cría) y su entorno (temperatura)(Kim, D. et al., 2022).

El huevo se compone de aproximadamente un 31 % de yema y un 59 % de clara y, todo ello contenido en una cáscara que representa el 10 % del peso total del huevo. En cuanto a la parte comestible, el huevo de gallina entero contiene un 74,4 % de agua y dos grupos de nutrientes principales: proteínas (12,3 %) y una cantidad equivalente de lípidos (11,6 %), además contiene todas las vitaminas (excepto la vitamina C), así como numerosos minerales y oligoelementos(Pal M. Molnár J. 2021).

Básicamente, el huevo puede considerarse una fuente de proteínas de bajo contenido energético (148 kcal por 100 g) que satisface las necesidades nutricionales humanas debido a su alto contenido de aminoácidos lisina y azufre, además el huevo también es fuente de grasas de fácil digestión, fosfolípidos ricos en colina y cefalina, ácidos grasos insaturados y colesterol. Además, es una fuente importante de fósforo, azufre y muchas vitaminas (Linares, I. 2020).

2.2.1 Composición de la yema

La yema representa aproximadamente el 30% del peso total del huevo y contiene más del 50% de materia seca. Una masa de 100 g de producto aporta 16 g de proteínas y más del doble de esta cantidad en cuanto a lípidos. Todos los lípidos del huevo se encuentran en la yema, donde se unen a las proteínas para formar lipoproteínas (Abeyrathne et al., 2022).

La yema no es la verdadera célula reproductiva, sino una fuente de alimento a partir de la cual la diminuta célula (blastodermo) y el embrión resultante sustentan parcialmente su crecimiento(Helal, M. et al., 2025).

Los lípidos constituyen aproximadamente el 35% de la yema fresca y alrededor del 65% de su materia seca, los cuales los triglicéridos (65%) son los

principales lípidos del huevo, pero también están presentes, en menor cantidad, fosfolípidos (31%) y colesterol (4%) (Abeyrathne et al., 2022)

Las lipoproteínas del huevo se producen en el hígado y luego se transportan al ovario en forma de vitelogenina y lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL), los cuales estos precursores se transfieren por endocitosis tras unirse a receptores específicos de los ovocitos, sin sufrir ninguna modificación(Chen et al., 2025).

Por lo tanto, no es posible alterar el contenido lipídico total de la yema modificando el contenido lipídico de la alimentación de las gallinas. Sin embargo, el perfil de ácidos grasos en la yema de huevo depende en gran medida de la dieta (Saurez, T. et al., 2023).

Aunque las gallinas se alimentan clásicamente con trigo, maíz y soja, los huevos tienen bajos niveles de ácidos grasos saturados (alrededor de un tercio). En comparación con otros lípidos de origen animal, los lípidos del huevo contienen altos niveles de ácidos grasos insaturados(Varona, E., et al., 2021).

2.2.2 Membrana vitelina

El huevo contiene en su centro la yema, envuelta por una membrana acelular transparente muy fina, denominada membrana vitelina. La función de esta membrana extracelular proteica es limitar el intercambio de sustancias entre la clara y la yema; además, constituye la barrera principal contra la penetración bacteriana (Zhou, Y., et al., 2021).

La membrana vitelina consta de tres capas (o cuatro, según algunos autores que incluyen la zona radiada). La fina capa media continua (de 4 mm de espesor) está compuesta por un material amorfo situado entre dos capas fibrosas: una en contacto con la yema y la otra con la clara. La capa perivitelina interna (de 4 mm) es una capa de fibras entrelazadas que corresponde a la zona pelúcida de los mamíferos. Parte de sus componentes son secretados por la célula de la granulosa(Zhang, Y., 2024).

2.2.3 Albúmina

Es una solución que casi en su totalidad está conformada por puras proteínas que posee un pH de 9,4., el cual contiene enzimas, inhibidores o anticuerpos (biológicamente activos)(Sheing, L., et al. 2022).

Su función principal de la clara o albúmina en la naturaleza es proteger al embrión contra la contaminación microbiana (Jabalera Y., et al., 2022).

La albúmina o clara de huevo se compone de cuatro capas distintas: una capa blanca externa delgada junto a la membrana de la cáscara, una capa blanca externa viscosa o gruesa, una capa blanca interna delgada y una capa interna calazífera o gruesa(Zhang et al., 2023).

El contenido de cada capa es de aproximadamente 23.3 %, 57.3 % 16.8 % y 2.7 %, respectivamente, pero esto puede variar dependiendo de la raza de la gallina, las condiciones ambientales, el tamaño del huevo y la tasa de producción (Pu et al., 2020).

La albúmina consta de una estructura compleja de proteínas, tales como: ovoalbúmina (proteína predominante en la albúmina y agente espumante de la clara de huevo), conalbúmina u ovotransferrina, ovomucina (un agente gelificante de la clara de huevo), lisozima, flavoproteína u ovoflavoproteína, y avidina (Koç et al., 2023).

El contenido proteico representa aproximadamente el 10 % de la clara de huevo, mientras que los lípidos, los carbohidratos y las cenizas constituyen solo el 0,03 %, el 0,9 % y el 0,5 %, respectivamente.

Los carbohidratos de la clara de huevo se encuentran tanto libres como combinados con las proteínas (Malena L. et al., 2024). Otros componentes de la clara incluyen una cantidad insignificante de grasa, vitaminas como la riboflavina, la niacina y la biotina, y minerales como el magnesio y el potasio (Koç et al., 2023).

2.2.4 Membranas testáceas

La cáscara del huevo de gallina está compuesta por una cáscara calcificada y membranas, incluyendo membranas internas y externas. Estas membranas retienen la clara y evitan la penetración de bacterias (Leong, H. et al., 2023). Las membranas también son esenciales para la formación de la cáscara (Han, C. et al., 2023).

2.2.5 Chalazas

Las chalazas son estructuras gelatinosas que aparecen en los extremos presuntivos afilado y romo a lo largo del eje longitudinal del huevo de ave, en donde en sus extremos externos, se fusionan con la clara externa espesa, y en sus extremos internos, se fusionan con la capa chalazífera que toca la membrana vitelina (Han, C., et al., 2023).

Las chalazas constituyen un eje de rotación alrededor del cual el óvulo puede girar, manteniendo el germen hacia arriba dentro de la clara líquida interna (Guerrero D. et al., 2023). Cuando la parte externa de la envoltura del huevo gira en el oviducto, el óvulo permanece casi inmóvil y las chalazas se enrollan (Yin, Z. et al., 2020).

2.2.6 Cascarón

La cáscara o cascarón es una biocerámica compleja que regula el intercambio de gases metabólicos y agua, y sus propiedades están adaptadas al entorno de cada especie (Cheng, X & Ning, Z., 2023). Además, la cáscara es la capa más externa del huevo y se compone principalmente de una capa espumosa de cutícula, una capa de carbonato de calcio protege al huevo de influencias externas y cubre, en promedio, entre el 10 % y el 12 % de su peso (Koç et al., 2023) y dos membranas flexibles (membrana interna y externa), la cual esta estructura retiene la clara y la yema dentro del huevo, impidiendo la entrada de bacterias patógenos (Inca JS. Et al., 2020).

