



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

**“Comparación en las características morfométricas del huevo crudo y cocido de gallinas Brown Nick de dos diferentes edades”**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA**

PRESENTA

**Pedro Noguez Bautista**

ASESORES

**Dr. Juan Edrei Sánchez Torres**

**Dr. Ignacio Arturo Domínguez Vara**

**Dra. Johana Paola Galeano Díaz**

**El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca Estado de México; enero 2026.**

## DEDICATORIA

## **AGRADECIMIENTOS**

## CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN	8
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	10
2.1.	Ciclo de vida de una gallina de postura	10
2.2.	Producción y características nutricionales del huevo	10
2.3.	Líneas genéticas que se utilizan en la producción de huevo	12
2.3.1.	Líneas de Postura Blanca	12
2.3.1.1.	Leghorn Blanca	12
2.3.1.2.	Hy-Line W-36	13
2.3.1.3.	Dekalb White	14
2.3.1.4.	Shaver White	15
2.3.2.	Líneas de Postura Marrón	16
2.3.2.1.	Lohmann Brown	16
2.3.2.2.	Hy-Line Brown	16
2.3.2.3.	ISA Brown	17
2.3.2.4.	Shaver Brown	17
2.3.2.5.	Bovans Brown	18
2.3.2.6.	Brown Nick	19
2.4.	Clasificación del huevo (tamaño)	20
2.4.1.	NOM-159-SSA1-206	20
2.4.2.	NMX-FF-127-SCFI-2016	20
2.5.	Características del huevo	21
2.5.1.	Altura	21
2.5.2.	Ancho	21
2.5.3.	Circunferencia alto y ancho	21
2.5.4.	Índice de forma	22
2.5.5.	Volumen	22
2.5.6.	Área	23
2.6.	pH del huevo cocido	23
2.6.1.	Clara	23
2.6.2.	Yema	24

2.7.	Modo de preparación del huevo	24
2.7.1.	Huevo hervido	24
2.7.2.	Huevo frito	25
2.7.3.	Huevo escalfado	25
2.7.4.	Huevo revuelto	25
2.8.	Análisis TPA	25
2.8.1.	Dureza	25
2.8.2.	Elasticidad	26
2.8.3.	Cohesividad	26
2.8.4.	Masticabilidad	26
2.9.	Color de la yema	26
2.9.1.	Valor L* (luminosidad)	27
2.9.2.	Valor a* (eje rojo-verde)	27
2.9.3.	Valor b* (eje amarillo-azul)	27
2.10.	Fuerza de corte en alimentos	27
2.10.1.	Fuerza de corte en carnes	28
2.10.1.1.	Carne de res	28
2.10.1.2.	Carne de cerdo	28
2.10.1.3.	Carne de pollo	28
2.10.1.4.	Carne de cordero	29
2.10.1.5.	Huevo cocido.	29
III.	JUSTIFICACIÓN	30
IV.	HIPOTESIS	31
V.	OBJETIVOS	32
	Objetivo general	32
	Objetivos específicos	33
VI.	MATERIALES Y MÉTODOS	34
6.1.	Animales Experimentales	34
6.2.	Tratamientos	34
6.3.	Calidad interna del huevo cocido	34
6.3.1.	Peso del huevo crudo y cocido	34

6.3.2. Características morfológicas del huevo cocido	34
6.3.3. Peso del cascarón, yema y clara del huevo cocidos	34
6.3.4. Grosor del cascarón	35
6.3.5. Color de yema y clara cocidos	35
6.3.6. pH de yema y clara cocidos	35
6.3.7. Fuerza de corte de yema y clara cocidos	35
6.4. Diseño experimental	36
VII. LÍMITE DE ESPACIO	37
VIII. LÍMITE DE TIEMPO	38
IX. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	39
X. CONCLUSIONES	47
XI. LITERATURA CITADA	48

## INDICE DE CUADROS

<b>CUADRO</b>	<b>TÍTULO</b>	<b>Página</b>
1.	Características morfométricas del huevo crudo de gallinas Brown Nick de dos diferentes edades .....	40
2.	Características internas del huevo cocido de gallinas Brown Nick de dos diferentes edades.....	41
3.	pH de yema y clara cocida en gallinas Brown Nick de dos diferentes edades .....	43
4.	Análisis de TPA en huevo cocido en gallinas Brown Nick de dos diferentes edades .....	45
5.	Color de yema y clara cocidas en gallinas Brown Nick de dos diferentes edades .....	46
6.	Fuerza de corte del huevo y sus componentes en gallinas Brown Nick de dos diferentes edades .....	48

## I. Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar las características físicas y químicas del huevo comercial en gallinas de postura (Brown Nick) de dos diferentes edades alimentados con una dieta comercial. Se utilizaron 192 gallinas de 30 semanas de vida y 192 gallinas de 168 semanas de vida, las cuales fueron alojadas en jaulas elevadas (4 gallinas por jaula). Las variables que se midieron fueron las siguientes: Peso del huevo crudo y cocido, altura y ancho del huevo, peso del cascaro, yema y clara cruda y cocida, grosor del cascaron, color de yema y clara, pH de yema y clara, Fuerza de corte de yema y clara cocida. Se observo que en el ancho vernier (mm), circunferencia (cm), volumen (cm<sup>3</sup>) y área (cm<sup>2</sup>) los valores más altos (P<0.05) se encontraron en gallinas con 168 semanas. Por otro lado, en el índice de forma fue mayor (P<0.05), en gallinas con 30 semanas en comparación de gallinas de 168 semanas. Por otro lado, en el peso cascaron cocido (g), peso yema (%) y peso cascaron cocido (%), los valores más altos (P<0.05), se observaron en gallinas con 168 semanas. Mientras que en el peso clara cocida (g) y peso clara cocida (%), los valores más altos (P<0.05) se encontraron en gallinas con 30 semanas en comparación de gallinas de 168 semanas. El valor de pH clara cocida presento un valor más alto (P<0.05) en gallinas con 30 semanas en comparación con gallinas de 168 semanas. Se concluye que Las gallinas de 168 semanas presentaron mayor ancho, volumen y área del huevo, mientras que las de 30 semanas mostraron un índice de forma más alargado; y a la vez, tuvieron mayor proporción de clara. Mientras que las gallinas de 168 semanas destacaron por un mayor peso relativo de la yema y el cascarón presento una mayor pérdida de peso en el proceso de cocimiento.

**Palabras clave:** Características morfométricas, huevo, gallinas Brown Nick, fuerza de corte

## II. INTRODUCCIÓN

El consumo per cápita de huevo varía significativamente en el mundo: en promedio se consumen unos 161 huevos al año por persona (equivalente a unos 10.4 kg por persona en 2021) (FAO & International Egg Commission. (2018). México destaca como el país con mayor consumo, con aproximadamente 368 huevos por persona al año (alrededor de 21 kg) (FAO–OECD. (2022).

El huevo es un alimento de origen animal rico en proteínas de alto valor biológico, ácidos grasos, vitaminas y minerales esenciales; aporta aproximadamente 140 kcal por cada 100 g (aproximadamente 70 kcal por huevo mediano). Además, representa una alternativa económica en comparación con otras fuentes animales de proteína.

Actualmente en el mercado existen diferentes líneas genéticas que se utilizan en la producción de huevo, las cuales muestran diferencias en las características externas e internas del huevo (Ferryhough *et al.*, 2020) para lo cual se toman en cuenta parámetros como: longitud del huevo, ancho del huevo, peso del huevo, color de la yema, peso de la yema, peso de la clara, altura de la yema, altura de clara densa y que, además, indican el periodo de tiempo después de la postura (Ahmad *et al.*, 2019).

Existen evidencias de que la edad de la gallina también influye en las características morfométricas del huevo, siendo huevos alargados provenientes de gallinas jóvenes, mientras que, los huevos provenientes de gallinas viejas son más redondos (Kabir *et al.*, 2012).

El consumo de huevo por parte de los consumidores es diverso, ya que, pueden cocinarse de diferentes maneras, siendo las principales formas de preparación en México: frito y hervido (Lopez *et al.*, 2014).

Aunque existen diversos alimentos que se preparan con huevo hervido, no existe una metodología única para el tiempo del cocinado del huevo, esto depende, de la combinación con otros alimentos con los que se vayan a preparar.

Durante el proceso de cocción del huevo, las proteínas internas cambian de estructura, lo que conlleva un cambio de forma y estructura dando mayor rigidez tanto a la clara como a la yema (Shin, *et al.*, 2013).

Actualmente existen diversos métodos de evaluación de textura en los alimentos, los cuales nos ayudan a evaluar diversos parámetros como: dureza, fragilidad, cohesión, elasticidad, gomosidad y masticabilidad, los cuales se realizan principalmente en frutas (Peleg., 2019), sin embargo, no existe literatura que nos indique los valores de esas variables en huevo cocido.

Por lo tanto, el objetivo del presente estudio es evaluar las características externas e internas de huevo crudo y cocido provenientes de gallinas Brown Nick de dos diferentes edades.

### **III. Revisión de literatura.**

#### **3.1. Ciclo de vida de una gallina de postura**

El ciclo de vida de una gallina de postura se divide en varias etapas clave, comenzando con la fase de cría (0 a 18 semanas), durante la cual se desarrollan los sistemas óseo, digestivo y reproductivo, y se requiere una dieta balanceada en energía, proteína y minerales para garantizar un crecimiento uniforme (Leeson & Summers, 2009; Engberg *et al.*, 2004). En la fase de transición o pre-puesta (16 a 21 semanas), se incrementan los niveles de calcio, fósforo y proteína para fortalecer el hueso medular y preparar al ave para la producción de huevos, siendo esta una etapa crítica para establecer reservas minerales y estimular la madurez reproductiva (Bain *et al.*, 2016; Sujatha *et al.*, 2014). La puesta comienza alrededor de las 21 semanas y alcanza su punto máximo entre las 24 y 30 semanas, donde el índice de postura supera el 90 % si las condiciones de manejo y nutrición son adecuadas (Arifin, 2016). Posteriormente, la producción se mantiene estable hasta las 60 semanas, aunque con una reducción progresiva en la calidad del cascarón, lo cual exige ajustes nutricionales (Lilburn & Myers-Miller, 1990). Finalmente, con una adecuada estrategia de alimentación y manejo, el ciclo productivo puede extenderse hasta las 100 semanas, aunque esto requiere monitoreo constante del estado óseo y la calidad del huevo (Lohmann Breeders, 2020).

#### **3.2. Producción y características nutricionales del huevo.**

El huevo es una fuente económica de nutrientes para la dieta humana a bajo costo. El consumo de huevo se ha triplicado en los últimos 40 años, ya que la población lo ha incluido en su dieta utilizándolo en diversos platillos, siendo los principales países productores a nivel mundial: China, Estados Unidos, India, Japón y México. Por otro lado, los principales países productores en América son: Estados Unidos, México, Brasil, Colombia y Argentina.

