



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

DC Dirección General
de Investigación
Universidad de San Carlos de Guatemala

Informe final de Proyecto de Investigación

DIGI-PUI-004

Informe final de proyecto de investigación

Universidad de San Carlos de Guatemala

Dirección General de Investigación

Programa Universitario de Investigación Interdisciplinaria de Salud-PUIIS.

**Evaluación de la calidad de huevos de codorniz japonesa (*Coturnix japonica*),
almacenados a diferentes tiempos, temperaturas y edades del ave.**

**Unidad avaladora: Instituto de Investigación en Seguridad Alimentaria y Nutricional IISAN-
CUNREU**

Partida presupuestaria: 4.8.74.1.02.

Nombre del Coordinador: Brenda Gabriela Nájera Figueroa

San Felipe, Retalhuleu 20/02/2026



Informe final de Proyecto de Investigación

Contraportada

Autoridades de la Dirección General de Investigación

Dra. Alice Patricia Burgos Paniagua
Directora General de Investigación

M.A. Sucelly Orozco de Morales
Coordinadora del Programa Universitario de Investigación Interdisciplinaria de Salud -PUIIS.

Autores

M.A. Brenda Gabriela Nájera Figueroa, 20180780

Nombre de la coordinadora del proyecto, No. Registro de Personal

Lic. Zoot. Eduardo Alberto Morales Flores, 20200145

Ing. Francisco Arturo Girón de León, 20230247

Nombre del investigador profesional, No. Registro de Personal

José Roberto Chacón Torres, 20251060

Nombre del auxiliar de investigación II, No. Registro de Personal

Heidy Lisbeth Macario Lainez, 20250519

Nombre del auxiliar de investigación I, No. Registro de Personal

Elíizabeth Lau Nájera

Samuel Benjamín Galindo López

Daniel Alejandro Lau Nájera

Estudiantes que colaboraron ad Honorem en la investigación

Colaborador en el análisis estadístico de la información: Dr. Leonel Adolfo Roldán. Profesor de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala (FOUSAC).

El contenido de este informe de investigación es responsabilidad exclusiva de sus autores.

Esta investigación fue cofinanciada con recursos del Fondo de Investigación de la DIGI de la Universidad de San Carlos de Guatemala a través de la partida presupuestaria número: 4.8.74.1.02 en el Programa Universitario de Investigación Interdisciplinaria de Salud-PUIIS.

Los autores son responsables del contenido, de las condiciones éticas y legales de la investigación desarrollada.



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

DC Dirección General
de Investigación
Universidad de San Carlos de Guatemala

Informe final de Proyecto de Investigación

Este informe está licenciado bajo una Licencia *Creative Commons* Atribución-No Comercial-Compartir Igual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0).

Puede copiarse, distribuirse y adaptarse con la condición de dar crédito a los autores, no usarlo con fines comerciales y compartir cualquier obra derivada bajo la misma licencia.

Para más información, visite: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>.



Informe final de Proyecto de Investigación

Índice general

Resumen	3
Palabras Clave	3
Abstract.....	4
Keywords.....	4
1. Introducción.....	5
2. Contexto de la Investigación	7
3. Revisión de Literatura	8
3.1. Introducción de la Codorniz a Guatemala	8
3.2 Producción de Huevos	8
3.2.1 Morfología y Peso del Huevo de Codorniz	10
3.2.2 Composición del Huevo	11
3.3 Características Físicas del Huevo de Codorniz.....	12
3.3.1 Cámara de Aire.....	12
3.3.2 Albúmina	13
3.3.3 Yema	14
3.4. Características Nutricionales del Huevo	14
3.5 Factores que Afectan la Calidad del Huevo.....	15
3.5.1 Calidad del Huevo	15
3.5.2 Parámetros Externos de Calidad del Huevo	15
3.5.3 Parámetros de Calidad Interna del Huevo	18
3.6 Características del Huevo de Codorniz.....	20
3.7 Conservación y Mercado del Huevo.....	22
Estado del Arte	23
4. Planteamiento del Problema	28
5. Objetivos.....	31
6. Hipótesis de Estudio	32



Informe final de Proyecto de Investigación

7. Método.....	32
7.1 Tipo de Investigación.....	33
7.2 Enfoque y Alcance de la Investigación.....	34
7.3 Diseño de la investigación	35
7.4 Población, muestra y muestreo	39
7.5 Técnicas	42
7.6 Resumen de las Variables o Unidades de Análisis	51
7.7 Procesamiento y Análisis de la Información	53
8. Aspectos Éticos y Legales	56
9. Resultados y Discusión.....	57
10. Propiedad intelectual	91
11. Beneficiarios Directos e Indirectos.....	91
12. Estrategia de divulgación y difusión de los resultados de la investigación.....	93
13. Contribución a las Prioridades Nacionales de Desarrollo (PND)	94
14. Otras contribuciones del proyecto al desarrollo	96
15. Vinculación.....	96
16. Conclusiones.....	97
17. Recomendaciones	98
Referencias	100
Apéndice.....	108



Informe final de Proyecto de Investigación

Resumen

La calidad del huevo de codorniz japonesa está influenciada por el tiempo y la temperatura de almacenamiento, así como por la edad productiva del ave, factores que afectan su conservación y valor nutricional. El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de la temperatura y el tiempo de almacenamiento sobre la calidad interna y externa del huevo de codorniz japonesa (*Coturnix japonica*), así como determinar la influencia de la edad del ave en dichas características.

Se empleó un diseño experimental factorial que incluyó dos temperaturas de almacenamiento (ambiente y refrigeración), seis períodos de almacenamiento (3, 6, 9, 12, 15 y 18 días) y tres edades de las aves (90, 180 y 270 días). Las variables evaluadas fueron peso inicial y final, pérdida de peso, índice de forma, color de yema, grosor de cáscara, pH y porcentajes de yema, albúmina y cáscara. Los datos se analizaron mediante estadística descriptiva y análisis de varianza, complementados con la prueba de comparación múltiple de Tukey ($\alpha = 0.05$).

Los resultados evidenciaron que el incremento del tiempo de almacenamiento redujo significativamente el peso final del huevo y aumentó la pérdida de peso, especialmente a temperatura ambiente ($p < 0.05$). Asimismo, se observó un aumento progresivo del pH y modificaciones en la proporción de albúmina y yema. La refrigeración permitió conservar mejor la calidad interna del huevo al reducir la pérdida de peso y mantener valores más estables de pH y composición interna. La edad del ave influyó en algunas características iniciales de calidad. Se evidenció que la refrigeración constituye una estrategia eficaz para prolongar la calidad y vida útil del huevo de codorniz, favoreciendo su conservación y comercialización.

Palabras Clave

1. Calidad del huevo	2. Coturnix japónica	3. Tiempo de almacenamiento	4. Temperatura de almacenamiento
----------------------	----------------------	-----------------------------	----------------------------------



Informe final de Proyecto de Investigación

Abstract

Japanese quail egg quality is influenced by storage time and temperature, as well as the bird's productive age factors that affect preservation and nutritional value. The objective of this research was to evaluate the effect of storage temperature and duration on the internal and external quality of Japanese quail (*Coturnix japonica*) eggs, and to determine the influence of bird age on these characteristics.

A factorial experimental design was employed, involving two storage temperatures (ambient and refrigeration), seven storage periods (0, 3, 6, 9, 12, 15, and 18 days), and three bird ages (90, 180, and 270 days). The variables evaluated included initial and final weight, weight loss, shape index, yolk color, shell thickness, pH, and the percentages of yolk, albumen, and shell. Data were analyzed using descriptive statistics and analysis of variance, complemented by Tukey's multiple comparison test ($\alpha = 0.05$).

The results showed that increased storage time significantly reduced final egg weight and increased weight loss, particularly at ambient temperature ($p < 0.05$). Additionally, a progressive increase in pH and changes in the albumen to yolk ratio were observed. Refrigeration better preserved internal egg quality by reducing weight loss and maintaining more stable pH values and internal composition. Bird age influenced certain initial quality characteristics. The findings demonstrate that refrigeration is an effective strategy for extending the quality and shelf life of quail eggs, thereby facilitating their preservation and marketing.

Keywords

1. Egg quality	2. Japanese Coturnix	3. Storage time	4. Storage temperature
----------------	----------------------	-----------------	------------------------

Informe final de Proyecto de Investigación

1. Introducción

La producción de huevos de codorniz japonesa (*Coturnix japonica*) ha experimentado un crecimiento significativo en diversos países debido a su elevado valor nutricional, su corto ciclo productivo y la creciente demanda en mercados especializados. Estos huevos constituyen una importante fuente de proteínas de alta calidad, vitaminas y minerales, por lo que su producción representa una alternativa viable para fortalecer la seguridad alimentaria y generar ingresos en sistemas productivos rurales (Genchev, 2012).