Además, las membranas internas y la cáscara impiden el paso de gases, mantienen el huevo seco y ofrecen una considerable resistencia a la pérdida de humedad por evaporación y a la entrada de bacterias (Koç et al., 2023).

Su formación es uno de los procesos de calcificación más rápidos conocidos en biología, el cascarón del huevo de gallina contiene aproximadamente 6 g de mineral, que se deposita durante su ciclo diario de producción (Adhikari, R., et al. 2020). Los mecanismos de transporte de iones a través de la mucosa uterina que subyacen a este proceso se han estudiado ampliamente (Yang, Y., 2025).

La cáscara mineralizada está compuesta en un 96 % de carbonato de calcio (McClelland, S. et al., 2021). Los componentes restantes incluyen la matriz orgánica (2 %), así como magnesio, fósforo y diversos oligoelementos (Pérez, M. et al., 2022).

La cáscara presenta una extensa interconexión entre sus fases orgánicas e inorgánicas, donde este tipo de organización también se observa en otras matrices calcificadas (hueso, cartílago, esmalte dental, dentina y cemento), donde elementos colagenosos y no colagenosos ocluidos se encuentran en contacto íntimo con el mineral (Elnesr, s. et al., 2024).

Los precursores de la matriz de la cáscara del huevo están presentes en el líquido uterino acelular, desde donde se incorporan a la cáscara calcificada(H).

2.2.7 Cutícula

La cutícula es una capa invisible depositada en el exterior de los huevos de aves, que rellena los poros de intercambio gaseoso y previene la contaminación bacteriana (Bedoya, A. et al., 2020)., actúa como primera defensa contra la penetración microbiana y asociada con la finalización del crecimiento de los cristales de calcita durante la formación de la cascara (Martínez S. et al., 2020).

La cutícula es la capa más externa, depositada sobre la capa de la cáscara del huevo durante las últimas 1.5 a 2 horas de su formación en el útero; esta es una capa delgada, no calcificada e insoluble en agua, compuesta principalmente de glicoproteínas con algunos componentes de carbohidratos

y grasas, sin embargo. la deposición de la cutícula está influenciada por la edad y la estirpe de la gallina. (Chen X. et al., 2021).

2.3 Utilización de aditivos en la producción avícola

Los aditivos para piensos son sustancias que se añaden al alimento para mejorar la eficiencia de su utilización y aceptación, o para potenciar el metabolismo y la salud animal(Okey, 2023).

Investigaciones informan que los aditivos para piensos se añaden por diversas razones, entre las que se incluyen: la adición de color y sabor a la dieta y la modificación de la eficiencia y la velocidad de crecimiento de los animales, además la inclusión de aditivos en piensos compuestos es ahora una práctica común en la industria de la alimentación animal (Okey, 2023).

2.3.1 Ácidos orgánicos

Los ácidos orgánicos dietéticos (AOD) se reconocen históricamente como agentes antimicrobianos y se consideran alternativas viables a los promotores del crecimiento antibióticos (PCA) en la producción ganadera(Abbas et al., 2026). Los ácidos orgánicos son ácidos carboxílicos orgánicos con una estructura general $R-COOH$ estos Se clasifican según la longitud de su cadena, en particular, para los monogástricos, existen varios ácidos orgánicos considerados esenciales, ya que la microbiota intestinal no puede sintetizarlos. Los ácidos grasos de cadena corta (C1-C7, es decir, ácido fórmico, acético, propiónico y butírico) se producen en el tracto intestinal durante la fermentación del alimento (Scicutella et al., 2021).

Los ácidos orgánicos dietéticos (AOD) se reconocen históricamente como agentes antimicrobianos y se consideran alternativas viables a los promotores del crecimiento antibióticos (PCA) en la producción ganadera (Iñiguez Heredina. Et al., 2021).

Varios ácidos orgánicos se utilizan frecuentemente en forma de sales de sodio, potasio o calcio, que son menos olorosas, más seguras de manipular durante

el procesamiento de los alimentos, menos corrosivas y más solubles en agua que los ácidos puros (Lee et al., 2025).

Algunas de sus acciones incluyen una mejor higiene del pienso, la reducción del pH gástrico y la inhibición de patógenos sin afectar a las bacterias beneficiosas, la estimulación de las secreciones pancreáticas y la fuente de energía durante el metabolismo intermedio, una mayor digestibilidad de los nutrientes, un mejor rendimiento del crecimiento y una mayor inmunidad (Pearlin et al., 2020).

En los piensos para aves de corral, se pueden incluir ácidos orgánicos o sales a razón de 0,5 kg/tonelada para el control del moho y de 2,5 a 3,0 kg/tonelada para la reducción del pH y el control de la salmonela (Adewole, D. et al., 2021).

2.3.2 Mecanismo de acción antimicrobiana de los ácidos grasos

Los ácidos grasos de cadena corta (es decir, propiónico (C3) y butírico (C4)) están principalmente relacionados con la actividad antimicrobiana, así como con la mejora del rendimiento productivo (Saleem K. et al., 2020).

En particular, el efecto antimicrobiano se asocia con una constante de disociación ácida (pKa) entre 3 y 5, cuando los ácidos orgánicos llegan al intestino, alteran el ambiente disminuyendo el pH (Lee et al., 2025).

Esta acidificación inhibe la absorción de nutrientes por parte de las bacterias, lo que permite que estos se conserven para el huésped, por lo tanto, un pH más bajo degrada el colesterol y aumenta los niveles de calcio, fósforo y magnesio en el suero debido a una mayor absorción (Chavarría Z. et al., 2021).

2.3.4 Ácido propiónico

El aditivo es un líquido que contiene al menos un 99,5 % de ácido propiónico (fórmula química $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$) (Panel villa, et al., 2024).

El ácido propiónico es soluble en agua y alcohol, este aditivo se produce mediante síntesis química siguiendo dos posibles rutas sintéticas: una que parte de etileno, monóxido de carbono y agua, y otra que parte de

propionaldehído, oxidado a ácido propiónico en presencia de un catalizador y seguido de destilación (Guerra CB. Et al., 2021).

2.3.5 Propionato de calcio

El aditivo es un polvo que contiene al menos 98,0 % de propionato de calcio (número CAS 4075-81-4, fórmula química $(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COO})_2\text{Ca}$) y muestra una pérdida máxima del 6 % en el secado, además, es soluble en agua (Li H. et al., 2021).

El propionato de calcio fue estudiado exhaustivamente por la FDA antes de ser clasificado como "generalmente reconocido como seguro" (Verma et al., 2024).

Tras su ingestión, el propionato de calcio se hidroliza a ácido propiónico y calcio. El ácido propiónico es un importante ácido graso volátil; una pequeña cantidad se convierte en ácido láctico, y el resto se transforma en glucosa o proporciona energía tras su oxidación. Por lo tanto, el propionato de calcio es una importante fuente de energía (Verma et al., 2024).