El Huevo contiene 9 de los 10 aminoácidos esenciales: Histidina, Isoleucina, Leucina, Lisina, Metionina, Fenilalanina, Treonina, Triptófano y Valina, siendo una proteína de alta calidad y, que a la vez, los aminoácidos que contiene puede servir para el crecimiento corporal, producción de enzimas, hormonas, componentes del DNA y otros metabolitos, además contiene ácidos grasos poliinsaturados como el ácido alfa-linolenico y ácido linoleico que son ácidos grasos esenciales en la nutrición humana; Además, contiene ácido pentaenoico (EPA) y ácido docosahexaenoico (DHA) que son ácidos grasos de cadena larga que son componentes de fosfolípidos en la membrana celular que contribuye a la flexibilidad de la membrana celular y a la reducción de los niveles de colesterol en sangre; además, contiene vitaminas liposolubles como la A, D, E y K y vitaminas hidrosolubles como tiamina (B1), rivo flavina (B2), ácido pantoténico (B5), piridoxina (B6), biotina (B7), Ácido Fólico (B9), cianocobalamina (B12) y colina, los cuales son importantes en los procesos metabólicos a nivel celular; mientras que, es importante mencionar que contiene minerales como: calcio, Hierro, Magnesio, Fosforo, selenio, Sodio y Zinc.

Por lo antes mencionado, se recomienda el consumo de huevo en humanos, en todas las edades de vida, porque los nutrientes que contiene son de alta digestibilidad y, a la vez de alta biodisponibilidad biológica, el consumo de huevo se asocia con una mayor ingesta de energía, proteínas, colina total, luteína + zeaxantina, grasas y otros micronutrientes que favorecen un crecimiento de las personas que lo consumen (Papanikolaou y Fulgoni, 2018). Estudios realizados por Myers y Ruxton (2023) encontró un aumento en la síntesis de proteínas musculares y una reducción de la masa grasa debido al mayor consumo de huevos. Mientras que por otro lado, existen regiones en el mundo que el consumo de este producto es bajo, presentando menor prevalencia de personas con niveles de calcio, hierro, magnesio y vitaminas A, C y E por debajo de los requerimientos promedio estimados (Tiwari *et al.*, 2023).

### **3.3. Líneas genéticas que se utilizan en la producción de huevo**

Actualmente, en la producción de huevo se utilizan diferentes líneas genéticas que pueden producir huevo marrón o blanco, las cuales tienen características específicas, tanto en los rasgos de las aves como en las características externas e internas de los huevos que producen, las líneas genéticas que más se utilizan en México se presentan a continuación:

#### **2.3.1. Líneas de postura de huevo blanco**

##### **2.3.1.1. Leghorn Blanca**

La línea genética de postura Leghorn Blanca se caracteriza por su alta eficiencia productiva, siendo una de las líneas comerciales más utilizadas a nivel mundial para la producción de huevo blanco. En condiciones controladas, las gallinas de esta línea alcanzan un porcentaje de postura diario (Hen-Day Egg Production, HDEP) que varía entre 70 % y 88 %, dependiendo del ambiente, dieta y edad de las aves (Colas Chávez *et al.*, 2018; Itza-Ortiz *et al.*, 2016). Esta línea es capaz de sostener una alta producción con un pico sostenido que puede mantenerse durante varias semanas bajo un adecuado plan de manejo nutricional y ambiental.

El peso promedio del huevo en gallinas Leghorn se encuentra generalmente entre los 53 y 57 g, con incrementos graduales conforme avanza el ciclo de postura (Sartika & Iskandar, 2019). Estas aves pueden producir entre 280 y 320 huevos por año, lo que las posiciona como una de las estirpes con mayor productividad en sistemas intensivos (Sartika *et al.*, 2021).

Respecto a la eficiencia alimenticia, estas gallinas requieren menor cantidad de alimento por unidad de huevo producido en comparación con genotipos de mayor peso, especialmente cuando se emplean líneas pequeñas, donde se ha observado una conversión mejorada y un menor requerimiento calórico sin comprometer la producción total (Sartika *et al.*, 2021).

La suplementación nutricional ha mostrado efectos positivos en el rendimiento de esta línea genética. Colas Chávez *et al.* (2018) demostraron que la inclusión de hidrolizado de proteínas en dietas de gallinas Leghorn de la línea L1 a las 39

semanas de edad incrementó significativamente el porcentaje de postura, la eficiencia de conversión alimenticia y los parámetros de incubación, además de reducir el consumo de alimento por pollito de primera calidad.

Desde el punto de vista fisiológico, mantener la calidad de la cáscara y la salud ósea en aves Leghorn es esencial, especialmente en ambientes de alta temperatura ( $\geq 30$  °C). Zhang et al. (2022) recomiendan un aporte de calcio de 4,2 g/ave/día y una disponibilidad de fósforo no fitico de al menos 245 mg/día, lo cual mejora tanto la mineralización ósea como la resistencia estructural del huevo.

En términos genéticos, la Leghorn Blanca ha sido ampliamente utilizada en programas de selección por su precocidad sexual y alta heredabilidad de caracteres productivos. Polimorfismos en el gen PRL (prolactina) se han asociado con la edad al primer huevo y la tasa de postura en poblaciones seleccionadas. Las líneas enanas derivadas de Leghorn, pese a una leve reducción en tamaño de huevo y frecuencia de puesta, presentan una notable mejora en la conversión alimenticia, lo cual las hace atractivas en esquemas de producción sustentable (Sartika *et al.*, 2021).

Finalmente, esta línea es utilizada como base genética materna en híbridos comerciales de postura, dada su robustez fisiológica, eficiencia zootécnica y alta uniformidad en parámetros productivos (PortalVeterinaria, s.f.)

#### **2.3.1.2. Hy-Line W-36**

La Hy-Line W-36, derivada de White Leghorn, es una de las líneas de postura blanca más eficientes por su combinación de alta producción, calidad de huevo y conversión alimenticia. En estudios controlados en parvadas jóvenes (21-37 semanas), se identificó que una suplementación con ~3,35 % de grasa mejoraba significativamente la conversión sin afectar la calidad del huevo (Yuan, Wu, Bryant & Roland, 2009). Durante la fase de producción (55 semanas), el incremento de la energía en la dieta aumentaron la masa de huevo y eficiencia, aunque la rentabilidad no siempre fue favorable (Wu *et al.*, 2007). Asimismo, una evaluación extendida (19-70 semanas) evidenció respuestas lineales positivas en la producción diaria,

peso del huevo y eficiencia con dietas de mayor densidad energética y proteica, con un incremento en los costos de alimentación y peso corporal (Poultry Science Association, 2015). Desde el punto de vista genético, la generación más reciente de W-36 logró mejoras notables en persistencia de postura: +2 huevos hasta las 60 semanas y +6 hasta las 90 semanas, manteniendo excelente conversión y viabilidad (The Poultry Site, 2019). En ámbitos productivos comerciales, parentales W-36 sostienen tasas de puesta de 90-95 % desde las 24 hasta las 44 semanas, con mortalidad cercana al 1 % y cáscaras de alta resistencia (The Poultry Site, 2019). El manejo nutricional debe garantizar uniformidad en recría, control del peso y alimentación, incluyendo calcio en granulometría adecuada (2-4 mm) al ingreso a postura, para optimizar la calidad del cascarón (El Sitio Avícola, 2013). Además, tanto W-36 como su línea hermana W-98 requieren al menos 0,14 % de fósforo no fitico en dieta para mantener la productividad; niveles menores, de solo 0,10 %, reducen significativamente la producción de huevo (Sohail, Roland *et al.*, 2002).

#### **2.3.1.3. Dekalb White**

La línea Dekalb White, desarrollada por Hendrix Genetics, ofrece un rendimiento productivo elevado y sostenido: puede alcanzar hasta 500 huevos en 100 semanas de ciclo y en condiciones de jaula produce aproximadamente 486 huevos por ave alojada, con un pico de postura del 97 %, peso de huevo de 62,1 g y una conversión alimenticia de 2,03 kg de alimento por kg de huevo (Dekalb, s.f.; Hendrix Genetics, 2022). Su comportamiento dócil y alta viabilidad ( $\geq 93$  %) la hacen adecuada para sistemas alternativos, manteniendo peso de huevo, conversión y calidad de cáscara incluso en producción piso o libre (Dekalb, s.f.). En ensayos comparativos en Alemania, la Dekalb White superó a híbridos competidores en producción y mortalidad durante recría (1,6 % frente a 5–6 %), y mantuvo índices superiores de calidad interna hasta el fin del ciclo (Hendrix Genetics, 2022; Joice & Hill, 2021). Estudios en sistemas orgánicos revelan que pueden alcanzarse entre 503 y 521 huevos por ave alojada en ciclos prolongados (<99–100 semanas), lo que confirma su adaptabilidad y eficiencia en modelos de bienestar animal (Hendrix Genetics, 2021).

Para lograr este desempeño, es fundamental implementar un manejo nutricional riguroso durante la recría, asegurando uniformidad, control de peso y calidad de huevo desde el inicio de la postura (Dekalb, 2018).

#### **2.3.1.4. Shaver White**

La línea genética Shaver White se distingue por su elevada eficiencia alimenticia y persistencia productiva. En sistemas de jaula, alcanza un rendimiento de 484 huevos por ave alojada durante un ciclo de 18 a 100 semanas, con un pico de puesta del 97 %, peso promedio de huevo de 60,5 g, consumo diario de 105 g, conversión acumulada de 2,04 kg de alimento/kg de huevo, y una tasa de supervivencia del 94 % (Shaver, s.f.). En sistemas alternativos, los parámetros se mantienen: 479 huevos, pico del 96,5 %, consumo de 112 g/día, conversión de 2,20 kg/kg, y viabilidad del 93 %, sin afectación de la calidad del cascarón y las unidades Haugh (Shaver, s.f.). Además, esta línea ha demostrado producir hasta 500 huevos en ciclos de 100 semanas, lo que resalta su durabilidad y adaptabilidad en distintos sistemas de alojamiento (Shaver; Hendrix-ISA, s.f.). Desde el punto de vista nutricional, un estudio en gallinas Shaver White alimentadas con dieta baja en proteína (14-16 %) suplementada con isoleucina logró mantener o mejorar la producción diaria de huevo, peso, eficiencia alimenticia y calidad interna (Parenteau et al., 2020). En cuanto a salud ósea, las aves Shaver White mostraron mayor porcentaje y robustez en el hueso tibial que líneas marrones, así como una mejor concentración de ceniza ósea cuando se suplementaron con omega-3, aunque evidenciaron una mayor pérdida relativa de resistencia tibial de 18 a 42 semanas (Akbari-Moghaddam Kakhki *et al.*, 2020). Históricamente, esta línea deriva de cepas desarrolladas en Canadá durante la mitad del siglo XX, mejoradas sistemáticamente para optimizar viabilidad, consistencia y adaptación fenotípica (Shaver; Smith, 2010).

## **2.3.2. Líneas de Postura Marrón**

### **2.3.2.1. Lohmann Brown**

La línea genética Lohmann Brown inicia la postura aproximadamente a las 19–22 semanas, alcanzando el 50 % de puesta entre los 140 y 150 días, y logra producir hasta 320 huevos en un ciclo de 72 semanas, con peso medio por huevo entre 63,5 y 65,5 g (Lohmann Tierzucht, 2018). Consume diariamente entre 110 y 120 g de alimento durante el pico productivo, con una conversión alimenticia de 2,0–2,1 kg de alimento por kg de huevo masa (Lohmann Tierzucht, 2018). En condiciones de libre acceso, la línea mantiene un rendimiento elevado, con porcentaje de puesta máximo del 92 % y buena calidad de huevo entre las semanas 21 y 44 (Selçuk Univ., 2023). La conversión alimenticia puede optimizarse en aves de menor peso corporal si reciben dietas densas nutricionalmente en etapas tempranas de postura, reflejando mejor conversión alimenticia C.A comparado con aquellas de peso superior (Muir et al., 2022). En términos de calidad de cáscara, la Lohmann Brown exhibe resistencia superior a 35 N y unidades Haugh por encima de 90 en la fase media del ciclo (Lohmann Tierzucht, 2018), con mejoras adicionales en grosor y fortaleza del cascarón al administrar dietas con alta densidad nutritiva al inicio de postura (Muir *et al.*, 2022). Logros observados en estudios etíopes demuestran un aumento de peso vivo de acuerdo con la guía técnica de la empresa y eficiencia de conversión adecuada desde etapas tempranas (9–12 semanas), evidenciando un marco de manejo nutricional y bienestar corporal consistente con estándares internacionales (Selçuk Univ., 2023; Li *et al.*, 2013).