Entre los principales factores que influyen en la calidad del huevo se encuentra el almacenamiento posterior a la postura. Durante este período ocurren cambios físicos, químicos y estructurales que pueden afectar tanto su valor comercial como nutricional. Entre las modificaciones más frecuentes destacan la pérdida de peso ocasionada por la evaporación de agua y dióxido de carbono, el incremento del pH de la albúmina, la disminución de la viscosidad del albumen y las alteraciones en la proporción de los componentes internos del huevo (Samli et al., 2005).

La temperatura de almacenamiento constituye un factor determinante en la velocidad de deterioro de la calidad del huevo. Diversos estudios han demostrado que las temperaturas elevadas aceleran la pérdida de agua y favorecen cambios en la composición interna del huevo, mientras que la refrigeración contribuye a retardar estos procesos y a preservar la calidad durante períodos más prolongados (Akyurek y Okur, 2009). Asimismo, el tiempo de almacenamiento ejerce una influencia directa sobre variables relacionadas con la calidad del huevo, tales como el peso, el pH de la albúmina y la integridad estructural de la cáscara.

Otro factor relevante de mencionar, es la edad productiva de las aves, la cual puede influir significativamente en las características físicas y composicionales del huevo. Investigaciones previas han demostrado que la edad de la codorniz afecta variables como el peso del huevo, el grosor de la cáscara y la proporción de sus componentes internos, particularmente la yema y la albúmina, aspectos que pueden incidir en la estabilidad y conservación del huevo durante el almacenamiento (Alkan et al., 2010).



Informe final de Proyecto de Investigación

A pesar de la importancia de estos factores, aún existe información limitada acerca de la interacción entre la temperatura de almacenamiento, el tiempo de conservación y la edad productiva de las aves sobre la calidad del huevo de codorniz japonesa, especialmente bajo condiciones productivas tropicales. La comprensión de estas interacciones resulta fundamental para el establecimiento de estrategias de manejo posproducción que contribuyan a mejorar la conservación del huevo y mantener sus atributos de calidad para el consumo humano.

El presente estudio se desarrolló entre febrero de 2025 y febrero de 2026 en la granja experimental del Centro Universitario de Retalhuleu (CUNREU). Para su ejecución se utilizaron 150 codornices japonesas, alojadas en módulos conformados por jaulas metálicas equipadas con comederos y bebederos.

El objetivo del estudio fue analizar el efecto de la temperatura de almacenamiento, considerando condiciones ambientales (20–25 °C) y de refrigeración (6 °C), durante seis períodos de almacenamiento (3, 6, 9, 12, 15 y 18 días), así como evaluar la influencia de tres edades productivas de las aves (90, 180 y 270 días). A nivel de laboratorio se determinaron diferentes características de calidad interna y externa del huevo, incluyendo peso del huevo, índice de forma, color de yema, grosor de cáscara, pH y porcentajes de albúmina, yema y cáscara.

La evaluación de la calidad del huevo reviste especial importancia, ya que constituye un indicador de su frescura, vida útil y estabilidad durante el almacenamiento. En consecuencia, el estudio permite generar información relevante para garantizar la disponibilidad de productos inocuos y de alta calidad para los consumidores.

Los resultados obtenidos fueron divulgados a nivel municipal y departamental, así como entre la comunidad académica, autoridades del CUNREU, productores y consumidores de huevos de codorniz. La finalidad fue generar recomendaciones técnicas sobre las condiciones óptimas de tiempo y temperatura de almacenamiento que permitan preservar las características de calidad del huevo destinadas al consumo humano. De esta manera, el



Informe final de Proyecto de Investigación

estudio posee el potencial de contribuir al fortalecimiento del sector agroalimentario mediante la promoción de sistemas de producción avícola más eficientes, rentables y sostenibles.

2. Contexto de la Investigación

El municipio de San Felipe, departamento de Retalhuleu, es conocido como el “Pueblo Xampel” y como la “Tierra de la Moronga y el Chicharrón” (Geografía e Historia, 2024). Se localiza en la región suroccidental de la República de Guatemala y cuenta con una extensión territorial de 43 kilómetros cuadrados (km²). Se encuentra situado a 14 km de la cabecera departamental de Retalhuleu y a 190 km de la Ciudad de Guatemala. Limita al norte con el municipio de El Palmar, departamento de Quetzaltenango; al este con Nuevo San Carlos, Retalhuleu; al sur con los municipios de San Martín Zapotitlán, San Andrés Villa Seca, San Sebastián y Retalhuleu; y al oeste con San Francisco Zapotitlán y Pueblo Nuevo, departamento de Suchitepéquez.

San Felipe posee una importante riqueza histórica y cultural, reflejada en su fundación en 1579, su participación en el desarrollo de la antigua región de Zapotitlán y su desarrollo agrícola. Entre sus principales manifestaciones culturales destacan la fiesta patronal en honor a San Felipe Apóstol y la fiesta copatronal dedicada a Santa Catalina de Alejandría.

La actividad agrícola ha constituido históricamente uno de los pilares económicos del municipio, sobresaliendo el cultivo de café como una de las principales actividades productivas. En la actualidad, la diversificación agrícola ha favorecido el incremento del cultivo de especies frutales como banano, plátano, rambután y otros frutales tropicales. Asimismo, se producen cultivos destinados al autoconsumo, entre los que destacan maíz, frijol y pacaya (Guatemala.com, 2024).

El municipio presenta un clima tropical, caracterizado por temperaturas cálidas durante la mayor parte del año. La temperatura media anual es de aproximadamente 25.5 °C, con valores que generalmente oscilan entre 20 y 30 °C, condiciones favorables para el desarrollo de diversas actividades agropecuarias.

Informe final de Proyecto de Investigación

El presente estudio se desarrolló entre febrero de 2025 y febrero de 2026, en la Granja Experimental y el Laboratorio de Química del Centro Universitario de Retalhuleu (CUNREU), ubicados en el municipio de San Felipe, Retalhuleu. La ubicación geográfica del CUNREU se presenta en el Apéndice A.

Los resultados obtenidos, beneficiaron de manera directa a los pequeños productores de huevo de codorniz de la región, al proporcionar información técnica sobre las condiciones óptimas de almacenamiento para preservar la calidad del producto. De forma indirecta, los hallazgos favorecen a los consumidores, al contribuir a la disponibilidad de huevos con mejores características de calidad e inocuidad para el consumo humano.

3. Revisión de Literatura

Se describen a continuación, aspectos importantes en la producción, y huevos de codorniz.

3.1. Introducción de la Codorniz a Guatemala

En Guatemala se introdujeron las primeras codornices en 1974, a través de Eduardo Mendizabal, a quien un amigo extranjero le regaló 100 aves, mismas que ubicó en una granja de la zona uno de Mixco, al final del cementerio Las Flores.

La codorniz japonesa (*Coturnix japonica*) es un ave especialista en la producción de huevos, puede criarse en la mayoría de climas presentes en Guatemala (a partir de los 12 a 30°C); es menos activa en climas fríos.

3.2 Producción de Huevos

La codorniz doméstica tiene como característica principal ser muy buena para la postura, cuenta con un peso corporal aproximado de 110 gramos (g), consume de 20-25 g de alimento por día; la postura por mes es de 23 a 25 huevos, lo que se traduce en 250 a 300 huevos por año. El huevo tiene un peso medio de 9 g, llegando a un máximo de 15 g. Entre los factores que son determinantes para el peso óptimo del huevo, se pueden mencionar: la edad de las aves, la alimentación, el tiempo y temperatura ambiente al cual se almacenan los huevos.

Informe final de Proyecto de Investigación

En el Apéndice B se presenta una tabla de equivalencia entre el peso de los huevos de gallina y los huevos de codorniz, en la cual se observa que entre cinco y seis huevos de codorniz corresponden aproximadamente al peso de un huevo de gallina. Por su parte, el Apéndice C contiene información comparativa sobre las principales características productivas de ambas especies.

En términos de composición porcentual en peso, los huevos de gallina y de codorniz presentan proporciones similares entre sus componentes estructurales. La cáscara representa aproximadamente el 10.2 % del peso total del huevo, las membranas el 1.4 %, la albúmina el 46.1 % y la yema el 42.3 %.