En condiciones ácidas, el propionato de calcio produce ácido propiónico libre, que ejerce un efecto antibacteriano (Song et al., 2022).

2.4 Sistemas de producción de huevo

Actualmente en México, la producción de huevo es en sistemas de producción intensiva (jaula), sin embargo, existen otros sistemas de producción alternativos como es jaula enriquecida, libre jaula o aviario, pastoreo y orgánico (Tinoco Jaramillo, et al., 2024).

Estas búsquedas de alternativas de producción se atribuyen principalmente a la creciente demanda de los consumidores por prácticas de producción de alimentos más transparentes y éticas, especialmente aquellas que priorizan el bienestar animal, la sostenibilidad ambiental y la producción natural (P. G. da S. Pires et al., 2025). En los sistemas alternativos, las gallinas se crían sin

jaulas durante el período de producción, en algunos sin acceso al exterior y otros con acceso al exterior (P. Pires et al., 2021).

2.4.1 Sistema intensivo (Jaula)

La producción de huevo en México proviene de este sistema, más del 90% de la producción en este sistema consiste en alojar a las aves en jaulas en batería, con nutrición, temperatura e iluminación controladas (P. Pires et al., 2021), los huevos que se producen se comercializan comúnmente en los mercados y provienen, en su mayoría, de gallinas alimentadas con pienso comercial y criadas en jaulas de alta densidad (Xia et al., 2022).

2.4.2 Sistema de jaula enriquecida

El sistema de cría de aves en jaulas enriquecidas consiste en jaulas equipadas con perchas, papel de lija, ponederos y un mayor espacio para cada ave en comparación con el espacio proporcionado en las jaulas convencionales (P. Pires et al., 2021).

2.4.3 Sistema libre de jaula

En el sistema sin jaulas, las aves se crían dentro del gallinero (sin jaulas) pero sin acceso al exterior (P. Pires et al., 2021).

Los entornos sin jaulas permiten la expresión de comportamientos naturales como la anidación, el posado y la búsqueda de alimento, lo que puede influir en el estado fisiológico de la gallina y, en consecuencia, en la composición bioquímica de los huevos (Zeng et al., 2026).

2.4.4 Libre Pastoreo

En el sistema de pastoreo libre, las aves se alojan en lugares fijos, con acceso a áreas exteriores para buscar alimento, picotear, escarbar y expresar otros comportamientos naturales (P. Pires et al., 2021).

2.4.5 Orgánico

El sistema orgánico puede incluir el alojamiento de las aves en lugares fijos o móviles, además del acceso de las aves a áreas exteriores, sin embargo el

número de gallinas ponedoras por m² (interior y exterior), el tipo de ingredientes utilizados en el alimento, además de otras especificaciones, como el uso de medicamentos, son puntos clave para que el sistema reciba el certificado de producción orgánica (P. Pires et al., 2021).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del estudio.

El estudio se realizó en la Unidad Académica de Producción Avícola, que está ubicada dentro de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, en Torreón, Coahuila. Con coordenadas geográficas 25°23'36"N 101°00'02'O con temperaturas generalmente variables de 42 °C a 45 °C en verano. Se comenzó en el mes de junio y finalizó en el mes de noviembre 2024.

3.2 Animales de estudio.

En este estudio, se trabajaron con 360 gallinas de la línea Rhode Island con la edad de 64 semanas. Las cuales contaron con 6 repeticiones por tratamiento experimental. Los tratamientos fueron los siguientes: Lipofeed 0.1 % (LIP1) se utilizó el aditivo de LIPOFEED®) con una dosis 0.12 g/kg; en el grupo Lipofeed al 0.05% (LIP0.05) se hizo la inclusión del aditivo con una dosis de 0.6 g/kg; y en el tratamiento testigo (TT), se le administró solamente el alimento comercial sin suministrarle el aditivo de lipofeed (Cuadro 1).

Cuadro 2. Tratamientos y dosis utilizado de precursor gluconeogénico, en dietas de gallinas Rhode Island de 64 semanas de edad en un sistema libre de jaula.

Tratamiento	% de Lipofeed a la dieta	Dosis de Lipofeed (g)	Alimento basal (g)	Total, por gallina (g)
T1	0.01	0.12	188.8	120 g
T2	0.05	0.6	119.4	120 g
TT	0	0	120	120 g

3.3 Manejo de Animales.

Las gallinas fueron alojadas en un sistema de producción libre de jaulas, en corrales individuales de 1.5 x 2.0 metros, lo que proporcionó una densidad de alojamiento equivalente a 1200 cm² por ave, cumpliendo con estándares de bienestar animal establecidos para sistemas alternativos.

Cada unidad contaba con cuatro nidales tipo comunitario y perchas elevadas, facilitando la expresión de comportamientos etiológicos como el descanso en la altura, anidación.

Se aplicó un fotoperiodo controlando de 16 horas de luz y 8 horas de oscuridad mediante iluminación artificial programada, asegurando la sincronización. Durante todo el periodo experimental, las aves tuvieron acceso al alimento en donde le añadimos el aditivo de lipofeed, según los requerimientos nutricionales de la fase productiva, así como agua.

3.4 Análisis estadísticos

Los análisis estadísticos se realizaron con la siguiente prueba Procedimiento GLM t Tests (LSD) para Variables de Respuesta – Across Treatments, con el paquete estadístico SAS Inst. Inc. Ver. 9.4, 2016, Cary, NC, USA, donde se consideró una diferencia estadística con un valor de $p \leq 0,05$.

3.5 Variables evaluadas

3.5.1 Peso

Se tomaron 10 huevos de cada tratamiento cada tercera semana para un total de 30 huevos evaluados, hasta terminar en la semana 84 semanas de producción: LIP1, LIP0.05 y TT, lipofeed 0.5%, control. De los cuales se toman al azar y se pesaron cada uno con una báscula (Balanza digital Ohaus Modelo E02130, con capacidad de 210 g y precisión de 0.001 g).

3.5.2 Grosor de cascarón

Para determinar el grosor del cascaron, se utilizaron mediciones con un calibrador digital (vernier digital, marca genérica, modelo RM-KC-BXG, con rango mínimo y máximo de precisión de 0.1 mm a 15 cm). El cual aseguramos

de que el calibrador digital este calibrado y listo para usar. Limpiar el cascaron de huevo para eliminar cualquier residuo o suciedad. Seleccionaremos la parte más gruesa del cascaron para comenzar la medición. se realizó a cada cascara de huevo, para ver el grosor de cada tratamiento para poder hacer el cálculo de un valor promedio (mm).

3.5.3 Índice de la yema

Es la relación entre el diámetro de la yema y el diámetro del huevo. Se colocó la yema en un recipiente plano donde, se utilizó un calibrador digital para medir el diámetro de la yema, de igual manera se midió el diámetro y alto de la yema. Para calcular el índice de yema se utiliza la siguiente formula.

$$\text{Indice de la yema} = \frac{\text{Altura de la yema (mm)}}{\text{Diametro de la yema (mm)}} \times 100$$

3.5.4 Color yema

Para evaluar el color de la yema, se utilizó el abanico o colorímetro DSM, este mismo para evaluar su intensidad del tono de la yema, desde lo más claro hasta lo más oscuro, utilizando la escala que va del 01 al 15.