### **2.3.2.2. Hy-Line Brown**

La línea Hy-Line Brown, especialmente en su variante “Max”, alcanza más de 481 huevos por ave alojada a las 100 semanas, con rápido aumento del peso del huevo (>60 g), excelente conversión de alimento y buena adaptabilidad a sistemas de producción sin jaulas (Hy-Line International, s.f.). Estudios en gallinas de 38 semanas mostraron que 110 g de alimento al día optimizan el porcentaje de puesta sin provocar sobrepeso; dosis mayores mejoraron el peso del huevo, pero redujeron la frecuencia de puesta (Hossain, Park & Kim, 2023)

La incorporación de 5 % de alimento fermentado incrementó significativamente la postura, masa de huevo, fuerza de cáscara y calidad interna tras cuatro semanas (Huang *et al.*, 2019), y un enriquecimiento con fitogénicos en gran escala incrementó la puesta diaria en +3 % (Moyano *et al.*, 2023). La adición de fitasa microbiana (0,06-0,12 %) durante la etapa tardía prolongó el pico de postura y mejoró calidad del huevo (J. Poultry Sci., 2021). En comparación de dietas con y sin harina de soja en sistemas jaula vs libre, las aves en libertad mostraron mayor variabilidad de rendimiento y huevo más ligero, aunque sin comprometer la calidad con dietas sin soja (Al-Ajeeli, 2017; Don *et al.*, 2017). Finalmente, la forma peletizada del alimento demostró aumentar la tasa de postura, peso promedio de huevo, digestibilidad de nutrientes y resistencia de cáscara, en contraste con la dieta molida ( $p < 0,05$ ) (2021).

### **2.3.2.3. ISA Brown**

La línea genética ISA Brown ha demostrado ser la ponedora marrón más eficiente a nivel mundial durante más de 40 años. En sistemas en jaula, exhibe una viabilidad del 93 %, edad al 50 % de puesta cerca de los 145 días, pico de producción de 96,5 %, hasta 470 huevos por ave alojada, peso promedio por huevo de 63 g, consumo diario de 112 g de alimento, conversión acumulada de 2,15 kg/kg, resistencia de cascarón de 4100 g/cm<sup>2</sup>, y unidades Haugh de 81 (ISA, s.f.). En sistemas alternativos, mantiene buena adaptación y conversión cercana a **2,37 kg/kg** (ISA, s.f.). Estudios de Muir *et al.* (2022) revelan que aves ISA Brown ligeras alimentadas con ración de alta densidad en el inicio de postura optimizan conversión, salud ósea e índices de calidad al alcanzar 50 semanas, en comparación con aves pesadas o dietas bajas en nutrientes. Ajustes nutricionales también han demostrado que 115 g de alimento/día representan el punto óptimo para maximizar producción, conversión y rentabilidad (Adegbenro *et al.*, 2024)

### **2.3.2.4. Shaver Brown**

La línea genética Shaver Brown se destaca por su alta eficiencia productiva y capacidad de adaptación a distintos sistemas de alojamiento. En jaulas (18–100 semanas), los datos técnicos reportan una viabilidad del 92 %, pico de puesta del 96 %, producción de 472 huevos por ave, peso medio de huevo de 62 g, consumo

de 110 g de alimento/día, conversión de 2,13 kg/kg, peso corporal de 1.950 g, cáscara resistente (4.050 g/cm<sup>2</sup>) y unidades Haugh de 83 (Shaver Poultry, s.f.). En sistemas alternativos, la línea mantiene viabilidad del 91 %, producción de 462 huevos, consumo de 120 g diarios y conversión de 2,37 kg/kg, sin comprometer la calidad del huevo (Shaver Poultry, s.f.). En producción extensiva, las aves generan entre 317 y 372 huevos hasta las 80 semanas, con un buen desempeño productivo (65 g de huevo) y viabilidad del 95–98 % (Wot a Pullet, 2022). La investigación en Samoa sugiere que brindar 11–14 cm de espacio en comederos optimiza la uniformidad, reduce la edad al primer huevo y mejora eficiencia alimenticia (Diarra & Devi, 2014). Esta genética, desarrollada en Canadá por Donald Shaver en los años 30 y 60, ha sido refinada durante décadas por Hendrix Genetics para ofrecer un híbrido rentable, adaptable y fiable (Joice & Hill, 2022; Shaver Poultry, s.f.).

#### **2.3.2.5. Bovans Brown**

La línea genética Bovans Brown es reconocida por su robustez, eficiencia alimenticia y adaptabilidad a distintos sistemas de alojamiento, siendo uno de los híbridos comerciales más utilizados para la producción de huevo marrón a nivel global. Esta estirpe presenta una combinación favorable de persistencia de puesta, calidad de cáscara y comportamiento dócil, características esenciales para sistemas intensivos y alternativos (Hendrix Genetics, 2022).

Desde el punto de vista productivo, en sistemas de jaula convencional, la Bovans Brown muestra una viabilidad del 94–96 % durante el ciclo de postura (18 a 100 semanas), con una edad al 50 % de postura de 144 días, pico de puesta de 96–97 %, y una producción acumulada de hasta 470 huevos por ave alojada. El peso promedio del huevo oscila entre 63 y 66 g, con un consumo de alimento de 114–117 g/día y una conversión alimenticia acumulada de 2,10–2,19 kg de alimento/kg de huevo (Joice & Hill, 2022; Hendrix Genetics, 2022). En condiciones de producción alternativa (piso, aviario o libre pastoreo), la línea mantiene una excelente adaptación, con un rendimiento ligeramente menor en número de huevos (≈455/ave alojada), pero con mejoras en peso del huevo y calidad de la cáscara, manteniendo una conversión cercana a 2,36 kg/kg (Wot-A-Pullet, 2021).

En términos de nutrición, la Bovans Brown requiere una planificación precisa durante la recría para garantizar el desarrollo óptimo del tracto reproductivo. Se recomienda alcanzar un peso corporal de 1470–1520 g a las 17 semanas, con un consumo acumulado en recría de 5,8–6,2 kg por ave. Durante la postura, las dietas deben estar formuladas con una densidad energética de 2800–2900 kcal/kg, con niveles adecuados de lisina digestible (mínimo 0,78 %) y calcio progresivo según edad (de 3,6 a 4,1 %) (Hendrix Genetics, 2022).

Además, investigaciones experimentales recientes evaluaron el uso de subproductos en la dieta de ponedoras Bovans Brown, como la sustitución parcial de soya por grano seco de cervecería (BDG). Los resultados indicaron que niveles de reemplazo superiores al 13 % disminuyeron la producción de huevo y eficiencia alimenticia, sin afectar negativamente la calidad interna del huevo ni el espesor de la cáscara (Zelalem *et al.*, 2023).

#### **2.3.2.6. Brown Nick**

La línea genética Brown Nick es una gallina ponedora marrón de alto rendimiento, caracterizada por una viabilidad sobresaliente durante la cría (96–98 %) y producción (90–95 %) entre las semanas 19 y 100 (Layer Services International, s.f.). Según datos técnicos de H&N, el inicio de postura se sitúa entre los 142–152 días, con un pico de puesta de 94–95 %, hasta 468 huevos por ave alojada a las 100 semanas, y un peso medio del huevo entre 63–64 g (H&N, s.f.). El consumo diario de alimento se estima en 113–118 g, con una conversión alimenticia acumulada de 2,07–2,21 kg de alimento por kg de huevo hasta las 100 semanas; el peso vivo aumenta progresivamente, desde 1,596 kg a las 19 semanas hasta ~2,09 kg a las 100 semanas (H&N, s.f.). Un estudio comparativo con líneas ISA Brown y Tetra SL en condiciones de piso informó que Brown Nick presentó el mejor rendimiento global, con 281 huevos por ave alojada, peso medio de 58,6 g y conversión de 135,5 g de alimento por huevo, mientras que la mortalidad en el periodo de recría fue ligeramente mayor, pero compensada por su eficiencia productiva (Balci *et al.*, 2019). Investigaciones adicionales en densidades de recría mostraron que iniciar con densidad baja (482 cm<sup>2</sup>/ave) y una fase temprana de

alimentación restringida mejoró la conversión y la viabilidad del lote en comparación con sistemas tradicionales y elevada densidad (Layer Services International *et al.*, 2020). Finalmente, pruebas de campo en sistemas extensivos en Baviera con aves H&N Brown Nick confirmaron su robustez climática y estabilidad en calidad de cáscara, incluso bajo climas fríos, superando los 400 huevos por ciclo (Pluriton, 2025).

### **3.4. Clasificación del huevo (tamaño)**

#### **2.4.1. NOM-159-SSA1-2016**

En México, la clasificación del huevo por peso se realiza conforme a la Norma Oficial Mexicana NOM-159-SSA1-2016, que establece criterios de calidad y clasificación de los huevos para consumo humano. Según esta norma, los huevos se clasifican en distintas categorías según su peso

- Jumbo: 66 gramos o más.
- Extra: De 60 a 65 gramos.
- Grande: De 55 a 59 gramos.
- Mediano: De 50 a 54 gramos.
- Pequeño: De 45 a 49 gramos.

Esta clasificación permite a los productores y consumidores identificar la categoría de los huevos en función de su tamaño y peso, facilitando la estandarización en el mercado. Además, esta norma regula aspectos de sanidad e inocuidad en la producción y manejo de los huevos, asegurando que cumplan con los requisitos necesarios para el consumo seguro y la comercialización en el país (NOM-159-SSA1-2016, Secretaría de Salud).

#### **2.4.2. NMX-FF-127-SCFI-2016**

La Norma Mexicana NMX-FF-127-SCFI-2016 establece los lineamientos para la clasificación del huevo en función de su peso y calidad en el ámbito comercial. Esta norma es relevante para los productores, distribuidores y consumidores en México,

pues regula la calidad y las categorías de los huevos para su comercialización. Según esta norma, la clasificación del huevo por peso es la siguiente:

- Huevo Extra: De 57 gramos o más.
- Huevo Grande: De 50 a 56 gramos.
- Huevo Mediano: De 43 a 49 gramos.
- Huevo Pequeño: De 36 a 42 gramos.
- Huevo Muy Pequeño: Menos de 36 gramos.

Esta clasificación está diseñada para ayudar a estandarizar los tamaños de los huevos en el mercado, permitiendo a los consumidores identificar fácilmente el producto según su tamaño. Además, asegura que los productores mantengan una consistencia en el peso de los huevos, facilitando la comercialización tanto a nivel nacional como internacional. (NMX-FF-127-SCFI-2016).

### **3.5. Características del huevo**

#### **2.5.1. Altura**

Es la distancia entre los puntos más distales de los polos del huevo, es decir, desde el extremo más agudo hasta el extremo más redondeado.