En la producción de huevos de codorniz destinados al consumo humano, es recomendable que estos sean infértiles, ya que la ausencia de desarrollo embrionario favorece una mayor vida útil y mejores condiciones de conservación durante el almacenamiento. Para lograrlo, las hembras deben mantenerse separadas físicamente de los machos, aunque dentro del mismo galpón, de manera que el canto de estos actúe como estímulo para la ovoposición sin que ocurra el apareamiento. Bajo este sistema de manejo, se recomienda una relación aproximada de cuatro machos por cada 1,000 hembras, con el propósito de mantener el efecto estimulante sobre la postura y evitar la producción de huevos fértiles (Grimaldos, 2020).

Cuando los módulos o jaulas de producción no cuentan con sistemas automatizados de recolección, los huevos deben recolectarse al menos dos veces al día, preferiblemente durante la mañana y al finalizar la tarde, debido a que las codornices realizan la postura en diferentes momentos del día. Una vez recolectados, los huevos deben someterse a un proceso de selección cuidadoso, descartando aquellos que presenten fisuras, roturas, deformaciones en la cáscara o coloraciones anormales que puedan afectar su calidad comercial.

Únicamente los huevos que cumplan con los criterios establecidos de calidad deben destinarse al almacenamiento y posterior comercialización. Asimismo, para llevar un control adecuado de la productividad del lote, es necesario registrar diariamente el porcentaje de postura, calculado a partir de la relación entre el número de huevos recolectados y el total de

Informe final de Proyecto de Investigación

aves en producción. En condiciones normales de manejo, este indicador suele oscilar entre el 70 y el 90 %, aunque puede variar en función de factores como la edad, el estado fisiológico y las condiciones de manejo de las aves.

3.2.1 Morfología y Peso del Huevo de Codorniz

Grimaldos (2020) señala que los huevos de codorniz presentan, de manera característica, una conformación ovoide. Sin embargo, ocasionalmente pueden observarse formas anormales, tales como huevos redondeados, tubulares o excesivamente alargados, las cuales suelen estar asociadas con procesos inflamatorios del oviducto de las aves.

La coloración y pigmentación de la cáscara son altamente variables. La presentación más común corresponde a huevos con manchas oscuras irregulares distribuidas sobre toda la superficie de la cáscara, considerada la coloración normal de la especie. No obstante, también pueden encontrarse huevos con tonalidades azuladas, cenizas, beige, cafés o verdosas. Asimismo, es frecuente la aparición de huevos completamente blancos, condición que puede estar relacionada con un exceso de proteína en la dieta o con alteraciones inflamatorias del oviducto. Desde el punto de vista reproductivo, los huevos completamente blancos no son recomendables para procesos de incubación debido a que pueden reflejar alteraciones fisiológicas en las aves productoras. Sin embargo, estos huevos son aptos para el consumo humano, siempre que cumplan con los requisitos sanitarios y de calidad establecidos.

El peso del huevo de codorniz generalmente oscila entre 9.6 y 10.0 g, con una variación aproximada de 0.8 g. Esta característica constituye un importante criterio de calidad y valor comercial, ya que influye en la clasificación y aceptación del producto en el mercado.

Asimismo, el peso del huevo constituye un factor determinante cuando este se destina a la incubación, debido a su estrecha relación con el desarrollo embrionario, los índices de fertilidad e incubabilidad, así como con el peso y la viabilidad del polluelo al momento de la eclosión.

La resistencia de la cáscara del huevo de codorniz constituye una característica de gran importancia para su manejo, transporte y comercialización, ya que influye directamente en

Informe final de Proyecto de Investigación

la reducción de pérdidas ocasionadas por roturas. Generalmente, esta resistencia debe situarse en un rango de 1 a 3 kilogramos-fuerza (kgf). Este parámetro puede verse afectado por diversos factores nutricionales, especialmente por los niveles de calcio, fósforo y vitamina D presentes en la dieta de las aves, nutrientes esenciales para la adecuada formación y mineralización de la cáscara.

3.2.2 Composición del Huevo

El huevo de codorniz está compuesto principalmente por agua, proteínas, lípidos, carbohidratos, minerales y vitaminas, lo que le confiere un elevado valor nutricional. Diversos estudios han demostrado que su aporte de calorías, vitaminas y proteínas es comparable al contenido presente en 100 g de leche de vaca, destacando además, por su mayor concentración de hierro. Entre sus principales características nutricionales sobresalen su alto contenido proteico y su relativamente bajo contenido de agua y grasa, lo que lo convierte en un alimento de gran importancia para la alimentación humana (Grimaldos, 2020).

Cruz et al. (2016) señalan que el huevo de codorniz constituye un alimento de alto valor nutricional, especialmente durante la etapa de crecimiento y desarrollo infantil, debido a su contenido de vitaminas D, A, C, E, B1 y B2. Asimismo, su consumo es recomendado para mujeres en período posmenopáusico por su aporte de nutrientes esenciales. Entre sus principales características destacan su elevada digestibilidad, estimada en aproximadamente 97 %, y su menor contenido de colesterol en comparación con el huevo de gallina. Además, se considera un alimento hipoalergénico, por lo que puede representar una alternativa para personas con sensibilidad o alergia al huevo de gallina. Debido a sus propiedades nutricionales, también se ha recomendado su inclusión en la alimentación de personas con enfermedades cardiovasculares, como arteriosclerosis e hipertensión arterial.

Heredia (2009) señala que el consumo de huevo de codorniz puede contribuir al mejoramiento del perfil lipídico debido a la presencia de ácidos grasos omega-3 en su composición. Estos compuestos se asocian con la reducción de los niveles de triglicéridos en

Informe final de Proyecto de Investigación

sangre, por lo que pueden representar un complemento nutricional en el manejo de la hipertrigliceridemia, particularmente en personas con diabetes. Asimismo, se ha reportado que sus componentes nutricionales podrían desempeñar un papel favorable en la prevención de ciertas enfermedades crónicas, incluido el cáncer de mama, además de contribuir al adecuado funcionamiento del sistema nervioso y al mantenimiento de la salud neurológica.

3.3 Características Físicas del Huevo de Codorniz

Los huevos de codorniz pueden presentar variaciones en su forma y tamaño, observándose desde huevos de conformación más esférica o redondeada hasta otros con características morfológicas diferentes. Asimismo, existe variabilidad en su peso y dimensiones, encontrando huevos de tamaño relativamente grande o pequeño. Diversos factores ambientales pueden influir en estas características, especialmente las altas temperaturas, las cuales reducen el consumo de alimento por parte de las aves y, en consecuencia, pueden ocasionar una disminución en el tamaño y peso del huevo (Herrera et al., 2009).

Por otra parte, Toledo (2012) señala que la coloración de la cáscara depende de los pigmentos depositados durante las etapas finales del tránsito del huevo por el oviducto. Estos pigmentos forman una fina capa adherida a la cutícula de la cáscara, dando lugar a la apariencia característica de los huevos de codorniz, generalmente identificada por manchas de color café distribuidas de manera relativamente uniforme sobre su superficie.

Durante el almacenamiento, la pérdida gradual de humedad a través de los poros de la cáscara provoca un incremento en el tamaño de la cámara de aire. Este proceso se asocia con una disminución de la elasticidad y frescura del huevo, constituyendo uno de los principales indicadores del deterioro de su calidad durante la conservación.

3.3.1 Cámara de Aire

La cámara de aire se forma como consecuencia del enfriamiento del huevo después de la oviposición. A medida que disminuye su temperatura, los líquidos y gases contenidos en su interior se contraen, lo que provoca que la membrana interna de la cáscara se separe

Informe final de Proyecto de Investigación

parcialmente de la membrana externa. Como resultado de este proceso se origina la cámara de aire, cuyo tamaño aumenta progresivamente durante el almacenamiento debido a la pérdida de humedad y gases. Este fenómeno se asocia con una disminución de la frescura y de las propiedades físicas del huevo (Serra et al., 2006).

Los huevos frescos de codorniz pueden presentar flotabilidad en agua desde los primeros días posteriores a la puesta, comportamiento que se atribuye al tamaño relativamente mayor de su cámara de aire en comparación con la de los huevos de gallina. Esta característica debe considerarse al utilizar métodos empíricos de evaluación de frescura basados en la flotación.

Genchev (2012) evaluó las características de la cámara de aire en huevos de codorniz y reportó valores comprendidos entre 0.191 y 0.219 mm, observando que sus dimensiones varían en función del tiempo de almacenamiento transcurrido después de la puesta. Estos resultados evidencian la relación existente entre la conservación del huevo y los cambios estructurales que ocurren durante su almacenamiento.