3.6.7 Unidades Haugh.

Es una medida estándar con la que podemos evaluar la calidad interna del huevo, específicamente la altura de la albumina. Esta medida se utiliza para saber la frescura del huevo, ya que si tenemos una mayor altura de albumina indica que el huevo es más fresco.

Representan un indicador de frescura del huevo, que se asociara con propiedades como lo son la clara, el PH, índice de yema y su color (Saleh et al., 2020).

Proporcionando una evaluación objetiva y numérica de su calidad interna. Con este valor nos ayudara a determinar si un huevo sigue siendo apto para el consumo en cuestión de su frescura. Asimismo, se calculó:

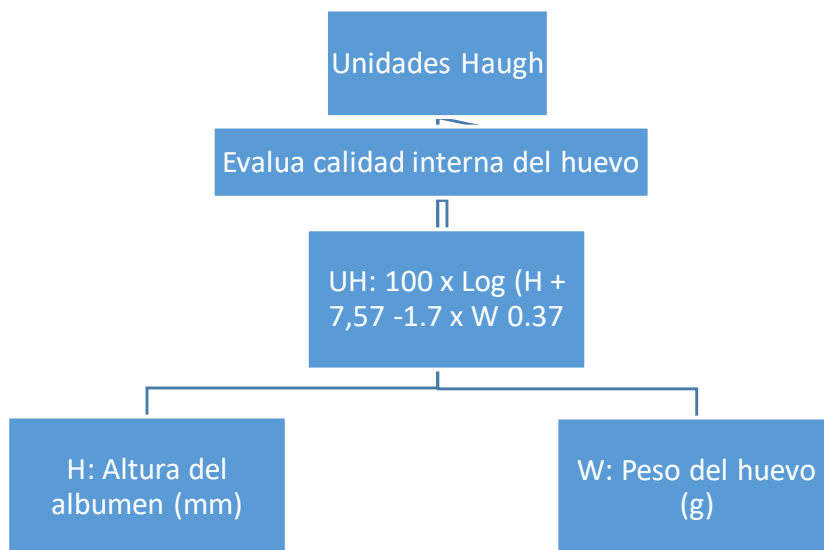


Figura 4. Evaluación de las Unidades Haugh

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Peso del huevo

En la fig. 5 se observan los resultados obtenidos del peso de huevo en gramos evaluados durante las 64 a 84 semanas de producción, donde no se observaron diferencias estadísticas entre sí (≥ 0.05), donde el peso fue para LIP1 61.3 ± 5.3 , LIP0.05 59.1 ± 5.5 y TT 60.4 ± 6.1 . Resultados contrarios a los de Perrotta et al. (2024), donde encontraron efecto sobre uso de ácido cítrico y propionato de calcio a dosis de 172-167 g por tonelada respectivamente mejoró el peso del huevo respecto al grupo control, esto también pudiese atribuirse que la utilización de ácido cítrico trabaja mejor en conjunto con el propionato de calcio.

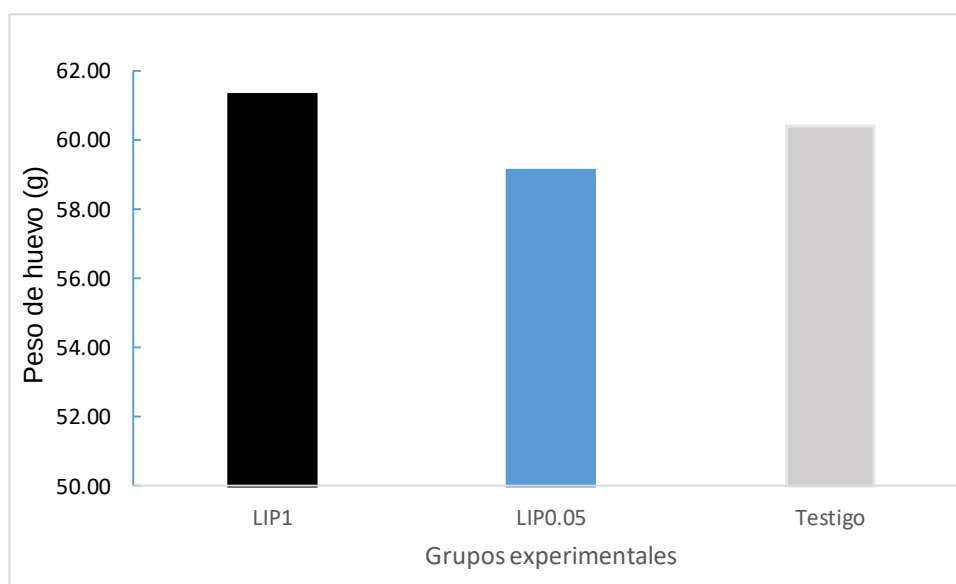


Figura 5. Peso promedio de huevo

4.3 Grosor del cascarón

Por otro lado, en la fig.6 se observan resultados obtenidos sobre el grosor de cascarón (mm), evaluados durante el periodo experimental, los cuales para LIP1 0.27 ± 0.1 , LIP0.05 0.25 ± 0.1 y TT 0.24 ± 0.1 , en el cual entre grupos no se encontraron diferencias estadísticas entre ellos ($p \geq 0.05$). Los ácidos orgánicos tienen un papel en la promoción de la absorción de calcio y fósforo, el cual contribuye a mejorar la integridad de la cáscara y la resistencia esquelética,

factores críticos para mantener un rendimiento de puesta a largo plazo (Ebeid & Al-Homidan, 2022; Lee et al., 2025). Esto pudiese haberse atribuido a nuestros resultados donde la adición del ácido orgánico en el caso de propionato de calcio mejoro la calidad del cascarón respecto al grupo testigo.

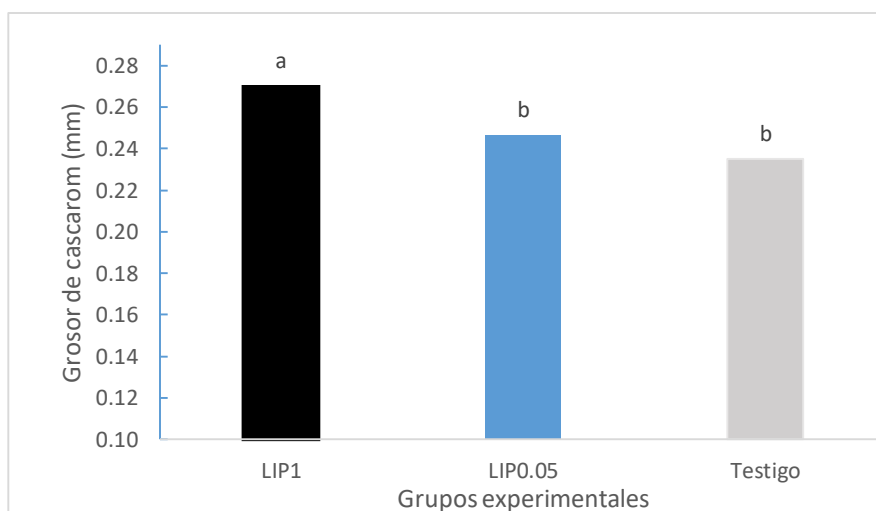


Figura 6. Grosor del cascaron (mm), evaluados durante el periodo experimental, utilizando en la ración de gallinas de postura un precursor gluconeogénico, en un sistema libre de jaula. Diferentes literas indica diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$).