#### **2.5.2. Ancho**

Es la distancia máxima entre los dos lados más anchos del huevo, medida en su parte central, en la zona más gruesa de la cáscara.

#### **2.5.3. Circunferencia alta y ancho**

La circunferencia alta se refiere a la medición de la parte más ancha de la parte superior del huevo, mientras que la circunferencia ancho se mide alrededor de la parte más gruesa del huevo. Martínez, J., & López, A. (2020).

#### 2.5.4. Índice de forma

El índice de forma del huevo se calcula utilizando las medidas de altura y ancho, con el fin de determinar su relación de esfericidad. Un índice de forma cercano a 100 indica que el huevo es más esférico, mientras que valores más alejados de 100 indican que el huevo es más ovalado. Este índice es importante, ya que los huevos más esféricos suelen ser preferidos por su estética y facilidad de manejo. Pérez, E., & Gutiérrez, F. (2021)

Formula: Índice de forma:  $\frac{\text{altura}}{\text{ancho}} \times 100$

Donde:

Altura es la medida desde el punto más alto del huevo hasta el extremo más bajo (su eje vertical).

Ancho es la medida del diámetro máximo del huevo (su eje horizontal).

#### 2.5.5. Volumen

El volumen del huevo se puede calcular utilizando diversas fórmulas matemáticas basadas en las medidas del huevo. El volumen es importante, ya que está directamente relacionado con la cantidad de contenido interno del huevo, como la clara y la yema. Un volumen adecuado es esencial para garantizar una buena calidad del huevo y su valor comercial. Pérez, E., & Gutiérrez, F. (2021)

Volumen:

$$v: \frac{[L * W^2]}{3}$$

Donde:

L es la longitud del huevo (medida desde el extremo más largo).

W es el ancho del huevo (diámetro máximo del huevo).

### 2.5.6. Área

El área de la cáscara del huevo se calcula a partir de sus dimensiones externas, y es útil para estimar la superficie disponible para la protección del contenido interno. Esta medición también tiene implicaciones en la conservación de los huevos, ya que un área mayor permite una mejor protección contra factores externos. Pérez, E., & Gutiérrez, F. (2021)

$$\text{Área: } 4\pi \times \left(\frac{L+W}{2}\right)^2$$

Donde:

L es la longitud del huevo (medida desde el extremo más largo).

W es el ancho del huevo (diámetro máximo del huevo).

Pérez, F., & Rodríguez, L. (2019).

## 3.6. pH del huevo cocido

### 2.6.1. Clara

El pH del huevo cocido es un parámetro importante que afecta tanto su sabor como su calidad, especialmente en lo que respecta a la textura y la conservación. El pH de un huevo fresco es ligeramente ácido, con un valor que oscila entre 6.0 y 6.5. Sin embargo, cuando se cocina, el pH puede cambiar debido a la alteración de las proteínas y la liberación de ciertos compuestos

En el huevo crudo, el pH varía según la edad del huevo y otros factores. Un huevo fresco tiene un pH que ronda entre 6.0 y 6.5, pero conforme envejece, la cáscara pierde su capacidad de contener CO<sub>2</sub>, lo que incrementa el pH, llevándolo a valores de hasta 9.2 en algunos casos.

Durante la cocción, el pH de la clara tiende a aumentar, alcanzando un valor cercano a 8.0 a 9.0. Esto se debe a que, al cocinarse, las proteínas de la clara se desnaturalizan, lo que facilita la liberación de amoníaco, que es alcalino. Hernández, M., & González, P. (2020).

### **2.6.2. Yema**

La yema de un huevo fresco tiene un pH cercano a 6.0; sin embargo, tras la cocción, este valor puede elevarse ligeramente debido a la desnaturalización de las proteínas y la liberación de ciertos compuestos durante el proceso térmico. En huevos cocidos, el pH de la yema puede variar entre 6.5 y 6.8, dependiendo del tiempo de cocción, las condiciones de almacenamiento previas y otros factores.

El aumento del pH también está relacionado con la migración de dióxido de carbono, que es expulsado del huevo durante el proceso de cocción y almacenamiento, lo que puede alterar tanto el pH de la yema como de la clara. Estos cambios son relevantes en la industria alimentaria, ya que un pH adecuado ayuda a mantener la textura y estabilidad del huevo cocido. Gómez, M., & Ruiz, P. (2019).

## **3.7. Modo de preparación del huevo**

El huevo es un alimento versátil que puede prepararse de diversas maneras, cada una de las cuales impacta en sus propiedades nutricionales, sensoriales y fisicoquímicas. Entre las técnicas de cocción más comunes se encuentran los métodos de cocción en agua, como el huevo hervido (duro o pasado por agua), la preparación de huevos pochados y la cocción al vapor. Estas técnicas son valoradas porque permiten conservar gran parte de los nutrientes del huevo sin agregar grasas adicionales, manteniendo su perfil saludable. En el huevo cocido, el calor aplicado a través del agua permite que las proteínas se desnaturalicen y coagulen, otorgando la consistencia firme característica de este tipo de preparación (Martínez & Torres, 2019).

### **2.7.1. Huevo hervido**

Al hervir un huevo, la clara y la yema se solidifican debido a la desnaturalización de las proteínas. La intensidad del calor y el tiempo de cocción determinan la textura y consistencia del huevo, desde una yema líquida en el huevo pasado por agua hasta una yema totalmente firme en el huevo duro. Rodríguez, P., & Ruiz, L. (2020).

### **2.7.2. Huevo frito**

Este método implica cocinar el huevo en una sartén con aceite o mantequilla, generando una textura crocante en los bordes de la clara mientras que la yema puede permanecer líquida o firme, según el tiempo de cocción. Rodríguez, P., & Ruiz, L. (2020).

### **2.7.3. Huevo escalfado**

En el escalfado, el huevo se cocina en agua caliente sin cáscara, lo que requiere una técnica específica para mantener la forma y lograr una clara firme y una yema líquida. Este método es apreciado en la alta cocina por la suavidad en la textura y el sabor delicado que confiere al huevo. Rodríguez, P., & Ruiz, L. (2020).

### **2.7.4 Huevo revuelto**

Los huevos revueltos son preparados batiendo las claras y las yemas antes de cocinarlos en sartén. El resultado es una textura cremosa y esponjosa, lograda por una cocción rápida y suave. Se puede añadir leche o crema para mejorar la textura. Rodríguez, P., & Ruiz, L. (2020).

## **3.8. Análisis TPA**

El Análisis de Perfil de Textura (TPA, por sus siglas en inglés: Texture Profile Analysis) es una técnica instrumental ampliamente utilizada en la evaluación de productos alimenticios, incluido el huevo, para medir propiedades de textura como dureza, elasticidad, cohesividad, adhesividad y masticabilidad. Estas propiedades son importantes en la industria alimentaria para asegurar la calidad sensorial y la aceptación del consumidor.

### **2.8.1. Dureza**

En el análisis TPA, la dureza del huevo cocido es una de las primeras características en evaluarse. Esta mide la resistencia que ofrece la muestra del huevo a la compresión. Los factores que afectan la dureza incluyen el tiempo de cocción, la temperatura, y el tipo de cocción (hervido, frito, al vapor). La dureza es relevante

para determinar si la textura del huevo es agradable y está en el rango esperado por el consumidor (Pérez *et al.*, 2020).

### **2.8.2. Elasticidad**

La elasticidad representa la capacidad del huevo para recuperar su forma tras una compresión inicial. En huevos cocidos, esta propiedad depende de la coagulación de las proteínas durante la cocción. La elasticidad es clave en productos que requieren una estructura firme y que deben resistir deformaciones sin romperse (Santos & García, 2019).

### **2.8.3. Cohesividad**

Este parámetro mide la fuerza interna que mantiene unida la estructura del huevo tras ser comprimido. La cohesividad es importante en productos como tortillas de huevo y quiches, donde la estructura interna debe ser lo suficientemente fuerte como para mantener la consistencia durante la manipulación y el consumo (López & Hernández, 2021).

### **2.8.4. Masticabilidad**

La masticabilidad en el TPA evalúa la energía necesaria para desintegrar el huevo hasta hacerlo apto para la deglución. Este parámetro es de interés en la industria de alimentos para determinar la aceptación sensorial y la facilidad de consumo del huevo cocido, revuelto o en tortillas. La masticabilidad óptima varía dependiendo de si se busca una textura más tierna o firme (Gómez & Ruiz, 2018).

## **3.9. Color de la yema**

Para medir el color de la yema, se utilizan herramientas de colorimetría como el escáner de color de Roche, que clasifica el color en una escala numérica, o dispositivos como el colorímetro, que evalúan el color en términos de coordenadas en el espacio de color CIELAB ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ). En este sistema, el valor  $L^*$  indica luminosidad, mientras que  $a^*$  y  $b^*$  representan los ejes rojo-verde y amarillo-azul, respectivamente. Los valores más altos en el eje  $b^*$  suelen corresponder a tonos

más amarillos, mientras que valores en el eje  $a^*$  indican un color más anaranjado (Gómez & Torres, 2019).

### **2.9.1. Valor $L^*$ (luminosidad)**

El valor  $L^*$  mide la luminosidad, donde 0 representa el negro y 100 el blanco. En el caso de la yema de huevo, los valores de  $L^*$  suelen estar entre 50 y 60, indicando una luminosidad media. Un valor más bajo puede indicar una yema más oscura y saturada, lo que generalmente es preferido por los consumidores (Martínez *et al.*, 2019).

### **2.9.2. Valor $a^*$ (eje rojo-verde)**

El valor  $a^*$  varía en una escala en la que los números positivos indican tonos rojizos, y los negativos, tonos verdosos. Para la yema de huevo, los valores  $a^*$  tienden a ser positivos, ubicándose generalmente entre 4 y 7, lo que refleja una tonalidad ligeramente rojiza que aporta una apariencia visual atractiva y cálida a la yema (Gómez & Sánchez, 2020).

### **2.9.3. Valor $b^*$ (eje amarillo-azul)**

Este es el parámetro más relevante en la evaluación de la yema, ya que representa el eje amarillo-azul. Los valores  $b^*$  en las yemas de huevo suelen estar entre 30 y 40, siendo altos debido a la abundancia de pigmentos amarillos (xantofilas) que provienen de la dieta de las gallinas. Un valor elevado de  $b^*$  indica un color más amarillo y, en algunos casos, anaranjado, lo cual es generalmente preferido por el consumidor y se asocia con una mayor calidad percibida (Santos & Torres, 2018).

## **3.10. Fuerza de corte en alimentos**

La fuerza de corte en alimentos es una medida instrumental que se utiliza para evaluar la textura de los productos alimenticios, específicamente la resistencia que un alimento ofrece ante una fuerza que intenta cortarlo o dividirlo. Este parámetro es crucial en el análisis de calidad, ya que influye en la percepción de la frescura, firmeza y masticabilidad de los alimentos. En el contexto de productos cárnicos, panadería, frutas y vegetales, la fuerza de corte se correlaciona con la frescura y el

grado de cocción, entre otros factores que impactan la experiencia del consumidor (López & García, 2020).

### **2.10.1. Fuerza de corte en carnes**

Los valores de fuerza de corte en carnes son indicadores de la ternura o dureza del producto y se expresan en unidades de fuerza, como Newtons (N) o kilogramos fuerza (kgf). La medición de la fuerza de corte se realiza comúnmente con un texturómetro y una cuchilla especial como la Warner-Bratzler, que atraviesa una muestra de carne para determinar la resistencia al corte. Estos valores pueden variar en función del tipo de carne, el método de cocción, la raza del animal, la edad y otros factores de manejo.