3.3.2 Albúmina

Estudios realizados en la Universidad de Murcia (2011) indican que la firmeza y la consistencia de la albúmina constituye un importante indicador de la calidad interna del huevo de codorniz. Durante el almacenamiento prolongado, la albúmina experimenta cambios físicos que reducen su viscosidad, adquiriendo una consistencia más líquida y extendiéndose con mayor facilidad cuando el contenido del huevo se deposita sobre una superficie plana.

La evaluación de la calidad de la albúmina se realiza comúnmente mediante las Unidades Haugh (UH), parámetro ampliamente utilizado para determinar la frescura y calidad interna del huevo. Este índice se basa principalmente en la altura de la albúmina densa, de manera que valores más elevados de altura y de Unidades Haugh indican una mejor calidad y frescura del huevo.

Informe final de Proyecto de Investigación

3.3.3 Yema

La yema de un huevo de buena calidad debe presentar una forma redondeada y uniforme, con una apariencia esférica bien definida y una adecuada prominencia sobre la albúmina. Su coloración está estrechamente relacionada con la alimentación suministrada a las aves, particularmente con el contenido de pigmentos naturales, como los carotenoides y las xantofilas, presentes en los ingredientes de la dieta (Universidad de Murcia, 2011).

3.4. Características Nutricionales del Huevo

Los huevos de codorniz son considerados un alimento de alto valor nutricional debido a su aporte de nutrientes esenciales para el organismo. Entre sus principales componentes destacan las vitaminas D, B2, B6 y B9, así como minerales como selenio, hierro, fósforo y yodo. Además, contienen ácidos grasos monoinsaturados, proteínas de alta calidad, lípidos y agua. En menor proporción, también aportan vitamina A, zinc, calcio, sodio, potasio, magnesio, carbohidratos y ácidos grasos saturados y poliinsaturados, lo que contribuye a su importancia dentro de una alimentación equilibrada.

Entre los nutrientes presentes en el huevo de codorniz, la vitamina D reviste especial importancia debido a su participación en la absorción y metabolismo del calcio y fósforo, minerales fundamentales para la formación y mantenimiento de huesos y dientes. Asimismo, esta vitamina interviene en diversos procesos fisiológicos relacionados con el crecimiento celular y el funcionamiento adecuado del sistema inmunológico, contribuyendo a la protección del organismo frente a diversas infecciones (Estrada, 2010).

De acuerdo con Pérez (2004), la vitamina D también se ha asociado con efectos beneficiosos sobre la salud cardiovascular y con la regulación de diversos procesos metabólicos. Además, participa en mecanismos fisiológicos relacionados con la función digestiva y el aprovechamiento de nutrientes, favoreciendo el mantenimiento de un adecuado estado nutricional. No obstante, los beneficios atribuidos a este nutriente deben interpretarse en el contexto de una dieta equilibrada y de hábitos de vida saludables.

Informe final de Proyecto de Investigación

3.5 Factores que Afectan la Calidad del Huevo

3.5.1 *Calidad del Huevo*

La evaluación de la calidad del huevo comprende el análisis de características externas e internas que permiten determinar su estado de conservación y aptitud para el consumo. Entre los principales parámetros de calidad externa se incluyen el peso del huevo, el índice de forma, color de yema y resistencia mecánica de la cáscara. Por otra parte, la calidad interna se determina mediante la valoración de atributos como la calidad de la yema y de la albúmina, Unidades Haugh, el índice de albúmina y su grado de transparencia, indicadores estrechamente relacionados con la frescura y calidad del producto (Preciado et al., 2006).

La albúmina es uno de los componentes del huevo más susceptible a experimentar cambios físicos y químicos durante el almacenamiento. Estas modificaciones pueden verse influenciadas por las condiciones ambientales y el tiempo transcurrido desde la puesta, afectando progresivamente la calidad interna del huevo. Asimismo, diversos factores biológicos y de manejo pueden alterar el equilibrio físico de sus componentes, entre los que destacan la raza, la edad de las aves, la alimentación y la presencia de enfermedades, los cuales influyen directamente en las características de calidad del huevo (Periago, 2013).

3.5.2 *Parámetros Externos de Calidad del Huevo*

Peso del huevo. Rodríguez y Cruz (2017) hacen referencia que el peso del huevo está íntimamente relacionado con la raza, alimentación, y edad del ave. Este es un factor importante que determina la incubabilidad. Las codornices presentan un peso del huevo que es correspondiente aproximadamente al 8% del peso vivo del ave. La cantidad de proteína y valor de energía de la dieta es un factor que tiene predominante influencia en el peso de los huevos de codorniz. El contenido proteico y energético de la ración es un factor nutricional que influye en gran medida en el peso del huevo (Pinto, 2002).

Índice de forma. El índice de forma es un parámetro que se determina a partir de la relación entre el ancho y el largo del huevo, medidos en milímetros (mm). Este indicador permite evaluar la conformación morfológica del huevo y constituye una característica importante

Informe final de Proyecto de Investigación

para estimar su calidad externa y resistencia mecánica. Los huevos que presentan formas irregulares o anomalías en su superficie, tales como protuberancias o zonas ásperas, suelen exhibir una menor resistencia de la cáscara, lo que incrementa la probabilidad de roturas durante las etapas de manipulación, almacenamiento y transporte. En consecuencia, estas alteraciones pueden afectar negativamente la calidad comercial y el valor del producto (Caballero et al., 2011).

El índice de forma ideal está entre 74-76%, lo que indica una forma ovalada equilibrada; cuándo se tienen índices de forma menores al 72% la forma del huevo es alargada; índices de forma por arriba del 76% indican una forma del huevo redonda, lo cual afecta al momento de colocarlos en las bandejas para ser incubados. Se hace la referencia que índices de forma debajo del 70%, indican un mal manejo de las aves en cuanto a nutrición y sanidad (Fernández, 2000).

La forma adecuada del huevo reviste especial importancia cuando este se destina a la incubación, ya que facilita la identificación de sus polos. El polo ancho alberga la cámara de aire y debe colocarse orientado hacia arriba, mientras que el polo estrecho o acuminado debe situarse hacia abajo. Esta posición favorece el desarrollo embrionario normal y contribuye a mejorar los resultados de incubación, al mantener la orientación adecuada del embrión dentro del huevo.

Índice de cáscara. García et al. (2009) señalan que el índice de cáscara constituye un indicador importante de la calidad externa del huevo, ya que está relacionado con su dureza, resistencia y permeabilidad. Este parámetro guarda estrecha relación con la cantidad de carbonato de calcio (CaCO_3) presente en la cáscara, compuesto que aporta rigidez y protección al contenido interno del huevo. En condiciones normales, el porcentaje de cáscara oscila entre el 10 y el 12 % del peso total del huevo; valores cercanos al 5 % se asocian con cáscaras excesivamente delgadas y frágiles, con mayor susceptibilidad a fracturas. Las alteraciones en la calidad de la cáscara pueden estar relacionadas con diversos factores, entre

Informe final de Proyecto de Investigación

ellos enfermedades, deficiencias nutricionales o un estado fisiológico inadecuado de las aves productoras.

Grosor de la cáscara. Este factor es fundamental para que los huevos sean resistentes a la rotura. Huevos con cáscaras porosas y muy delgadas, sufren de una evaporación más intensa del agua, están propensos a perder peso con mayor rapidez. La porosidad de la cáscara, permite el ingreso de patógenos, lo que trae como consecuencia una calidad menor comparándola con aquellos huevos que poseen cáscaras gruesas y poco porosas (Periago, 2005).

La calidad del huevo está relacionada con varios factores que son de gran importancia para el consumidor final, entre ellos se pueden mencionar: resistencia a la rotura, gravedad específica, peso, grosor y porcentaje de cáscara.

La estructura de las membranas de la cáscara constituye un aspecto relevante en la calidad del huevo. Se ha observado que los huevos producidos por aves de mayor edad presentan membranas de menor peso y con una composición de aminoácidos diferente a la de los huevos provenientes de aves jóvenes, lo que puede influir en sus características físicas y en su capacidad de conservación.