4.4 Porcentaje del índice de la yema

Respecto a la variable del porcentaje de índice forma en el huevo, se detalla en la fig.7, evaluados durante el periodo experimental, los cuales los resultados fueron los siguientes: LIP1 35.2 ± 8.3 , LIP0.33.6 ± 9.3 y TT 37.4 ± 7.8 , en el cual entre los grupos experimentales se observaron diferencias estadísticas entre ellos ($p \leq 0.05$). En donde se observa un mejor índice yema en el tratamiento testigo, sin embargo, el tratamiento LIP1, se mantiene en los rangos aceptables, el índice de la yema está influenciado principalmente por el contenido de proteínas de la dieta, que puede estimular la formación de vitelina de la membrana, la cual regula la transferencia de agua entre la yema y la clara (Sandi et al., 2022).

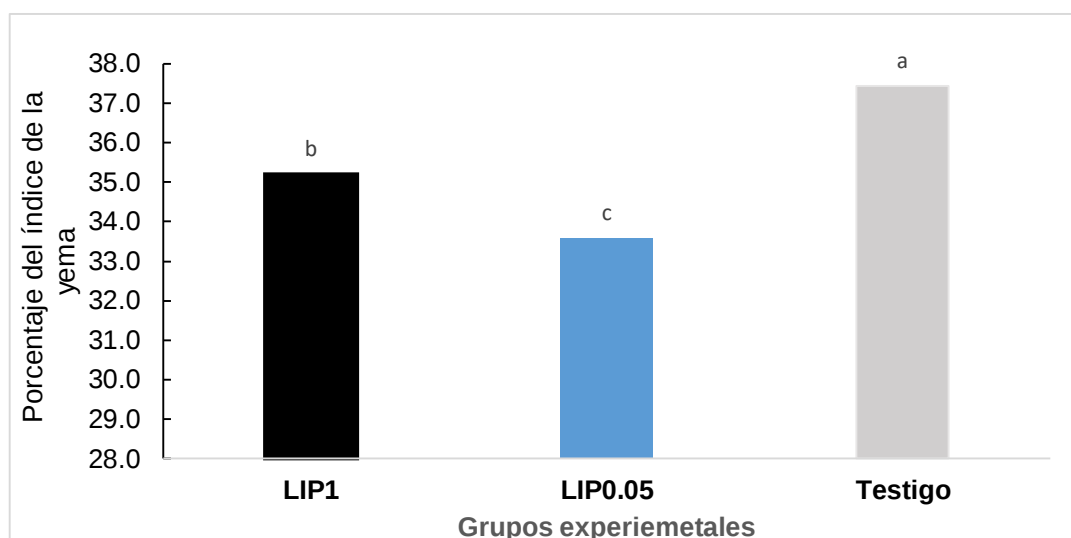


Figura 7. Porcentaje del índice de yema del huevo, evaluados durante el periodo experimental, utilizando en la ración de gallinas de postura un precursor gluconeogénico, en un sistema libre de jaula. Superíndices diferentes (a, b y c), indican diferencias estadísticas entre grupos experimentales.

4.5 Color de la yema

El color de la yema en el huevo, el cual se observa en la fig.8, evaluados durante el periodo experimental, los cuales los resultados fueron los siguientes: LIP1 10.1 ± 8.3 , LIP0 10.3 ± 0.9 y TT 10.4 ± 0.8 , en el cual entre los grupos experimentales no se observaron diferencias estadísticas entre ellos ($p \geq 0.05$). Sin embargo, estudios demuestran lo contrario donde observaron una mejora sobre la coloración de la yema, probablemente a la combinación ácidos orgánicos y probióticos, lo cual sugieren que esta combinación mejora la absorción de nutrientes debido que esta combinación podría estar relacionada con una mayor absorción de betacaroteno (Sandi et al., 2022).

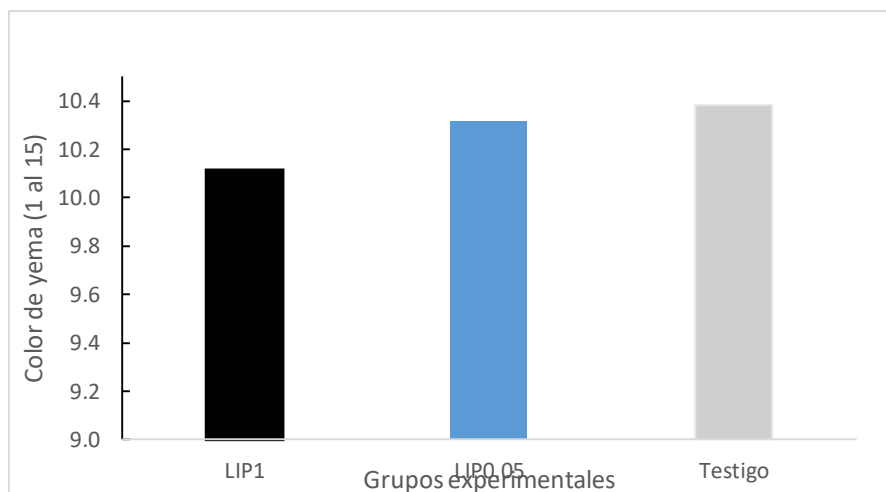


Figura 8. Color de la yema (1 al 15), evaluados durante el periodo experimental, utilizando en la ración de gallinas de postura un precursor gluconeogénico, en un sistema libre de jaula.

4.6 Unidades Haugh

Unas de las variables que indican la frescura del huevo es la medición de las unidades Haugh, las cuáles conforman una escala de 0 a 110 donde a menor valor, mayor es el envejecimiento del huevo. (NMX-FF127-SCFI, 2016). En este experimento los huevos evaluados de gallinas de 64 a 84 semanas de edad los resultados mostraron que el LIP1 (69.9 ± 1.1), fue el grupo que obtuvo valores más alto respecto a los otros grupos experimentales, LIP0.05 (69.2 ± 1.2) y TT (68.9 ± 1.6), Fig. 9 ($p \leq 0.05$). Estos hallazgos son similares a investigaciones que utilizaron ácidos orgánicos que contenían un acidificante líquido cuyos componentes principales eran ácido 2-hidroxi-4-metiltiobutírico $\geq 30,0 \%$, ácido láctico $\geq 24,2 \%$ y ácido fosfórico $\geq 23,8 \%$, encontraron en sus hallazgos que el uso de los ácidos orgánicos mejoró las unidades Haugh respecto al grupo testigo (Zhang et al., 2025), estos resultados demuestran que el uso de ácidos orgánicos puede mejorar la calidad interna del huevo, específicamente los valores de la unidad Haugh, los cuales los ácidos orgánicos mejoran la calidad de la albúmina mediante una mayor absorción de nutrientes y una mayor capacidad antioxidante (Aliverdi-Nasab et al., 2023), además estudios con otras especies de aves patos incluir ácidos orgánicos más probióticos mejoró de igual manera este parámetro (Sandi et al., 2022).