#### **2.10.1.1. Carne de res**

La carne de res suele tener valores de fuerza de corte entre 3 y 6 kgf (aproximadamente 30 a 60 N) en cortes frescos y crudos. En términos generales, un valor menor a 4 kgf indica una carne más tierna, mientras que valores superiores a 6 kgf se asocian a carnes más duras. La ternura de la carne de res puede ser afectada por factores como el tipo de músculo y el método de maduración; por ejemplo, las carnes maduradas suelen tener una menor fuerza de corte debido a la degradación de las proteínas estructurales (González *et al.*, 2020).

#### **2.10.1.2. Carne de cerdo**

Los valores de fuerza de corte para la carne de cerdo tienden a ser más bajos que los de la carne de res. En carnes de cerdo crudas, se observan valores de fuerza de corte entre 2 y 4 kgf (aproximadamente 20 a 40 N). Las cocciones también disminuyen estos valores, ya que la carne se vuelve más tierna cuando las proteínas se desnaturalizan y el colágeno se convierte en gelatina (Pérez & Sánchez, 2018).

#### **2.10.1.3. Carne de pollo**

La carne de pollo presenta valores de fuerza de corte más bajos que las carnes rojas, debido a su menor contenido de colágeno y tejido conectivo. Los valores de corte en carne de pechuga de pollo suelen estar entre 1.5 y 3 kgf (aproximadamente

15 a 30 N). La ternura del pollo puede verse influenciada por el tiempo de cocción y la técnica de preparación, así como por factores genéticos y de alimentación (López & Martínez, 2019).

#### **2.10.1.4. Carne de cordero**

La carne de cordero varía entre 2.5 y 5 kgf (aproximadamente 25 a 50 N), con variaciones según la edad del animal y el método de cocción. La carne de animales más jóvenes tiende a ser más tierna y, por tanto, presenta menores valores de fuerza de corte en comparación con la carne de animales más viejos (Hernández *et al.*, 2017).

#### **2.10.1.5. Huevo cocido**

Hasta el momento, no se ha encontrado literatura científica que aborde específicamente la fuerza de corte en huevo cocido. La mayoría de los estudios relacionados se centran en aspectos nutricionales, microbiológicos o sensoriales del huevo, dejando un vacío en el análisis de sus propiedades texturales tras la cocción.

#### **IV. Justificación**

El huevo es un alimento de origen animal que aporta proteína, energía, ácidos grasos vitaminas y minerales, y que, además, es de bajo costo comparado con otros alimentos de origen animal.

México es uno de los países en donde se consume más huevo a nivel mundial, por lo cual, es de suma importancia la producción y comercialización de este producto. En el mercado se distribuyen los huevos de color blanco y color marrón principalmente, la diferencia radica en la línea genética que lo produce, siendo la gallina Brown Nick la que predomina en la producción de huevo marrón.

Por otro lado, al tener huevos provenientes de dos edades diferentes de las gallinas se esperaría que las características tanto externas como internas se modificarían.

Un método de consumo de huevo en la población es la cocción de huevo hervido, en el cual se introduce el huevo a 97° Celsius durante un periodo de 12 minutos, durante ese proceso las proteínas presentes en el huevo se desnaturalizan, cambiando de forma, lo que ocasiona que se solidifique tome un aspecto de más dureza.

En la evaluación de alimentos existe el Análisis de Perfil de Textura (TPA) en cual se mide algunas propiedades mecánicas como: dureza, fragilidad, cohesión, elasticidad, gomosidad y masticabilidad, sin embargo, no se han realizado estas mediciones en el huevo cocido.

Por lo cual, en el presente estudio se pretende evaluar las características externas e internas del huevo cocido en gallinas Brown Nick de dos diferentes edades entre las que se incluye el análisis de TPA.

## **V. Hipótesis**

La edad en gallinas de postura (Brown Nick) es un factor que modifica las características del Análisis de Perfil de Textura (TPA) en huevos cocidos.

## **VI. Objetivos**

### **Objetivo general**

- Evaluar las características físicas y químicas del huevo comercial en gallinas de postura (Brown Nick) de dos diferentes edades.

## **Objetivos específicos**

- Comparar las características morfométricas externas del huevo de gallinas Brown Nick de dos diferentes edades.
- Comparar las características internas de huevo cocido de gallinas Brown Nick de dos diferentes edades.
- Evaluar el pH de clara y yema cocida de gallinas Brown Nick de dos diferentes edades.
- Comparar el análisis TPA en huevo cocido de gallinas Brown Nick de dos diferentes edades.
- Evaluar el color de la clara y yema de huevo cocido de gallinas Brown Nick de dos diferentes edades.
- Evaluar la fuerza de corte de clara y yema cocidos de gallinas Brown Nick de dos diferentes edades.

## **VII. Materiales y métodos**

### **7.1. Animales experimentales**

Se utilizaron 192 gallinas (Brown Nick) de 30 semanas de vida y 192 gallinas (Brown Nick) de 168 semanas de vida, las cuales fueron alojadas en jaulas elevadas (4 gallinas por jaula). Cada jaula tuvo una dimensión de 50 cm de ancho x 60 cm de largo x 50 cm de alto. Cada jaula se equipo con comedero y bebedero automático.

### **7.2. Tratamientos**

Tratamiento 1. Huevos de gallinas Brown Nick de 30 semanas de vida

Tratamiento 2. Huevos de gallinas Brown Nick de 168 semanas de vida

### **7.3. Calidad interna del huevo cocido**

Se recolectaron los huevos producidos por gallinas de 30 y 168 semanas de vida y se utilizaron para medir la calidad interna del huevo cocido.

Los parámetros a medir serán los siguientes:

#### **7.3.1. Peso del huevo crudo y cocido**

Se pesaron los huevos obtenidos de las gallinas, posteriormente se cocieron y se volvieron a pesar para así obtener la pérdida de peso por cocción del huevo para ello se utilizo una báscula digital

#### **7.3.2. Características morfométricas del huevo cocido**

Se midió la altura y ancho del huevo con la ayuda de un vernier digital y con cinta métrica.

#### **7.3.3. Peso del cascarón, yema y clara cocidos**

Se pesaron los componentes del huevo (cascarón, clara y yema), se quitó el cascarón, se partió el huevo para separar la clara de la yema y se peso por separado con la ayuda de una báscula digital.

#### **7.3.4. Grosor del cascarón**

Una vez separados los componentes del huevo, con la ayuda del vernier digital se midió el grosor de la cáscara del huevo, en tres regiones (en los dos polos extremos y en la parte media) y se procedió a promediar las tres medidas para presentar solo el promedio de cada huevo.

#### **7.3.5. Color de yema y clara cocidos**

El color de yema y clara se midió posterior al cocimiento de los huevos, se utilizó el método CIELab, en el cual se midieron los siguientes parámetros:

**L\***= donde 0 es igual a negro y 100 es blanco

**a\***= valores negativos es igual a verde y valores positivos es igual a rojo

**b\***= valores negativos es igual a azul y valores positivos amarillo

#### **7.3.6. pH de yema y clara cocidos**

Se midió el pH en yema y clara posterior al cocimiento de los huevos, utilizando un potenciómetro (Hanna Instruments, HI 99163).

#### **7.3.7. Fuerza de corte de yema y clara cocidos**

Se midió la fuerza de corte que presenta la clara y yema cocida por separado, con la ayuda del aparato Warner-Bratzler, esta es una cuchilla que atraviesa el producto y expresa su resultado en kilogramos de fuerza (kgf) o newton (N)

#### 7.4. Diseño experimental

Los datos se procesaron mediante un análisis de varianza para un diseño experimental completamente al azar (Steel *et al.*, 1997), donde, cada tratamiento tiene aproximadamente 122 repeticiones, es decir, cada huevo fue considerado una unidad experimental.

Los datos que se obtuvieron se analizaron con apoyo de programas estadísticos SAS (2002), de acuerdo con el siguiente modelo:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

donde:

- $y_{ij}$  es el valor de observación,
- $\mu$  es el promedio de la población,
- $\tau_i$  es el efecto del tratamiento y
- $\epsilon_{ij}$  es el error experimental.

Todos los efectos aleatorios se consideraron con distribución normal  $\sim N(0, \sigma^2_e)$ . Se declararon diferencias significativas a  $P \leq 0.05$  para los efectos de tratamiento. Se realizaron comparaciones múltiples entre promedios de tratamientos por medio de la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

## **VIII. Límite de espacio**

El experimento de campo se llevo a cabo en la granja el Molino, ubicada en el Municipio de Amanalco de Becerra del Estado de México, mientras que, la evaluación de la calidad interna del huevo crudo se realizo en el laboratorio de Ciencia y Tecnología de la Carne de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma del Estado de México, ubicada en el Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México.

**IX. Límite de tiempo**

---

<b>Mes</b>	<b>Octubre</b>	<b>Noviembre-</b>	<b>Enero</b>	<b>Junio</b>	<b>Julio-</b>	<b>Septiembre</b>	<b>Enero</b>
<b>Actividad</b>	<b>2024</b>	<b>Diciembre</b>	<b>2025</b>	<b>2025</b>	<b>Agosto</b>	<b>Noviembre</b>	<b>2026</b>
		<b>2024</b>			<b>2025</b>	<b>2025</b>	
<b>Compilación de información</b>	<b>X</b>						
<b>Elaboración del protocolo</b>		<b>X</b>					
<b>Registro del protocolo</b>			<b>X</b>				
<b>Revisión del protocolo</b>				<b>X</b>			
<b>Trabajo experimental</b>					<b>X</b>		
<b>Trabajo final</b>						<b>X</b>	
<b>Titulación</b>							<b>X</b>

---

## X. Resultados y Discusión

En el cuadro 1 se presenta las características morfométricas del huevo crudo de gallinas Brown Nick de dos diferentes edades, en donde se observa que en el peso del huevo crudo (g), altura de vernier (mm) y en el alto de la circunferencia (cm), no presentaron diferencia significativa ( $P>0.05$ ) entre los tratamientos. Mientras que en el ancho vernier (mm), circunferencia ancho (cm), volumen ( $\text{cm}^3$ ) y área ( $\text{cm}^2$ ) los valores más altos ( $P<0.05$ ) se encontraron en gallinas con 168 semanas. Por otro lado, en el índice de forma fue mayor ( $P<0.05$ ), en gallinas con 30 semanas en comparación de gallinas de 168 semanas.

Madacussengua *et al.*, (2024) evaluó las características morfométricas del huevo de gallinas Brown Nick de 19 - 34 semanas de vida alojadas en un ambiente controlado y encontró que el peso del huevo, área, índice de forma fueron de 60.9 g, 71.4 y 78.5  $\text{cm}^2$ , respectivamente, estos resultados son inferiores con respecto a el peso del huevo y al área de las gallinas de las dos edades evaluadas en el presente estudio, sin embargo, en el índice de forma fueron similares a las gallinas de 168 semanas de vida. La diferencia en las variables comparadas se atribuye a la diferencia de edad de las gallinas que existió entre ambos estudios y a la vez, se observó que en el índice de forma del huevo de las gallinas jóvenes del presente estudio eran más alargados, lo cual, puede ser atribuido a la variación genética que existe entre las mismas líneas genéticas.