Asimismo, la selección genética desempeña un papel fundamental en la calidad del huevo, particularmente en características relacionadas con el espesor y la resistencia de la cáscara. Estas propiedades son de gran importancia debido a su influencia sobre la protección del contenido interno del huevo y su capacidad para soportar las condiciones de manipulación, almacenamiento y transporte. Por otra parte, la temperatura ambiental constituye uno de los factores de mayor impacto sobre la productividad y calidad del huevo. La exposición de las aves a temperaturas elevadas puede ocasionar una disminución en la tasa de postura, así como una reducción en el tamaño del huevo y un deterioro de la calidad de la cáscara, afectando negativamente su valor comercial y su capacidad de conservación (Buxadé, 1987).

Color. La cáscara y su color están en dependencia de la pigmentación que segrega el segmento final del oviducto. Estos pigmentos tienden a formar una película que se pega a la

Informe final de Proyecto de Investigación

cáscara en su cutícula, dando una coloración al huevo generalmente con manchas marrones, distribuidas de forma homogénea en toda la cáscara del huevo (Toledo, 2012).

3.5.3 Parámetros de Calidad Interna del Huevo

La calidad interna del huevo se relaciona con las características físicas de la yema y la albúmina. Tanto los huevos de codorniz como los de gallina son susceptibles a deteriorarse a temperatura ambiente. Rodríguez (2016) describe que la calidad de la albúmina depende del contenido de agua y proteína. Los parámetros de calidad interna que se deben medir en la albúmina son: Unidades Haugh, nivel de albúmina, índice de albúmina densa y transparencia de la albúmina. Para medir la calidad en la yema se requiere el índice de yema, peso, tamaño y color.

Calidad de la albúmina. Uno de los métodos utilizados para evaluar la calidad de la albúmina del huevo son las Unidades Haugh, en la cual se mide la altura de la albúmina densa; esta proporción se relaciona con el contenido total del huevo y su consistencia (Buxadé, 1987).

Todos los procesos infecciosos que de alguna forma afectan el aparato reproductor del ave, hacen que se disminuya la capacidad de sintetizar las proteínas de la albúmina, lo cual afecta la calidad interna del huevo. Cuando se tienen altas concentraciones de amoníaco (NH_3), éste provoca que la calidad de la albúmina disminuya. La calidad del huevo se ve afectada después de la oviposición, y en mayor proporción entre los tres o cuatro días después de la puesta; el dióxido de carbono (CO_2) disuelto en la albúmina que se da durante el proceso de formación del huevo, se libera a la atmósfera, dando como consecuencia un gradiente negativo de concentraciones lo cual afecta a la albúmina, sufriendo un proceso de fluidificación (De Blas, et al., 2014).

Este parámetro de calidad interna del huevo, se calcula por el método de Raymond Haugh. Para determinar las Unidades Haugh, se correlaciona la altura de la albúmina, el peso y la temperatura en el interior del huevo (Redondo, 2003).

La fórmula que se emplea para el cálculo de las Unidades Haugh es:

Informe final de Proyecto de Investigación

$U.H. = 100 * \log (\text{altura de la albúmina} - 1,7) * (\text{peso huevo} * 0.37 + 7.57)$

Índice de la yema. Juárez et al. (2010) indican que este índice se relaciona con la forma de la yema, así como con la frescura y calidad que presenta el huevo. Si el huevo es fresco, la yema presentará una estructura más compacta.

Color de Yema. El color de la yema de huevo está determinado por el tipo y perfil de carotenoides presentes en el alimento o pienso que se les brinda a las aves y cómo éste es absorbido por el intestino.

El análisis de color de yema se realiza con el abanico DSM YolkFan (anteriormente Roche), comparando de forma visual el color de la yema contra 15 o 16 láminas de color estandarizadas. Las unidades se brindan en una escala numérica entera del 1 al 15 o 16, donde 1 es amarillo pálido y 15-16 es naranja intenso. Se debe de comparar el color de la yema, utilizando un fondo blanco, bajo la luz natural difusa, no directa y se anota el resultado de la lámina con la que coincida mejor el color de la yema.

En la mayoría de países los consumidores de huevo prefieren un color de yema con un valor dsm-firmenich YolkFan de 12 o más. El dsm-firmenich YolkFan ofrece un medio sencillo, preciso y uniforme para medir el color de la yema de huevo. Para garantizar una precisión óptima durante la medición, se deben tener en cuenta los siguientes factores: La evaluación debe llevarse a cabo contra una superficie blanca no reflectante, para eliminar la influencia de los colores adyacentes. Las hojas del dsm-firmenich YolkFan deben sostenerse inmediatamente por encima de la yema de huevo y observarse verticalmente desde arriba, con los números de las hojas hacia abajo y la yema colocada entre los extremos de las varillas. La persona que realiza la medición siempre debe mirar hacia el lado de la varilla sin números y registrar el número del color obtenido. El abanico debe estar cerrado de la medición de un huevo al siguiente para asegurar la independencia de cada medición. La evaluación debe llevarse a cabo con luz natural indirecta y no con luz artificial. El uso de luz indirecta evita los reflejos molestos de la superficie brillante de la yema.

Informe final de Proyecto de Investigación

El análisis del color de la yema se realiza con la finalidad de determinar la disposición de pigmentos (carotenoides) que proviene de la dieta suministrada a las aves; cuando se obtiene un mayor valor numérico en las tiras, indica que hay una mayor pigmentación (Nutrición y Salud Animal, s.f).

3.6 Características del Huevo de Codorniz

Kul y Seker (2004) refieren que la estructura del huevo de codorniz (*Coturnix coturnix japonica*) presentan parámetros de calidad estándar con una estructura que aproximadamente cuenta con los siguientes porcentajes: albúmina (clara) 60-65%, yema 28-32% y cáscara 7-9% del peso total. El peso promedio del huevo es de 10-12 g, con un pH en la yema de 6.29 y en la albúmina de 9.13; estos parámetros difieren del huevo de gallina, que contiene un 58% de albúmina y 31% de yema. Estos valores pueden variar ligeramente según la edad de la codorniz, la dieta que se le administre y el tiempo de almacenamiento de los huevos.

Albúmina (Clara): Constituye aproximadamente un valor del 60-65% del peso del huevo. Presenta un pH alcalino, comúnmente medido alrededor de 9.13. La calidad interna se mide en unidades Haugh. Si se tiene una frescura alta, se obtendrán valores mayores al 75%.

Yema: Representa entre el 28% y 32% del peso total del huevo. El pH de la yema es ligeramente ácido, con un valor promedio de 6.29. El índice de yema (relación altura/diámetro) es una medida clave que, en condiciones frescas, es de aproximadamente 0.44.

Cáscara: Representa el 7-9% del peso total del huevo. El grosor de la cáscara es un parámetro importante para medir la resistencia del huevo.

El huevo de codorniz tiene una forma ovoide ligeramente irregular, presentando en promedio un diámetro transversal de 2.41 cm y un diámetro longitudinal de 3.25 cm. El peso influye notablemente en el valor comercial del huevo de codorniz, y en las posibilidades de lograr una mejor incubación de los mismos. Entre otros factores se pueden mencionar:

- El peso está determinado en gran medida por el grosor de la cáscara, y éste a factores hereditarios vinculados a la densidad de la misma, además de la temperatura, humedad, y la alimentación.

Informe final de Proyecto de Investigación

- Las altas temperatura hacen que el peso del huevo disminuya.
- La edad del ave, ya que animales jóvenes y viejos producen huevos con un menor peso.
- Influye en el peso de los huevos, la rapidez con la que el huevo atraviesa el complejo ovular en las distintas secciones del oviducto del ave
- Estudios relacionados con el peso del huevo de codorniz infieren que raciones ofrecidas a las aves que contengan bajo nivel de energía y un máximo de 14% de proteína, reducen el tamaño del huevo, con mayor influencia que el nivel de puesta en la gallina.

El huevo de codorniz presenta en un 80% de los casos forma ovoide, dando formas alargadas, redondas o tubulares en muy pocos casos (España, 2014).

La cáscara es la parte externa que protege el contenido interno del huevo (albúmina y yema). Está compuesta por carbonato de calcio (CaCO_3) y posee millones de pequeños poros que hacen que el huevo pueda respirar, además de realizar el proceso de intercambio gaseoso entre la parte interior hacia el exterior. Está dividida en 3 partes: la cutícula que ésta en el lado externo de la cáscara y posee un espesor de 0.03 a 0.07 mm, la cáscara que posee una consistencia calcárea que es muy resistente a la rotura, y las membranas que están adheridas a la cáscara por la parte de adentro (Cumpa, 1999).

En la tabla 1 se hace un análisis comparativo de los componentes de la estructura del huevo de gallina y el de codorniz.