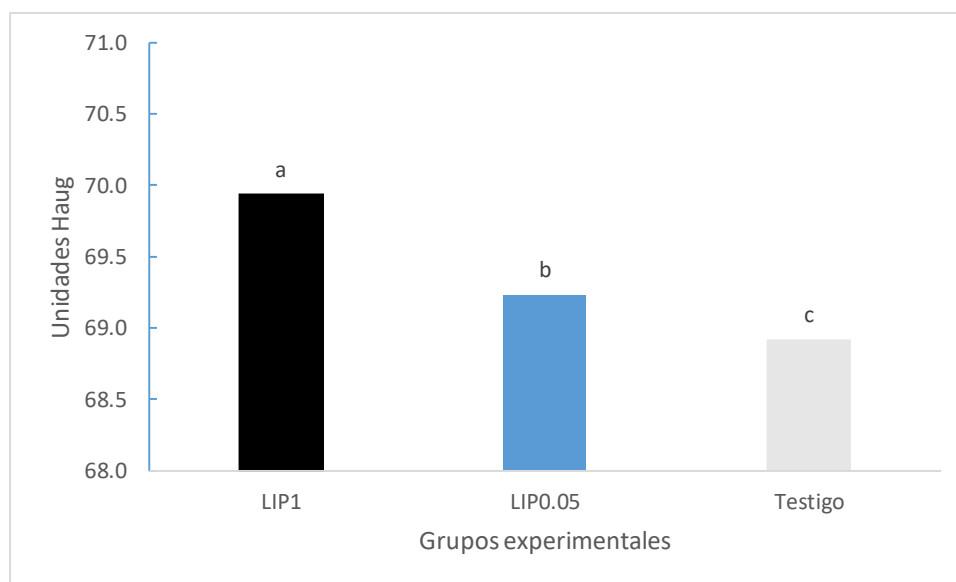


Figura 9. Unidades Haugh, evaluadas durante el periodo experimental, utilizando en la ración de gallinas de postura un precursor gluconeogénico, en un sistema libre de jaula. Superíndices diferentes (a, b y c), indican diferencias estadísticas entre grupos experimentales.

V. CONCLUSIÓN

Finalmente, en esta investigación se demostró que la utilización de un precursor gluconeogenico (ácido orgánico), mejoró el grosor del cascaron y las unidades Haugh de gallinas viejas en un sistema libre de jaula. Mostrando diferencias en el grosor del cascarón y las unidades Haugh en comparación con el grupo testigo, lo que es una mejoría en la resistencia del cascaron del huevo y en la calidad interna del huevo. Así como también el peso del huevo y la coloración de la yema no presentaron muchas diferencias entre tratamientos, por lo que el aditivo no modifico estos parámetros. El índice de yema, mejoro en el grupo testigo presento valores altos a los del tratamiento de lipofeed. Esto nos aportó muy buenos resultados obtenidos que nos permitieron concluir que el uso orgánico del precursor gluconeogénico puede ser de gran ayuda para la calidad física del huevo, primordialmente en el cascaron y su calidad interna. Lo que podemos considerar una alternativa de suplementación con potencial para un mantenimiento y mejoramiento de calidad de huevo.

Se sugiere realizar más investigaciones con combinaciones de otros aditivos con ácidos orgánicos en los sistemas alternativos de producción, con el propósito de evaluar la inclusión de ácidos orgánicos en combinación con otros aditivos nutricionales. Así como también poder evaluar sus periodos de suplementación y condiciones de manejo de sistema de producción que mejoren la calidad del huevo en gallinas ponedoras.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abbas, M., Abbas, G., Fatima, Hashmi, A. H., Jaffery, S., Li, Y., Zhao, G., & Xihe, L. (2026). Sustainable AGP alternatives: a systems approach to non-antibiotic growth regulators standardization, synergistic formulation and environmental safety. In *Frontiers in Veterinary Science* (Vol. 12). Frontiers Media SA. <https://doi.org/10.3389/fvets.2025.1695160>
- Aliverdi-Nasab, K., Zhandi, M., Yousefi, A. R., Zahedi, V., & Rafieian-Naeini, H. R. (2023). The effect of acidifier supplementation on egg production performance and intestinal histology of Japanese quail (*Coturnix japonica*). *Veterinary Medicine and Science*, 9(1), 263–271. <https://doi.org/10.1002/vms3.1043>
- Alfonso Carrillo.; Benavides Reyes, C.; de los Mozos, J.; Domínguez Gasca, N.; Sanchez Rodriguez, E.; Garcia Ruiz, A.I.; Rodriguez Navarro, A.B. Relationship between Bone Quality, Egg production and Eggshell Quality in Laying Hens at the End of an Extended Production Cycle (105 Weeks). *Animals* 2021,11,623.
- Adhikari, R., White, D., House, J. D., & Kim, W. K. (2020). Effects of additional dosage of vitamin D₃, vitamin D₂, and 25-hydroxyvitamin D₃ on calcium and phosphorus utilization, egg quality and bone mineralization in laying hens. *Poultry Science*, 99(1), 364-373. <https://doi.org/10.3382/ps/pez502>.
- Adewole, D., Oladokun, S., Santin, E. (2021). Effect of organic acids essential oils blend and oat fiber combination on broiler chicken growth performance, blood parameters, and intestinal health. *Animal Nutrition* 7: 1039-1051.
- Abeyrathne, Edirisingha Dewage, Nalaka Sandun, Ki-Chang Nam, Xi Huang, Dong Uk Ahn (2022) Egg yolk lipids: separation characterization and utilization, *Food Science and Biotechnology*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35992319/>
- Cao, Y., Xun, M., Ren, S., & Wang, J. (2022). Effects of dietary organic acids and probiotics on laying performance, egg quality, serum antioxidants and expressions of reproductive genes of laying ducks in the late phase of production. *Poultry Science*, 101(12), 102189. <https://doi.org/10.1016/J.PSJ.2022.102189>
- Chen X, He Z, Li X, Song J, Huang M, Shi X, et al. Cuticle Deposition Duration in the Uterus Is Correlated With Eggshell Cuticle Quality in White Leghorn Laying Hens. *Sci Rep* (2021) 11:1-12.doi:10.1038/s41598-021-01718-0.
- Chavarría-Zamora, S., Chacón-Villalobos, A. y Wing Ching Jones, R. (2021). Efecto del alojamiento de las gallinas (pastoreo, piso y jaula) sobre ácidos

grasos, consumo, y percepción sensorial de sus huevos. Cuadernos de Investigación UNED, 13(1), 31-40.