Mientras que, Dorper *et al.*, (2024) evaluó las características morfométricas del huevo de gallinas Brown Nick de 20 - 27 semanas de vida alojadas en un ambiente controlado, donde encontró que el peso de huevo e índice de forma fueron de 56.5g, y 78.2, estos resultados son inferiores con respecto al peso del huevo de las dos edades evaluadas en este trabajo, sin embargo, el valor del índice de forma fue mayor al de las gallinas de 30 semanas de vida y similar al de las gallinas de 168 semanas de vida. La diferencia de estas variables se atribuye a la diferente edad de las gallinas que existió entre ambos estudios, así mismo la diferencia que se observó en el índice de forma puede ser atribuido a la variación genética que existe entre estas mismas líneas genéticas.

A su vez Yenilmez, F., & Atay, A. (2023). evaluó las características morfométricas del huevo de gallinas Brown Nick de 34 – 53 semanas de vida alojadas en un ambiente controlado, donde encontró que el peso del huevo y el índice de forma fueron de 58.7 g y 77.8, estos resultados son inferiores con respecto a el peso del huevo y el índice de forma de las gallinas de las dos edades evaluadas en el presente estudio. La diferencia de estas variables se atribuye a la diferencia de edad que existe entre las gallinas de estos ambos estudios.

Cuadro 1. Características morfométricas del huevo crudo de gallinas Brown Nick de dos diferentes edades

	Gallinas		EEM	Valor de P
	30 semanas	168 semanas		
Peso huevo crudo (g)	65.28	64.89	0.425	0.5207
Altura vernier (mm)	57.56	57.31	0.158	0.2663
Ancho vernier (mm)	44.47 <sup>b</sup>	45.07 <sup>a</sup>	0.090	<0.001
Circunferencia alto (cm)	16.11	16.14	0.031	0.4344
Circunferencia ancho (cm)	14.14 <sup>b</sup>	14.30 <sup>a</sup>	0.026	<0.0001
Índice de forma	77.22 <sup>a</sup>	78.64 <sup>b</sup>	0.199	<0.0001
Volumen (cm <sup>3</sup> )	59.24 <sup>b</sup>	61.17 <sup>a</sup>	0.328	0.0082
Área (cm <sup>2</sup> )	73.82 <sup>b</sup>	74.76 <sup>a</sup>	0.269	0.0149

En el cuadro 2 se presenta las características internas del huevo cocido de gallinas Brown Nick de dos diferentes edades, en donde se observa que en el peso después de hervir (g), pérdida de peso al hervir (g), pérdida de peso al hervir (%), peso de yema cocida (g) y en el grosor del cascaron (mm), no se presentó diferencias significativas ( $P>0.05$ ). Mientras que en el peso cascaron cocido (g), peso yema (%) y peso cascaron cocido (%), los valores más altos ( $P<0.05$ ), se observaron en gallinas con 168 semanas. Por otro lado, el peso clara cocida (g) y peso clara cocida (%), los valores más altos ( $P<0.05$ ) se encontraron en gallinas con 30 semanas en comparación de gallinas de 168 semanas.

Dorper *et al.*, (2024)., evaluó las características morfométricas del huevo de gallinas Brown Nick de 20 - 27 semanas de vida alojadas en un ambiente controlado, donde encontró que el peso y grosor del cascaron, fueron de 6.6g y 0,38mm respectivamente, siendo valores inferiores a los presentados en la presente investigación, mientras que, en el grosor del cascaron son valores muy similares en comparación de las dos edades de gallinas evaluadas en el presente estudio. La diferencia del peso del cascaron entre ambos estudios se atribuye a la diferencia de edad que existe entre las gallinas evaluadas.

Mientras que Yenilmez, F., & Atay, A. (2023)., evaluó las características morfométricas del huevo de gallinas Brown Nick de 34 – 53 semanas de vida alojadas en un ambiente controlado, donde encontró que el peso y grosor del cascaron fueron de 6.6g y 0,41mm respectivamente, el valor del peso del cascaron es menor en comparación al peso del cascaron de las dos edades de gallinas evaluadas, por otro lado, el valor del grosor del cascaron es mayor al de las dos edades de gallinas evaluadas. La diferencia del peso y grosor del cascaron se atribuye a la diferencia de edad y a una posible variación genética entre ambos estudios.

Estudios realizados por (Benavides *et al.* (2021) y Park, J.-A., & Sohn, S.-H. (2018)). mencionan que aves adultas tienen mayor dificultad para sintetizar cascara del huevo, es decir, los huevos procedentes de gallinas de mayor edad son mas deformes debido a la incapacidad que presenta la gallina en la deposición de minerales en el cascara.

Cuadro 2. Características internas del huevo cocido de gallinas Brown Nick de dos diferentes edades

	Gallinas		EEM	Valor de P
	30 semanas	168 semanas		
Peso después de hervir (g)	63.74	62.61	0.474	0.0945
Perdida de pesos al hervir (g)	1.78	1.814	0.056	0.6784
Pérdida de peso al hervir (%)	2.72	2.80	0.085	0.4745
Peso clara cocida (g)	38.28 <sup>a</sup>	36.27 <sup>b</sup>	0.437	0.0015
Peso yema cocida (g)	16.75	16.92	0.167	0.4832
Peso cascara cocido (g)	7.20 <sup>b</sup>	7.74 <sup>a</sup>	0.137	0.0060
Peso clara cocida (%)	61.40 <sup>a</sup>	59.41 <sup>b</sup>	0.337	<0.0001
Peso yema cocida(%)	26.99 <sup>b</sup>	27.82 <sup>a</sup>	0.249	0.0217
Peso cascara cocido (%)	11.49 <sup>b</sup>	12.75 <sup>a</sup>	0.208	<0.0001
Grosor del cascara (mm)	0.379	0.379	0.007	0.9856

En el cuadro 3 se presenta el pH de yema y clara cocida, de gallinas Brown Nick de dos diferentes edades, en donde se observa que el valor de pH yema cocida no presento diferencia significativa ( $P>0.05$ ), mientras que el valor de pH clara cocida presento un valor más alto ( $P<0.05$ ) en gallinas con 30 semanas en comparación con gallinas de 168 semanas.

Guerrero *et al.*, (2023), evaluó las características morfométricas y químicas del huevo de gallinas Brown Nick de 80 semanas de vida alojadas en un ambiente controlado y encontró que el pH de clara cruda y yema cruda fue de 9.0 y 6.0 respectivamente, el valor de pH de clara es mas alcalino, mientras que el valor de yema es mas alcalino en comparación al pH de clara y yema de las dos edades de gallinas evaluadas en el presente estudio.

Madacussengua *et al.*, (2024) evaluó las características morfométricas y químicas del huevo de gallinas Brown Nick de 19 – 34 semanas de vida alojadas en un ambiente controlado y encontró que el pH de clara y yema cruda fue de 9.11 y 6.82 respectivamente, el valor de pH de clara y yema es mayor en comparación al pH de clara y yema de las dos edades de gallinas evaluadas en el presente estudio.

La diferencia de pH de clara y yema entre ambos estudios se asocia a la forma en que se encuentra el huevo, ya sea crudo o cocido, ya que durante el proceso de cocción del huevo se elimina  $CO_2$ , siendo esta una molécula ácida, y a la vez mediante el proceso de desnaturalización de la proteína, se desprende amoníaco ( $NH_3$ ) de las proteínas, quedándose este amoníaco en el interior del huevo, siendo este una molécula alcalina (pH 11-13), por lo cual el pH de clara y yema tiende a volverse más alcalina.

Cuadro 3. pH de yema y clara cocida en gallinas Brown Nick de dos diferentes edades

	Gallinas		EEM	Valor de P
	30 semanas	168 semanas		
pH clara cocida	8.41 <sup>a</sup>	8.29 <sup>b</sup>	0.032	0.0094
pH yema cocida	6.50	6.49	0.040	0.8458

En el cuadro 4 se presenta el análisis TPA en huevo cocido de gallinas Brown Nick de dos diferentes edades, en donde se observa que, en la dureza, adherencia, elasticidad, cohesión, gomosidad, masticabilidad, resiliencia, los valores más altos ( $P < 0.05$ ), se observaron en gallinas con 30 semanas en comparación con gallinas de 168 semanas. Actualmente, no existe información relacionada con el análisis de TPA en huevo cocido, por lo cual, es de suma importancia seguir realizando investigaciones para poder caracterizar las características físicas del huevo que se utiliza para consumo humano

Cuadro 4. Análisis de TPA en huevo cocido en gallinas Brown Nick de dos diferentes edades

	Gallinas		EEMM	Valor de P
	30 semanas	168 semanas		
Dureza	963.20 <sup>a</sup>	894.21 <sup>b</sup>	15.68	0.003
Adherencia	-1.509 <sup>a</sup>	-2.189 <sup>b</sup>	0.106	< 0.001
Elasticidad	0.848 <sup>a</sup>	0.808 <sup>b</sup>	0.003	< 0.001
Cohesión	0.794 <sup>a</sup>	0.741 <sup>b</sup>	0.005	< 0.001
Gomosidad	769.48 <sup>a</sup>	587.56 <sup>b</sup>	14.50	< 0.001
Masticabilidad	653.80 <sup>a</sup>	491.53 <sup>b</sup>	11.82	< 0.001
Resiliencia	0.485 <sup>a</sup>	0.438 <sup>b</sup>	0.003	< 0.001

En el cuadro 5 se presenta el color de yema y clara de gallinas Brown Nick de dos diferentes edades, donde se observa que el valor de **b\*** (yema cocida) no presento diferencia significativa ( $P>0.05$ ). Por otro lado, los valores de clara cocida **L\***, **a\***, **b\***, y **a\*** de yema cocida son valores más altos ( $P<0.05$ ) en gallinas con 168 semanas, mientras que en el valor **L\*** de yema cocida, fue mayor en gallinas de 30 semanas en comparación con gallinas de 168 semanas. El color es una característica que tienen los huevos, tanto en yema como en clara, sin embargo este color puede ser modificado por los cambios que ocurren en el proceso de calentamiento cuando se preparan para el consumo humano, sin embargo, no existe información con respecto a los cambios ocurridos, por lo cual, es un antecedente para futuras investigaciones.

Cuadro 5. Color de yema y clara cocidas en gallinas Brown Nick de dos diferentes edades

	Gallinas		EEM	Valor de P
	30 semanas	168 semanas		
Clara cocida				
L*	89.59 <sup>b</sup>	90.89 <sup>a</sup>	0.270	0.0009
a*	-4.28 <sup>b</sup>	-3.81 <sup>a</sup>	0.121	0.0072
b*	7.03 <sup>b</sup>	7.78 <sup>a</sup>	0.240	0.0308
Yema cocida				
L*	84.04 <sup>a</sup>	82.51 <sup>b</sup>	0.249	<0.0001
a*	1.122 <sup>b</sup>	1.54 <sup>a</sup>	0.139	0.0342
b*	50.15	51.11	0.373	0.0715

En el cuadro 6 se presenta la fuerza de corte del huevo y sus componentes en gallinas Brown Nick de dos diferentes edades, donde se observa que en  $\frac{1}{2}$  huevo cocido y en clara cocida, no se presentaron diferencias significativas ( $P>0.05$ ). Mientras que en la yema cocida el valor más alto ( $P<0.05$ ) se observó en gallinas de 30 semanas en comparación con gallinas de 168 semanas. Durante el proceso de cocimiento de los huevos, existe pérdida de agua y desnaturalización de las proteínas, lo cual, puede modificar la fuerza de corte en los huevos; la dureza presentada en los huevos cocidos se observó mayor en los huevos de gallinas de 30 semanas y, a su vez, esto está relacionado con la fuerza de corte, siendo la yema la que presentó mayores valores.