Informe final de Proyecto de Investigación

Tabla 1

Análisis comparativo de los componentes estructurales del huevo de gallina y codorniz

Componentes	Gallina	Codorniz
Peso promedio (g)	67.8	11.4
Porción comestible (%)	88.4	88.59
Cáscara (%)	11.5	11.41
Yema (%)	29.1	42.98
Clara (%)	59.3	45.61

Fuente. Closa, et al., (1999).

3.7 Conservación y Mercado del Huevo

Vásquez y Ballesteros (2007) indican que desde el momento que la codorniz oviposita el huevo, éste inicia a perder humedad, por lo que se recomienda que se almacene por un período corto de tiempo (menos de 15 días) ya que, si se somete a un almacenamiento prolongado, el huevo pierde sus características de calidad, debido a la pérdida de dióxido de carbono (CO₂) y agua; el perderse estos componentes hace que el sabor del huevo se sienta alterado.

Los huevos de recién postura tienen un potencial de hidrógeno neutro (pH 7.0), la clara es transparente, limpia y de estructura densa, y presentan una fracción fluida muy pequeña. Si el huevo pierde su calidad por almacenamiento prolongado, éste sufre un incremento en el pH (alcalinidad) en su interior. La medición de la calidad de la albúmina, es un factor determinante para la calidad interna del huevo; a medida que ésta envejece, incrementa su proporción líquida, por lo que es importante el almacenamiento del huevo en condiciones controladas de refrigeración.

Los establecimientos que comercializan huevos de codorniz, se les recomienda que los espacios de almacenamiento tengan buena ventilación, sean frescos, limpios y se mantengan a temperatura de refrigeración, ya que esto ayuda a conservar mejor la calidad interna de los huevos. Aproximadamente el 92% de los huevos son comercializados sin que hayan recibido



Informe final de Proyecto de Investigación

refrigeración. A la hora de la venta, se recomienda ofrecerlos en cajas de cartón en presentaciones de 12, 24 y 36 unidades, las cuales deben tener un orificio en la parte superior y estar cubiertas con papel celofán. Se pueden también comercializar en empaques de plástico; estos brindan mayor visibilidad y presentación del producto y facilitan el transporte y almacenamiento (Vásquez y Ballesteros, 2007).

Estado del Arte

A continuación, se presentan diversas investigaciones relacionadas con la calidad del huevo de codorniz, así como con los efectos de la temperatura, el tiempo de almacenamiento, y la edad productiva de las aves sobre sus características físicas y químicas. Estos antecedentes científicos guardan una estrecha relación con el presente estudio, ya que aportan fundamentos teóricos y evidencia empírica que contribuyen a la comprensión de los factores que influyen en la conservación y calidad de los huevos de codorniz.

El estudio realizado por Kul y Seker (2004) analizó las correlaciones fenotípicas entre características de calidad interna y externa del huevo en codorniz japonesa (*Coturnix coturnix japonica*). Evaluaron variables como peso del huevo, grosor de la cáscara, índice de forma, peso de la yema y albúmina, entre otros parámetros. Los resultados mostraron que existen relaciones significativas entre varias características externas e internas. Se encontró que el peso del huevo se correlaciona positivamente con el peso de la yema y la albúmina, indicando que huevos más grandes tienden a tener mayor contenido interno. Asimismo, el grosor de la cáscara presentó asociaciones con algunas variables de calidad interna. El índice de forma también mostró relación con ciertas características estructurales del huevo. Sin embargo, no todas las variables presentaron correlaciones fuertes, lo que sugiere independencia parcial entre algunos rasgos. Estas relaciones permiten identificar indicadores externos que pueden predecir la calidad interna del huevo. El estudio resalta la importancia de estas correlaciones para programas de selección genética. Los autores concluyen que la mejora de características externas podría contribuir indirectamente a optimizar la calidad interna del huevo en codorniz japonesa.

Informe final de Proyecto de Investigación

Según Pedrozo et al. (2006) en su trabajo: "Desarrollo embrionario y eclosión de huevos de codorniz almacenados durante diferentes períodos e incubados a diferentes niveles de humedad y temperatura"; evaluaron parámetros que se relacionaban con la incubación de huevos fértiles de codorniz japonesa; éstos se almacenaron durante tres períodos: 0, 72 y 144 horas; se incubaron a dos diferentes humedades relativas (55 y 56%) y dos diferentes temperaturas de almacenamiento (36.5 y 37.5°C). Recomiendan que los huevos de codorniz deben almacenarse por periodos de hasta 72 horas y la incubación debe realizarse a 37.5°C y de 55 a 65% de humedad relativa.

Antoniol de Moura et al. (2008) evaluaron "La temperatura de almacenamiento y el tipo de envase y su efecto en la calidad interna de huevos de codorniz japonesa (*Coturnix japonica*)". Para el estudio utilizaron distintos días de almacenamiento (5, 10, 15 y 20), en combinación de dos temperaturas de almacenamiento (ambiente y refrigerado) y tres tipos de envase (papel, espuma de poliestireno y plástico). Estudiaron las variables: % de pérdida de peso, altura de albúmina en mm, y Unidades Haugh (UH). Las conclusiones fueron, que con el aumento del tiempo de almacenamiento se redujo la altura de albúmina y las UH; se perdió peso en los huevos que se almacenaron a temperatura ambiente. El utilizar envase de espuma de poliestireno es recomendable ya que se pierde menos peso en los huevos, en comparación con los otros dos envases en estudio, independientemente del tiempo y temperatura de almacenamiento utilizado.

Stojčić et al. (2012) estudiaron el tema: "Determinación de algunos rasgos de calidad exterior e interior de los huevos de codorniz japonesa (*Coturnix japonica*) "; evaluaron a nivel de laboratorio, algunos rasgos de calidad exterior e interior de huevos de codorniz en dos granjas de Serbia. Las características evaluadas fueron: peso (huevo, albúmina, yema y cáscara), cáscara (fuerza de rotura y grosor), color de yema y altura de la albúmina. Los resultados obtenidos concluyeron que la calidad tanto en el exterior como en el interior de los huevos de las dos granjas en Serbia, no difieren de los resultados obtenidos en otros países.

Informe final de Proyecto de Investigación

El estudio de Caner y Yüceer (2025) analizó la eficacia de distintos recubrimientos a base de proteínas para prolongar la vida útil de huevos frescos durante el almacenamiento. Se evaluaron tratamientos como proteína de suero (WPI y WPC), Zeína y Shellac, comparándolos con huevos sin recubrimiento. Los huevos fueron almacenados a temperatura ambiente durante varias semanas y se midieron parámetros de calidad interna y externa. Los resultados evidenciaron que los recubrimientos reducen significativamente la pérdida de peso y mejoran la resistencia de la cáscara. Además, ayudan a mantener la calidad de la albúmina, reflejada en valores más altos de unidad Haugh, viscosidad y estabilidad funcional. Los huevos sin recubrimiento mostraron mayor deterioro, con aumento del pH y disminución de la calidad interna. Entre los tratamientos, los recubrimientos de Shellac y Zeína resultaron más efectivos en la conservación de la calidad del huevo. Los recubrimientos actuaron como barrera que limitó la pérdida de humedad y gases, retardando el envejecimiento del huevo. Concluyen que el uso de recubrimientos proteicos es una alternativa viable para mejorar la conservación del huevo durante el almacenamiento prolongado.

Noj (2016) en su estudio sobre el "Diseño de un sistema de costos reales en la producción de huevos de codorniz", describe que financieramente la producción de huevos de codorniz es una actividad rentable, para la empresa La Codorniz Coturnix Japonica S.A., de Guatemala, en la cual realizó su investigación.

Roriz et al. (2016) investigaron "El periodo de almacenamiento afecta la pérdida en el peso de los huevos de codorniz japonesa". La investigación se centró en evaluar en los huevos de codorniz japonesa, el efecto del período de almacenamiento sobre la pérdida de peso, la temperatura de la superficie de la cáscara del huevo, la incubabilidad y la mortalidad del embrión. Se trabajó con una muestra de 200 huevos fértiles de 30 semanas de edad, de una manada de codornices japonesas. Los huevos se evaluaron durante 10 días consecutivos tras la puesta, y se incubaron inmediatamente. Los resultados obtenidos concluyeron que los huevos que tuvieron 10 días de almacenamiento presentaron mayor pérdida de peso, por lo que se recomienda un período de almacenamiento de 5 días para mantener la calidad de los huevos para incubar. La temperatura de la superficie de la cáscara del huevo aumentó durante

Informe final de Proyecto de Investigación

la segunda mitad del tiempo de incubación, debido a que aumentó la tasa metabólica del embrión.