Chen cheng, Shuen-Ei chen, Ling-chu chang, Rosemary L. Walzem, Hsu-Chen Cheng, Shuen-Ei Chen (2025). Ovarian expression of functional MTTP and apoB for VLDL assembly and secretion in chickens, Poultry Science, 104, 104993.

Cheng, X. & Ning, Z. (2023). Research progress on bird eggshell quality defects: a review. Poultry Science, 102(1). DOI:10.1016/j.psj.2022.102283

Ebeid, T. A., & Al-Homidan, I. H. (2022). Organic acids and their potential role for modulating the gastrointestinal tract, antioxidative status, immune response, and performance in poultry. In *World's Poultry Science Journal* (Vol. 78, Number 1, pp. 83–101). Taylor and Francis Ltd. <https://doi.org/10.1080/00439339.2022.1988803>

Elnesr, S. S., Mahmoud, B. Y., Da Silva Pires, P. G., Moraes, P., Elwan, H. A. M., El-Shall, N. A., El-Kholy, M. S., & Alagawany, M. (2024). Trace minerals in laying hen diets and their effects on egg quality. Biological Trace Element Research, 202(12), 5664-5679. <https://doi.org/10.1007/s12011-024-04121-8>.

Efsa Feedap Panel, Villa, R. E., Azimonti, G., Bonos, E., Christensen, H., Durjava, M., et al. (2024). Assessment of the feed additive consisting of propionic acid for all terrestrial animal species for the renewal of its authorisation (Eastman Chemical B.V., Perstorp AB, Dow Europe GmbH, BASF SE). EFSA Journal, 22(10), e9020.

Guerra CB, Zometa RA. 2021. Efecto de la interacción de la granulometría del calcio y ácido propiónico en la productividad y calidad del huevo de gallinas ponedoras Hy-Line Brown® [Proyecto Especial de Graduación]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. spa; [consultado el 11 de ago. de 2023].

Guerrero D. S. M.; Naranjo S. F.; Guerrero S. J. A.; Flórez C. J. C.; González N. F. G. 2023. Evaluación de la calidad interna, externa y vida útil del huevo comercial en condiciones de trópico. Artículo de investigación, Universidad Cooperativa de Colombia, Medicina Veterinaria y Zootecnia, Bucaramanga.

Han, C., Chen, Y., Shi, L., Chen, H., Li, L., Ning, Z., Zeng, D., & Wang, D. (2023). Advances in eggshell membrane separation and solubilization technologies. Frontiers in Veterinary Science, 10, 1116126. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1116126>.

- Helal, M., Makihara, N., & Iwasawa, A. (2025). A Concise Review of Factors Limiting Yolk Sac Nutrient Utilization in Chicken Embryos. *Research on Animal Science*, 13(1), 20–31.
- Iñiguez Heredia FA, Espinoza Bustamante XE, Galarza Molina EL. Uso de prebióticos y ácidos orgánicos como estimulantes del desarrollo de aves de engorde: artículo de revisión. *Revista Alfa*. 2021 May 4;5(14):166-72.
- Inca JS, Martínez DA, Vilchez C. Phenotypic correlation between external and internal egg quality characteristics in 85-week-old-laying hens. *Int. J. Poultry Sci.* 2020;19: 346-355. <https://doi.org/10.3923/ijps.2020.346.355>.
- Jabalera, Y., Dominguez-Gasca, N., Muñoz, A., Hincke, M., Jimenez-Lopez, C., & Rodríguez-Navarro, A. (2022). Antimicrobial defenses of table eggs: Importance of antibacterial proteins in egg white as a function of hen age in an extended production cycle. *Food Microbiology*, 107, 104068.
- Koç, B., Koç, M., & Kaymak Ertekin, F. (2023). Spray drying of egg components. In *Spray Drying for the Food Industry: Unit Operations and Processing Equipment in the Food Industry* (pp. 223–241). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819799-8.00007-7>
- Kim, D.; Lee, Y.; Lee, S.; Lee, K. Impact of relative humidity on the laying performance, egg quality, and physiological stress responses of laying hens exposed to high ambient temperature. *J. Therm. Biol.* 2022, 103, 103167. [CrossRef] [PubMed].
- Saleem K, Saima, Rahman A, Pasha TN, Mahmud A, Hayat Z. Effects of dietary organic acids on performance, cecal microbiota, and gut morphology in broilers. *Trop Anim Health Prod.* 2020; 52(6):3596. <https://doi.org/10.1007/s11250-020-02396-2>
- Sheng, L., et al. (2022). Functional Properties and Extraction Techniques of Chicken Egg White Proteins. *Foods*, 11(16), 2434. <https://www.mdpi.com/2304-8158/11/16/2434>.
- Lee, J., Oh, S., & Heo, J. M. (2025). Application of dietary organic acids in laying hens production: a comprehensive review. *Journal of Animal Science and Technology*, 67(6), 1185–1206. <https://doi.org/10.5187/jast.2500224>
- Li H Zhao L, Liu S, Zhang Z, Wang X and Lin H. Propionate inhibits fat deposition via affecting feed intake and modulating gut microbiota in broilers. *Poultry Science*, 100:235-245. 2021.
- Linares, I. (Junio de 2020). Inclusión de una mezcla de sustratos gluconeogénicos como fuente energética en dietas para gallinas de postura de segundo ciclo. Obtenido de Avicultura.mx:

<https://www.avicultura.mx/destacado/Inclusion-de-unamezcla-de-sustratos-gluconeogenicos-como-fuente-energetica-en-dietas-paragallinas-de-postura-de-segundo-ciclo>.

- Leong, H.-Y., Cheng, K.-K., Sim, J.-C., Wong, R.-F., & Othman, N. Z. (2023a). Hyaluronic Acid Extraction from Eggshell Membrane with Papain and Bromelain. *Journal of Bioprocessing and Biomass Technology*, 2(2), 25–28.
- Malena Landoni, Maximiliano Rodríguez, Alicia S. Couto. Unveiling the presence of O-glycosylation in different glycoproteins present in chicken egg white. (2024). *Food Bioscience*, 59, 103938.
- Mata Estrada, A., González cerón, F., Pro Martínez, A., Torres Hernández, G., Bautista Ortega, J., Vargas Galicia, A. J., Becerril Pérez, C. M., & Sosa Montes, E. (2023). Caracterización del sistema de producción avícola de traspatio en el estado de Campeche, México. *Agricultura, sociedad y Desarrollo*, 20(2), 125-138. <https://doi.org/10.22231/asyd.v20i2.893>
- Martínez Solórzano, C. V. (2020, septiembre). Anatomía de huevo. Universidad de El Salvador. <https://www.studocu.com/latam/document/universidad-de-el-salvador/anatomia-animal-ii/ciclo-y-estructura-de-huevo/9092301>.
- McClelland, S. C., Cassey, P., & Maurer, G. (2021). How much calcium to shell out? Eggshell calcium carbonate content is greater in birds with thinner shells, larger clutches and longer lifespans. *Journal of the Royal Society Interface*, 18(182), 20210502.
- Okey, S. N. (2023). *Classification of Feed Additives Used in Poultry and Livestock Production: A Review* (Vol. 1, Number 2).
- Pearlin, B. V., Muthuvel, S., Govidasamy, P., Villavan, M., Alagawany, M., Ragab Farag, M., Dhama, K., & Gopi, M. (2020). Role of acidifiers in livestock nutrition and health: A review. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 104(2), 558–569. <https://doi.org/10.1111/jpn.13282>
- Perrotta, C. H., Boeris, V., Alvarez, C., Viola, N., Savoy, J. P., Advinculo, S., & Antruejo, A. (2024). Efecto de acidificantes en la dieta de gallinas sobre la postura, conversión alimenticia, peso de huevo y calidad de cascara. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 7(4), e76070. <https://doi.org/10.34188/bjaerv7n4-145>
- Pires, P., Bavaresco, C., Prato, B., Wirth, M., & Moraes-Olviera, P. (2021). The relationship between egg quality and hen housing systems - A systematic review. *Livestock Science*, 250. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104597>