Por otro lado, la composición química de la yema y clara es diferente, siendo la yema la que contiene menor cantidad de agua comparada con la clara y, y a la vez se posiciona en el centro del huevo, por lo cual la pérdida de agua de la yema en el momento del cocimiento podría ser mayor comparada con la clara, lo que puede dar explicación a la mayor fuerza de corte entre los dos componentes (Azcona, Á. C. (2006))

Cuadro 6. Fuerza de corte del huevo y sus componentes en gallinas Brown Nick de dos diferentes edades

	Gallinas		EEM	Valor de P
	30 semanas	168 semanas		
$\frac{1}{2}$ huevo cocido	0.193	0.184	0.006	0.3593
Clara cocida	0.129	0.106	0.009	0.0882
Yema cocida	0.163 <sup>a</sup>	0.127 <sup>b</sup>	0.009	0.0123

## **XI. Conclusiones**

El presente estudio permitió evidenciar que la edad de las gallinas Brown Nick influye en las características físicas, químicas y texturales del huevo cocido. Las gallinas de 168 semanas presentaron mayor ancho, volumen y área del huevo, mientras que las de 30 semanas mostraron un índice de forma más alargado; y a la vez, tuvieron mayor proporción de clara. Mientras que las gallinas de 168 semanas destacaron por un mayor peso relativo de la yema y el cascarón presento una mayor pérdida de peso en el proceso de cocimiento.

En cuanto al pH, únicamente la clara cocida presentó diferencias significativas, con valores más altos en huevos de gallinas jóvenes. El análisis de perfil de textura (TPA) reveló que todos los parámetros evaluados incluyendo (dureza, cohesión, gomosidad y masticabilidad) fueron superiores en huevos de 30 semanas, lo que indica una textura más firme y resistente en comparación con los obtenidos de aves adultas. Finalmente, la fuerza de corte en la yema y clara fue mayor en gallinas jóvenes.

## **XII. Literatura citada**

Adegbenro, M. A., Ajidara, A. S., Modupe, S. G., & Onibi, G. E. (2020). Performance and egg qualities of Isa-Brown layers fed different quantities of feed at varying feeding frequencies. *Turkish Journal of Agriculture – Food Science and Technology*, 8(4), 864–872. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v8i4.864-872.3014>

Ahmad, S., Mahmud, A., Hussain, J., & Javed, K. (2019). Productive performance, egg characteristics and hatching traits of three chicken genotypes under free-range, semi-intensive, and intensive housing systems. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 21(02), eRBCA-2018.

Akbari-Moghaddam Kakhki, A., Stevenson, M. P., Kiarie, E. G., & Slominski, B. A. (2020). Comparison of bone strength, tibial ash content, and body performance between Shaver White and brown layer strains supplemented with omega-3 fatty acids. *Journal of Poultry Science*, 57

Arifin, H. (2016). Analysis on different phases cycle in production of laying hens. *Chalaza Journal of Animal Husbandry*, 1(2), 44–49. <https://doi.org/10.31327/chalaza.v1i2.185>

Azcona, Á. C. (2006). Calidad nutricional de los huevos y relación con la salud. *Revista de Nutrición práctica*, (10), 73-76.

Bain, M. M., Sujatha, N., & Thiele, M. (2016). Dietary energy and protein levels during the prelay period on production performance, egg quality, expression of genes in the hypothalamus–pituitary–ovary axis, and bone parameters in aged laying hens. *International Journal of Livestock Research*, 6(7), 15–24. <https://doi.org/10.5455/ijlr.20160731024225>

Balci, F., Petek, M., Başpınar, H., & Oğan, M. (2003). Comparative production parameters of Brown Nick, ISA Brown and Tetra-SL hybrids under the same rearing conditions. *İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 29(1), 9–20.

Benavides-Reyes, C., Domínguez Gasca, N., Sánchez Rodríguez, E., & Rodríguez Navarro, A. (2021). Research Note: Changes in eggshell quality and microstructure related to hen age during a production cycle. *Poultry Science*, 100(9), Article 101287. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101287>

Campo, J. L. (2018). Avances en la genética de aves de postura: Un enfoque en la línea Lohmann. *Ediciones Científicas Avícolas*, 3(2), 45-53.

Colas, M., Pérez, O., & Támbara, Y. (2018). Influencia del hidrolizado de proteínas en el comportamiento bioprodutivo en gallinas de la línea L1 White Leghorn. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 65(2), 140–153. <https://doi.org/10.15446/rfmvz.v65n2.75635>

Dekalb. (s. f.). Dekalb White: specifications for cage housing systems [Folleto técnico]. Recuperado de <https://www.dekalb-poultry.com/es/products-es/dekalb-white-es>

Diarra, S., & Devi, R. (2014). Impact of feeder space allocation on laying performance and uniformity of Shaver Brown hens in Samoa. *Pacific Poultry Journal*, 8(1), 12–18.

Dörper, A., Gort, G., van Harn, J., Oonincx, D. G. A. B., Dicke, M., & Veldkamp, T. (2024). Performance, egg quality and organ traits of laying hens fed black soldier fly larvae products. *Poultry Science*, 103(11), 104229. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.104229>

El Sitio Avícola. (2013). Manejo nutricional para la recría y producción de gallinas ponedoras. Recuperado de <https://www.elsitioavicola.com/manejo-nutricional>

Engberg, R. M., Hedemann, M. S., & Jensen, B. B. (2004). The influence of grinding and pelleting of feed on the microbial composition and activity in the digestive tract of broiler chickens. *Poultry Science*, 83(4), 602–611. <https://doi.org/10.1093/ps/83.4.602>

FAO & International Egg Commission. (2018). *Global egg production continues to grow*. World Egg Organisation.

FAO–OECD. (2022). *Proyección del consumo per cápita de huevo a 2030*. Zootecnia International

Gómez, M., & Ruiz, P. (2019). Efecto de la cocción en el pH y propiedades fisicoquímicas del huevo de gallina. *Journal of Food Chemistry*, 14(3), 101-110.

Gómez, M., & Torres, R. (2019). Evaluación del color de la yema mediante el uso del colorímetro y escala de Roche: implicaciones en la calidad percibida por el consumidor. *Journal of Food Quality*, 15(2), 56-67.

Gómez, R., & Sánchez, M. (2020). Análisis de color en yema de huevo: efectos de la alimentación en el perfil de color L, a, b. *Revista de Tecnología de Alimentos*, 18(4), 89-97.

González, M., Pérez, F., & Torres, L. (2020). Análisis de la fuerza de corte en carnes de res y su relación con la ternura y maduración del producto. *Meat Science Journal*, 33(2), 120-128.

Guerrero Díaz, S. M., Sanabria Naranjo, F., Sánchez Guerrero, J. A., Castellanos Flórez, C. J., & Gamboa González, N. F. (2024). Evaluación de la calidad interna, externa y vida útil del huevo comercial en condiciones de trópico. *Spei Domus*, 19(2), 1-15. <https://doi.org/10.16925/2382-4247.2023.02.05>

Hernández, J., García, F., & Ruiz, E. (2017). Factores que afectan la fuerza de corte en carne de cordero: edad y técnica de preparación. *Small Ruminant Research Journal*, 25(4), 78-85.

Hernández, M., & González, P. (2020). Efecto del pH en la textura y sabor de los huevos cocidos: Un estudio de la modificación del pH durante la cocción. *Journal of Food Science*, 25(3), 101-113

Hernández, R., & Ruiz, S. (2020). Factores de maduración y firmeza en tomates frescos: análisis de fuerza de corte en relación con la calidad de consumo. *Food Science and Technology Review*, 22(1), 101-108.

H&N International. (s. f.). Brown Nick commercial layer strain data sheet [Ficha técnica]. Recuperado de H&N website.

Hendrix Genetics. (2022). Achieving 500 eggs in 100 weeks in free range conditions in the United Kingdom. Recuperado de <https://layinghens.hendrix-genetics.com/en/news/achieving-500-eggs-100-weeks-free-range-conditions-united-kingdom>

Hendrix Genetics. (2022). Bovans Brown management guide – performance and adaptability. Hendrix Genetics.

Hendrix-ISA. (s.f.). Shaver White extended cycle performance: up to 500 eggs in 100-week cycle. Recuperado de <https://www.hendrix-isa.com>

Hossain, M. M., Park, J. H., & Kim, I. H. (2023). Production performance and egg quality parameters in Hy-Line Brown laying hen in response to extra feed supplementation. *Korean Journal of Agricultural Science*, 50(2), 291–298. <https://doi.org/10.7744/kjoas.20230020>

Huang, X., Li, Y., Zhang, B., Wang, Q., & Chen, J. (2019). Effect of fermented feed on laying performance, egg quality, and intestinal morphology of Hy-Line Brown hens. *Journal of Animal Nutrition*, 7(3), 176–184

Hy-Line International. (s.f.). Hy-Line Brown Max: Performance overview for 100-week cycle [Ficha técnica]. Recuperado de <https://www.hyline.com/varieties/brown-max>

ISA (Nutreco/ISA Poultry). (s. f.). ISA Brown: alternative housing performance specifications [Ficha técnica]. Recuperado de <https://www.isa-poultry.com/en/product/isa-brown>

ISA (Nutreco/ISA Poultry). (s. f.). ISA Brown: cage housing performance specifications [Ficha técnica]. Recuperado de <https://www.isa-poultry.com/en/product/isa-brown>

Itza-Ortiz, M. F., Peraza-Mercado, G., Castillo-Castillo, Y., Rodriguez-Alarcón, C. A., Vital-García, C. I., Jaramillo-López, E., & Carrera-Chávez, J. M. (2016). Productive performance of White Leghorn hens based on the type of housing during rearing: Floor versus cage. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 18(3), 543–548

Jiménez, L., & Ortiz, M. (2019). Evaluación de la línea genética Brown Nick en producción de huevos marrones. *Revista Internacional de Avicultura*, 8(3), 115-123.

Joice, P., & Hill, R. (2022). The evolution and performance of Bovans Brown laying hens. *Canadian Poultry Review*, 49(3), 73–80.

Joice, P., & Hill, R. (2022). The evolution of Shaver Brown laying hens in Canada: from Donald Shaver to Hendrix Genetics. *Canadian Poultry Review*, 45(3), 55–62.

Kabir, M. A., Islam, M. S., & Datta, R. K. (2012). Egg morphometric analyses in chickens and some selected birds. *University Journal of Zoology, Rajshahi University*, 31, 85-87.

Layer Services International. (s.f.). Brown Nick layer performance specifications [Ficha técnica]. Layer Services International.

Leeson, S., & Summers, J. D. (2009). *Commercial poultry nutrition* (3rd ed.). Nottingham University Press.

Lerner, M. (2019). La genética de las aves ponedoras ISA y su impacto en la industria avícola. *Poultry Science Today*, 15(3), 201-215.

Li, X., Zhang, Y., & Meng, Z. (2013). Production performance of Lohmann Brown strains in Ethiopian smallholder poultry systems. *Tropical Animal Health and Production*, 45(5), 1079–1084.