En la investigación de Araujo et al. (2017) sobre "La edad de la codorniz, el almacenamiento de los huevos y su efecto en la incubabilidad, la calidad de los neonatos de codorniz y las características de la bolsa de Fabricio", realizaron dos experimentos en donde utilizaron distintos días de almacenamiento (1, 3, 6, 9 y 12) y temperaturas (28 y 14°C), en huevos incubables de codornices reproductoras; se utilizaron dos etapas de reproducción de las codornices (24 y 43 semanas); totalizando 20 tratamientos con 52 huevos cada uno. Se evaluó en los huevos: la incubabilidad, calidad de neonatos y las características de la bolsa de Fabricio. Los resultados obtenidos muestran que los huevos fértiles incubables de codornices, deben almacenarse a 14°C para que se mantenga la calidad física e inmunológica de la progenie; también se observó que los huevos de codornices de mayor edad originan codornices de menor calidad cuando se les almacena a 14°C.

El objetivo de la investigación de Ondrušíková et al. (2018) "Efecto de diferentes tiempos de almacenamiento en las características de calidad del huevo de codorniz japonesa"; fue evaluar los parámetros de: pérdida de peso del huevo, cambio en el índice de clara y yema, UH y color de la yema; durante un almacenamiento de 0, 1, 2, 4, 6 y 8 semanas, a una temperatura de 4°C. Los resultados demostraron que los días de almacenamiento de los huevos de codorniz fueron estadísticamente significativos con los rasgos de calidad que se observaron.

Hegab, I. Y Hanafy, A. (2019) en su trabajo: " Efecto del peso del huevo sobre las cualidades externas e internas, fisiológicas, y el éxito de eclosión de los huevos de codorniz japonesa"; estudiaron el efecto del peso y las características físicas de los huevos sobre el desarrollo del embrión, la incubabilidad y el peso de las crías. Se trabajó con una muestra de 689 huevos, de dos categorías: (pequeños < 13.5 g y grandes > 13.5 g). Se midieron algunos rasgos externos de la cáscara, y de calidad interna del huevo. Se extrajeron y analizaron triyodotironina (T3) y tiroxina (T4) tisulares de embriones de ambos tamaños en los días 6 y 14 de incubación. Recomiendan utilizar huevos de mayor tamaño, ya que con éstos se obtuvo

Informe final de Proyecto de Investigación

una mayor incubabilidad, menores tasas de muerte del embrión y crías más pesadas; en comparación con los huevos de menor tamaño estudiados.

El estudio de Northcutt et al. (2022) "Huevos de codorniz japonesa y su calidad después de un almacenamiento refrigerado prolongado"; consistió en almacenar los huevos durante 0, 30, 60, 90 y 120 días a una temperatura de 4°C, con el fin de determinar el efecto del almacenamiento sobre la calidad. Se evaluaron microorganismos aeróbicos totales (APC), levaduras y mohos (YM). Los microorganismos se recuperaron por medio de 3 métodos diferentes (enjuague de la superficie de la cáscara, enjuague con trituración de la cáscara, y enumeración del contenido); los resultados obtenidos fueron que los APC y los YM en la superficie de la cáscara disminuyeron en un 87% desde el día cero hasta los 120 días de almacenamiento. Se midió también el pH de la albúmina el cual aumentó de 8.91 a 9.22 del día cero al día 30 de almacenamiento. Se midió la altura de la albúmina, encontrando una mayor disminución entre cero (3.9 mm) y 30 días (3.4 mm) antes de una disminución de 2.5 mm después de los 120 días. El pH de la yema también se incrementó con el tiempo prolongado de almacenamiento, encontrando cambios significativos entre los 90 y 120 días, en donde las UH disminuyeron a 3.7.

El estudio de An y Lee (2023) evaluó el efecto de la temperatura de almacenamiento sobre la calidad del huevo y el comportamiento de *Salmonella Enteritidis* inoculada en la cáscara. Se utilizaron huevos sin lavar, almacenados a diferentes temperaturas (10 °C, 25 °C y 35 °C) durante varios días. Se analizaron tanto parámetros microbiológicos como indicadores de calidad interna del huevo. Los resultados evidenciaron que la temperatura influyó significativamente en la supervivencia de *Salmonella* en la superficie del huevo. A 10 °C, la bacteria sobrevivió por más tiempo, mientras que a temperaturas más altas su detección disminuyó en los primeros días. Sin embargo, los cambios de temperatura no fueron efectivos para eliminar completamente la bacteria. En cuanto a la calidad interna, parámetros como la unidad Haugh, índice de yema y pH de la albúmina se mantuvieron relativamente estables durante el almacenamiento.

Informe final de Proyecto de Investigación

El objetivo del estudio de Carvalho et al. (2023) "Calidad de los huevos de codorniz japonesa según los diferentes periodos de almacenamiento y temperaturas", fue evaluar la calidad de los huevos a dos temperaturas de almacenamiento (26.8 y 10.9°C) y siete distintos días de almacenamiento (0, 5, 10, 15, 20, 25 y 30). Se utilizó una muestra de 196 huevos. Los resultados obtenidos concluyeron que cuando los huevos son almacenados a temperatura ambiente, se encuentra una fuerte disminución en la calidad interna (peso del huevo, altura de yema y el índice de la yema), peso y altura de la albúmina, durante el almacenamiento a temperatura ambiente hasta de 30 días; por lo que recomiendan la refrigeración del huevo.

4. Planteamiento del Problema

El crecimiento sostenido de la población mundial ha incrementado la demanda de alimentos, generando la necesidad de fortalecer e intensificar los sistemas de producción pecuaria para garantizar la seguridad alimentaria y el acceso a fuentes de proteína de alto valor biológico. En este contexto, resulta indispensable identificar y promover alternativas alimenticias de origen animal que contribuyan a satisfacer los requerimientos nutricionales de la población de manera eficiente y sostenible.

Entre estas alternativas destaca el huevo de codorniz japonesa (*Coturnix japonica*), considerado un alimento de elevado valor nutritivo debido a su importante contenido de proteínas, vitaminas y minerales. Además, diversos estudios han señalado características nutricionales favorables que han contribuido a incrementar su aceptación y consumo en diferentes regiones del mundo. Como resultado, países de Asia, así como Brasil y Colombia en América Latina, han experimentado un crecimiento significativo en la producción y comercialización de huevos de codorniz durante las últimas décadas.

No obstante, en numerosos países su consumo continúa siendo limitado debido al escaso conocimiento de la población acerca de sus propiedades nutricionales y beneficios potenciales para la salud. Esta situación restringe el desarrollo de la coturnicultura como actividad productiva y limita el aprovechamiento de un alimento con alto potencial para contribuir a la diversificación de la oferta alimentaria. En consecuencia, resulta necesario

Informe final de Proyecto de Investigación

generar información científica que fortalezca el conocimiento sobre la producción, calidad y conservación del huevo de codorniz, con el fin de promover su consumo, incrementar su competitividad en el mercado y favorecer el desarrollo de sistemas productivos sostenibles.

De acuerdo con el Decreto No. 32-2005, Ley del Sistema Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional de Guatemala, la Seguridad Alimentaria y Nutricional se define como el derecho de toda persona a disponer de acceso físico, económico y social, de manera oportuna, permanente y estable, de alimentos suficientes, inocuos y nutritivos, en cantidad y calidad adecuadas, con pertinencia cultural y preferentemente de origen nacional. Asimismo, contempla el adecuado aprovechamiento biológico de los alimentos, con el propósito de garantizar una vida saludable, activa y digna para la población (Organización Panamericana de la Salud, 2010).

En Guatemala, la información científica relacionada con la calidad del huevo de codorniz es limitada, particularmente en lo referente a los efectos de la temperatura, condiciones de almacenamiento y la edad productiva de las aves sobre sus características físicas y químicas. Esta situación evidencia la necesidad de desarrollar investigación que genere conocimiento técnico y científico sobre este producto, contribuyendo al fortalecimiento de la coturnicultura nacional y a la promoción de alternativas alimentarias de alto valor nutricional.

En este contexto, se planteó el siguiente estudio, orientado a evaluar la calidad interna y externa del huevo de codorniz japonesa (*Coturnix japonica*). Para la calidad externa se analizaron las variables peso de cáscara, índice de forma, grosor de la cáscara y porcentaje de cáscara. Por su parte, la calidad interna se evaluó mediante los parámetros peso del huevo, porcentaje de yema, porcentaje de albúmina, pH y color de la yema.