- Pérez, M. A., Gómez, J. L., & Rodríguez, C. M. (2022). Valor nutricional y funcionalidad de la harina de cáscara de huevo en productos horneados. *Revista de Ciencia y Tecnología de los Alimentos*, 22(3), 123-130. doi:10.1234/5678.
- Pal M, Molnár J. The role of eggs as an important source of nutrition in human health. *Int J Food Sci Agric.* (2021) 5:180–2. doi: 10.26855/ijfsa.2021.03.023
- Pu et al. (2023). Quantitative proteomic analysis of chicken egg white and its components. *Food Research International*, 170, 113019. DOI: 10.1016/j.foodres.2023.113019. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37316084/>
- Pires, P. G. da S., Bavaresco, C., Oliveira, G. da S., Santos, V. M. dos, Santos, B. R. C. dos, Peripolli, V., & Moraes, P. de O. (2025). Egg production of laying hens housed in alternative systems under field conditions. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 26. <https://doi.org/10.1590/20250022>
- Sandi, S., Sari, M. L., Yosi, F., Sahara, E., Maharani, B. P., Asmak, A., Rofiq, M. N., & Ali, A. I. M. (2022). Organic acid and probiotic derived from grass silage improved egg quality in Pegagan laying duck: a research note. *Tropical Animal Health and Production*, 54(1), 65. <https://doi.org/10.1007/s11250-022-03060-7>
- Scicutella, F., Mannelli, F., Daghighi, M., Viti, C., & Buccioni, A. (2021). Polyphenols and Organic Acids as Alternatives to Antimicrobials in Poultry Rearing: A Review. *Antibiotics*, 10(8), 1010. <https://doi.org/10.3390/antibiotics10081010>
- Suarez, T., Badillo, A., Guzmán, C., Mercado, J., & Trejo, L. (2023). beneficios a la salud de sus componentes funcionales y nutricionales del huevo. *Educación y Salud Boletín Científico Instituto de Ciencias de la Sal*.
- Song, M., Jiao, H., Zhao, J., Wang, X., Li, H., Wang, P., Ma, B., Sun, S., & Lin, H. (2022). Dietary Supplementation of Calcium Propionate and Calcium Butyrate Improves Eggshell Quality of Laying Hens in the Late Phase of Production. *The Journal of Poultry Science*, 59(1), 0200127. <https://doi.org/10.2141/jpsa.0200127>
- Tinoco-Jaramillo, J., González-Razo, F. & Pineda-Pérez-Núñez, J. (2024). “Evaluación financiera de granja de gallinas camperas para producción de huevo contra producciones convencionales.” *Revista Mexicana de Agronegocios*, 55, 71–79.

- UNA. (2025). *Unión Nacional de Avicultores*. <https://una.org.mx/indicadores-economicos-2/>
- Unveiling the presence of O-glycosylation in different glycoproteins present in chicken egg white. (2024). *Food Bioscience*, 59, 103938.
- Verma, P. K., Pankaj, N. K., Raina, R., Singh, S. P., Manhas, L., & Tukra, S. (2024). Feed additives Used In veterinary practice. *Journal of Veterinary Pharmacology and Toxicology*, 23, 14–26.
- Varona, E., A. Tres, M. Rafecas, S. Vichi, A. C. Barroeta, And F. Guardiola. 2021. Composition and nutritional value of acid oils and fatty acid distillates used in animal feeding. *Animals* 11:196.
- Wang, H.; Ge, Y.; Zhang, L.; Wei, Y.; Li, Q.; Zhang, X.; Pan, Y. The pigments in eggshell with different color and the pigment regulatory gene expression in corresponfig chicken's Shell gland. *Animal* 2023, 17, 100776. [CrossRef].
- Yang, Y. Y., Dai, D., Zhang, H. J., Wu, S. G., Qi, G. H., & Wang, J. (2025). The characterization of uterine calcium transport and metabolism during eggshell calcification of hens laying high or low breaking strength eggshell. *Poultry Science*, 104(6), 105111.
- Yin, Z. T., Lian, L., Zhu, F., Zhang, Z. H., Hincke, M., Yang, N., & Hou, Z. C. (2020). The transcriptome landscapes of ovary and three oviduct segments during chicken (*Gallus gallus*) egg formation. *Genomics*, 112(1), 243–251. DOI: 10.1016/j.ygeno.2019.02.003.
- Zeng, H., Zhang, Y., Guo, X., Shen, J., Wang, F., Ji, X., Xu, Q., Yang, H., & Xiao, Y. (2026). Comparative analysis of quality characteristics and flavor compounds in caged and cage-free eggs based on untargeted flavoromics. *Food Chemistry: X*, 35, 103840. <https://doi.org/10.1016/J.FOCHX.2026.103840>
- Zhang et al. (2023). The physicochemical features of eggshell, thick albumen, amniotic fluid, and yolk during chicken embryogenesis. *Poultry Science*, 102(12), 103119.
- Zhang, B., Du, L., Yu, T., Zhang, K., Zhao, R., Yang, C., & Song, X. (2025). Impact of Drinking Water Supplemented with Complex Acidifiers on Production Performance, Egg Quality, Physiological and Biochemical Indicators, and Microbial Flora of BIAN Chickens. *Life*, 15(11). <https://doi.org/10.3390/life15111700>
- Zhang, Y., Pham, H. M., & Tran, S. D. (2024). The Chicken Egg: An Advanced Material for Tissue Engineering. *Biomolecules*, 14(4), 439.

- Zhou, Y., Qiu, N., Mine, Y., Keast, R., & Meng, Y. (2021). Comparative N-Glycoproteomic Analysis Provides Novel Insights into the Deterioration Mechanisms in Chicken Egg Vitelline Membrane during High-Temperature Storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 69(7), 2354–2363.
- Zhao L, Lui S, Zhang Z, Zhang J, Jin X, Zhang J, Jiang W, Li H and Lin H. LOw and high concentrations of butyrate regulate fat accumulation in chicken adipocytes via different mechanisms. *Adipocyte*, 9: 120-131. 2020.