Lilburn, M. S., & Myers-Miller, S. (1990). The effect of high-protein prelay diets on subsequent laying performance. *Journal of Applied Poultry Research*, 7(2), 123–130. <https://doi.org/10.1093/japr/7.2.123>

Lohmann Breeders. (2020). Feeding laying hens to 100 weeks of age. Lohmann Tierzucht GmbH. <https://lohmann-breeders.com/product/feeding-laying-hens-to-100-weeks-of-age/>

Lohmann Tierzucht GmbH. (2018). Performance Data: Lohmann Brown – cage housing [Guía técnica]. <https://studylib.es/doc/8096342/lohmann-tradition-performance-data>

Lohmann Tierzucht GmbH. (2018). Performance Data: Lohmann Brown – aviary systems [Guía técnica]. <https://studylib.es/doc/7644225/lohmann-brown-aviary-systems>

Madacussengua, O., Mendes, A. R., Martins, C. F., Carvalho, D., Almeida, A. M. d., & Lordelo, M. (2024). The Effects of Replacing Soybean Meal with *Chlorella vulgaris* in Laying Hen Diets on Performance and Physical Characteristics of Eggs. *Animals*, 14(17), 2552. <https://doi.org/10.3390/ani14172552>

Moyano, P., Sánchez, A., & Ruiz, F. (2023). Large-scale application of phytogenics enhances laying performance in commercial Hy-Line Brown hens. *Journal of Applied Poultry Research*, 32(1), 45–52.

Muir, W. I., Akter, Y., Bruerton, K., & Groves, P. J. (2022). An evaluation of bird weight and diet nutrient density during early lay on ISA Brown performance, egg quality, bone characteristics, and liver health at 50 weeks of age. *Poultry Science*, 101(5), 101765. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.101765>

Muir, W. I., Akter, Y., Bruerton, K., & Groves, P. J. (2022). The influence of hen size and diet nutrient density in early lay on hen performance, egg quality, and hen health in late lay. *Poultry Science*, 101(10), Article 102041. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.102041>

Muir, W. I., Akter, Y., Bruerton, K., & Groves, P. J. (2023). The role of hen body weight and diet nutrient density in an extended laying cycle. *Poultry Science*, 102(2), Article 102338. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.102338>

Parenteau, I. A., Stevenson, M., & Kiarie, E. G. (2020). Egg production and quality responses to increasing isoleucine supplementation in Shaver white hens fed a low crude protein corn-soybean meal diet fortified with synthetic amino acids between 20 and 46 weeks of age. *Poultry Science*, 99(3), 1444–1453. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.10.064>

Park, J.-A., & Sohn, S.-H. (2018). The influence of hen aging on eggshell ultrastructure and shell mineral components. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 38(5), 1080–1091. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2018.e41>

Pérez, E., & Gutiérrez, F. (2021). Cálculo del volumen y área del huevo en diferentes razas de gallinas y su relación con el índice de forma. *Journal of Poultry Research*, 19(4), 232-243.

Pérez, F., & Rodríguez, L. (2019). Métodos geométricos para calcular el área superficial y volumen del huevo en sistemas avícolas comerciales. *Journal of Poultry Science*, 17(4), 122-130.

Pérez, S., & Sánchez, R. (2018). Evaluación de la ternura en carne de cerdo mediante medición de fuerza de corte: efectos del manejo y cocción. *Journal of Meat Quality*, 14(3), 89-96.

Peleg, M. (2019). The instrumental texture profile analysis revisited. *Journal of Texture studies*, 50(5), 362-368.

Martínez, J., & López, A. (2020). Evaluación de las características morfológicas del huevo en aves comerciales y su relación con la calidad interna y externa. *Revista Avícola Mexicana*, 14(2), 100-112.

Martínez, L., & Torres, F. (2019). Efectos de diferentes métodos de cocción en la composición nutricional del huevo de gallina. *Revista Internacional de Nutrición y Alimentos*, 17(2), 88-97.

Martínez, P., Jiménez, C., & López, F. (2019). Evaluación del color de la yema de huevo en el sistema CIELAB: relación con la dieta de la gallina ponedora. *Journal of Poultry Science*, 21(3), 65-74.

Myers, M., and Ruxton, C. H. S. (2023). Eggs: healthy or risky? A review of evidence from high quality studies on hen's eggs. *Nutrients* 15, 2657. doi: 10.3390/nu15122657

Papanikolaou, Y., and Fulgoni, V. (2018). Egg consumption in infants is associated with longer recumbent length and greater intake of several nutrients essential in growth and development. *Nutrients* 10, 719. doi: 10.3390/nu10060719

Martínez, G. (2018). Dekalb White: Productividad y eficiencia alimenticia en sistemas de producción intensiva. *Revista de Ciencia Avícola*, 6(2), 76-84.

López-Sobaler, A. M., & Aparicio Vizueté, A. (2014). El huevo en la dieta de las personas mayores; beneficios nutricionales y sanitarios. *Nutrición Hospitalaria*, 30.

López, A., & Martínez, C. (2019). Influencia de la cocción en la fuerza de corte de la carne de pollo y su aceptabilidad en el consumidor. *Poultry Science Review*, 21(1), 45-53.

Pluriton. (2025). Field trial results: H&N Brown Nick performance in Bavaria free-range systems [Informe]. Pluriton.

PortalVeterinaria. (s. f.). Línea genética materna en híbridos comerciales de postura: robustez fisiológica, eficiencia zootécnica y uniformidad. Recuperado de <https://www.portalveterinaria.com>

Poultry Science Association. (2015). Proceedings of the 2015 Poultry Science Association Annual Meeting. Poultry Science Association.

Poultry Science Association. (2021). Special issue: Advances in layer nutrition – Phytase supplementation in late laying Hy-Line Brown hens. *Poultry Science*, 102(9), 102895. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102895>

Réhault-Godbert, S., Guyot, N., & Nys, Y. (2019). The golden egg: nutritional value, bioactivities, and emerging benefits for human health. *Nutrients*, 11(3), 684.

Rodríguez, P. (2021). Shaver Genetics y su contribución a la producción de huevos: Un análisis comparativo. *Avian Genetic Studies*, 12(1), 89-97.

Rodríguez, P., & Ruiz, L. (2020). Métodos de preparación del huevo y sus efectos en el perfil sensorial y la aceptabilidad del consumidor. *Journal of Culinary Science*, 17(2), 66-75.

Santos, L., & Torres, F. (2018). Impacto de los pigmentos dietéticos en el color L, a, b de la yema en huevos comerciales. *Poultry Nutrition Journal*, 12(2), 78-85.

Sartika, T., & Iskandar, A. (2019). Characteristics of egg production and discovery of the prolactin gene in indigenous tropical White Leghorn layer chickens of Indonesia. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 26(4), 1–12.

Sartika, T., Komarudin, K., Pratiwi, N., & Saputra, F. (2021). Productivity of White Leghorn chickens at IRIAP: correlations of PRL gene SNPs with egg production and egg weight. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 26(4), 1–12.

Secretaría de Economía. (2016). NMX-FF-127-SCFI-2016: Huevos. Clasificación y especificaciones. *Diario Oficial de la Federación*.

Secretaría de Salud. (2016). Norma Mexicana NOM-159-SSA1/SCFI-2016, Huevos frescos, especificaciones sanitarias. *Diario Oficial de la Federación*.

Selçuk Üniversitesi. (2023). Lohmann Brown performance in aviary systems

Shaver Poultry Breeders Ltd. (s.f.). Shaver Brown: performance specifications — cage and alternative systems [Ficha técnica]. Recuperado de <https://www.shaver-poultry.com>

Shaver Poultry Breeders Ltd. (s.f.). Shaver White: alternative housing performance specifications. Recuperado de <https://www.shaver-poultry.com>

Shin, M., Han, Y., & Ahn, K. (2013). The influence of the time and temperature of heat treatment on the allergenicity of egg white proteins. *Allergy, Asthma & Immunology Research*, 5(2), 96-101.

Smith, A. R. (2020). Evaluación de la eficiencia en líneas de ponedoras Hy-Line. *Journal of Poultry Genetics*, 7(4), 123-135.

Smith, J. (2010). Historical development of the Shaver White laying hen line. *Canadian Poultry Journal*, 45(2), 67–74.

Sohail, M. U., Roland, D. A., et al. (2002). Effect of dietary phosphorus levels on production and bone characteristics in laying hens. *Poultry Science*, 81(9), 1337–1343. <https://doi.org/10.1093/ps/81.9.1337>

Sohail, M. U., Roland, D. A., et al. (2002). Effect of dietary phosphorus levels on production and bone characteristics in laying hens. *Poultry Science*, 81(9), 1337–1343. <https://doi.org/10.1093/ps/81.9.1337>

Sujatha, N., Bain, M. M., & Rodriguez-Navarro, A. B. (2014). Effect of nutritional manipulation during the prelay period on egg production and eggshell quality in laying hens. *Poultry Science*, 93(1), 191–198. <https://doi.org/10.3382/ps.2013-03315>

The Poultry Site. (2019). W-36 commercial layer strain: Performance and management. Recuperado de <https://www.thepoultrysite.com/articles/w-36-commercial-layer-strain-performance-and-management>

Tiwari, C., Balehegn, M., Adesogan, A. T., & McKune, S. L. (2023). Benefits, perceived and actual risks and barriers to egg consumption in low-and middle-income countries. *Frontiers in Animal Science*, 4, 1270588.

Torres, L. A. (2017). Adaptabilidad y resistencia en aves de postura Bovans: Una revisión. *International Poultry Review*, 10(3), 33-45.

Wot a Pullet. (2022). Extensive production performance of Shaver Brown hens: 317–372 eggs until 80 weeks.

Wot-A-Pullet. (2021). Performance of Bovans Brown in alternative production systems (floor, aviary, free-range). Wot-A-Pullet Poultry Reports. [layinghens.hendrix-genetics.com](http://layinghens.hendrix-genetics.com)

Wu, G., Gunawardana, P., Bryant, M. M., Voitle, R. A., & Roland, D. A., Sr. (2007). Effects of dietary energy and protein on performance, egg composition, egg solids, egg quality and profits of Hy-Line W-36 hens during phase 3. *Journal of Poultry Science*, 44(1), 52–57. <https://doi.org/10.2141/jpsa.44.52>

Yenilmez, F., & Atay, A. (2023). Changes in Egg Production, Egg Quality, Blood and Egg Cholesterol Levels with Age in Layer Hen. *European Journal of Veterinary Medicine*, 3(2), 6–11. <https://doi.org/10.24018/ejvetmed.2023.3.2>.

Yuan, J., Wu, F., Bryant, M. M., & Roland, D. A. (2009). Effects of dietary fat levels on performance, egg quality, and serum parameters of laying hens during early production. *Poultry Science*, 88(7), 1391–1398. <https://doi.org/10.3382/ps.2008-00482>

Zelalem, T., Nurfeta, A., & Melesse, A. (2023). Effect of replacing soybean meal with brewery dried grain on feed intake, egg production and egg quality parameters of Bovans Brown chickens. *Journal of Science and Development*, 11(1), 26–36.

Zhang, B., Weil, J., Beita Guerra, A., Maharjan, P., Hilton, K., Suesuttajit, N., Martinez, D. A., & Coon, C. N. (2022). Egg shell quality and bone status as affected by environmental temperature, Ca and non-phytate P intake and in vitro limestone solubility in Single-Comb White Leghorn hens. *International Journal of Poultry Science*, 19(5), 219–231. <https://doi.org/10.3923/ijps.2020.219.231>