Las variables de calidad del huevo constituyeron las variables dependientes del estudio, las cuales fueron analizadas en función de las variables independientes temperatura y tiempo de almacenamiento. Se consideraron dos condiciones de temperatura: ambiente (20-25 °C) y refrigeración (6 °C), así como siete períodos de almacenamiento (0, 3, 6, 9, 12, 15 y 18 días). Adicionalmente, los parámetros de calidad interna y externa fueron comparados entre tres



Informe final de Proyecto de Investigación

edades productivas de las codornices: 90, 180 y 270 días, con el propósito de determinar la influencia de estos factores sobre las características del huevo.

Los productores de huevo de codorniz en Guatemala deben asumir un compromiso con la calidad e inocuidad de sus productos, mediante la evaluación y monitoreo de parámetros de calidad interna y externa del huevo, considerando factores determinantes como la temperatura y el tiempo de almacenamiento. El control de estas variables permite maximizar la vida útil y conservar la frescura del producto, garantizando que los consumidores reciban un alimento seguro, inocuo y con adecuado valor nutricional.

La importancia de este aspecto trasciende el ámbito productivo, dado que Guatemala enfrenta importantes desafíos en materia de seguridad alimentaria y nutricional. De acuerdo con la Secretaría de Seguridad Alimentaria y Nutricional de la Presidencia de la República de Guatemala (SESAN, 2023), el país presenta una de las tasas más elevadas de desnutrición crónica infantil en América Latina y el Caribe, ocupando el primer lugar en la región y situándose entre los países con mayor prevalencia a nivel mundial. Asimismo, la Encuesta Nacional de Salud Materno Infantil (ENSMI 2014–2015) reportó que la desnutrición crónica afecta al 46.5 % de los niños menores de cinco años.

En este contexto, el huevo de codorniz constituye una alternativa alimentaria con potencial para contribuir a mejorar la calidad de la dieta de la población, debido a su aporte de proteínas de alto valor biológico, vitaminas y minerales esenciales. Sin embargo, para que estos beneficios nutricionales sean aprovechados plenamente, es indispensable garantizar que el producto mantenga sus características de calidad durante el almacenamiento y la comercialización. Por ello, la generación de información científica sobre los factores que influyen en la conservación de la calidad del huevo de codorniz resulta fundamental para fortalecer su producción, promover su consumo y contribuir, de manera indirecta, a las estrategias orientadas a mejorar la seguridad alimentaria y nutricional del país.

Informe final de Proyecto de Investigación

Con el propósito de orientar el desarrollo del estudio y analizar los factores que afectan la calidad del huevo de codorniz japonesa (*Coturnix japonica*), se formularon las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Influyen las diferentes temperaturas de almacenamiento en la calidad interna y externa de los huevos de codorniz japonesa?
- ¿Cuál es el efecto de los distintos períodos de almacenamiento sobre la calidad de los huevos de codorniz japonesa?
- ¿Qué condiciones de almacenamiento, en términos de tiempo y temperatura, permiten maximizar la calidad y prolongar la vida útil de los huevos de codorniz japonesa?
- ¿Cuál es el efecto de la edad productiva de las codornices japonesas sobre los parámetros de calidad interna y externa de los huevos?

5. Objetivos

General

Evaluar la influencia de diferentes tiempos y temperaturas de almacenamiento, así como la edad productiva de las codornices japonesas (*Coturnix japonica*), sobre la calidad interna y externa de sus huevos, con el propósito de identificar las condiciones óptimas de conservación que permitan maximizar su calidad y prolongar su vida útil.

Específicos

- Analizar los parámetros de calidad interna y externa de los huevos de codorniz japonesa (*Coturnix japonica*) y su efecto bajo dos diferentes temperaturas.
- Determinar la influencia del tiempo de almacenamiento sobre la calidad interna y externa de los huevos de codorniz japonesa, considerando diferentes períodos de almacenamiento.

Informe final de Proyecto de Investigación

- Identificar las condiciones óptimas de almacenamiento, en términos de temperatura y tiempo, que permitan preservar la calidad y prolongar la vida útil de los huevos de codorniz japonesa.
- Evaluar el efecto de la edad productiva de las codornices japonesas sobre los parámetros de calidad interna y externa de los huevos, durante los distintos períodos y temperaturas de almacenamiento.

6. Hipótesis de Estudio

El tiempo y la temperatura de almacenamiento, así como la edad productiva de las codornices japonesas (*Coturnix japonica*), influyen significativamente en los parámetros de calidad interna y externa de los huevos, afectando su conservación, calidad y vida útil.

Hipótesis Nula (H_0)

El tiempo y la temperatura de almacenamiento, así como la edad productiva de las codornices japonesas (*Coturnix japonica*), no influyen significativamente en los parámetros de calidad interna y externa de los huevos.

Hipótesis Alternativa (H_1)

El tiempo y la temperatura de almacenamiento, así como la edad productiva de las codornices japonesas (*Coturnix japonica*), influyen significativamente en los parámetros de calidad interna y externa de los huevos.

7. Método

La investigación se desarrolló con el propósito de evaluar la calidad interna y externa de los huevos de codorniz japonesa (*Coturnix japonica*) en función de las condiciones de almacenamiento y la edad productiva de las aves. Para ello, se consideraron como factores experimentales la temperatura y el tiempo de almacenamiento.

La temperatura de almacenamiento se evaluó en dos niveles: ambiente (20-25 °C) y refrigeración (6 °C). Asimismo, el tiempo de almacenamiento se estudió en siete niveles

Informe final de Proyecto de Investigación

correspondientes a 0, 3, 6, 9, 12, 15 y 18 días, considerándose el día cero (0) como tratamiento testigo para la comparación de los cambios ocurridos durante el período de conservación.

Adicionalmente, los parámetros de calidad del huevo fueron analizados en tres edades productivas de las codornices japonesas: 90, 180 y 270 días. Esto permitió determinar la influencia de la edad del ave sobre las características de calidad del huevo y evaluar su interacción con las diferentes condiciones de almacenamiento.

7.1 Tipo de Investigación

De acuerdo con el Manual de Frascati (2015), la investigación aplicada comprende estudios originales orientados a la generación de nuevos conocimientos con el propósito de resolver problemas específicos y atender necesidades prácticas. Este tipo de investigación se caracteriza por utilizar conocimientos científicos y tecnológicos para desarrollar soluciones que puedan ser implementadas en contextos reales, contribuyendo al mejoramiento de procesos, productos o servicios en distintos sectores sociales y productivos.

En el presente estudio se empleó un enfoque de investigación aplicada, debido a que se buscó generar información científica útil para la solución de problemáticas relacionadas con la conservación y calidad del huevo de codorniz japonesa (*Coturnix japonica*). Específicamente, se evaluó el efecto de diferentes temperaturas y tiempos de almacenamiento, así como de la edad productiva de las aves, sobre los parámetros de calidad interna y externa del huevo.

Los resultados obtenidos permitieron identificar las condiciones óptimas de almacenamiento que favorecen la conservación de la calidad y prolongan la vida útil del producto. Asimismo, la información generada constituye una herramienta de apoyo para productores, comercializadores y consumidores, al proporcionar criterios técnicos que contribuyen a mejorar el manejo postproducción del huevo de codorniz y fortalecer la producción avícola orientada a la oferta de alimentos inocuos y de alta calidad nutricional.

Informe final de Proyecto de Investigación

7.2 Enfoque y Alcance de la Investigación

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, debido a que se evaluaron y analizaron las distintas variables de estudio, mediante procedimientos estandarizados de laboratorio. Se estudiaron de forma controlada las variables independientes temperatura y tiempo de almacenamiento, así como la edad productiva de las codornices japonesas (*Coturnix japonica*), con el propósito de determinar su efecto sobre los parámetros de calidad interna y externa del huevo. Las variables dependientes evaluadas fueron: peso inicial del huevo, peso final del huevo, pérdida de peso, índice de forma, color de la yema, grosor de la cáscara, pH, porcentaje de yema, porcentaje de albúmina y porcentaje de cáscara.

La medición de estas variables permitió caracterizar la calidad del huevo y cuantificar los cambios asociados a las diferentes condiciones de almacenamiento y a la edad productiva de las aves. Asimismo, la inclusión de distintas edades productivas permitió analizar la influencia del estado fisiológico de las codornices sobre las características físicas y químicas del huevo.

Desde la perspectiva de la Seguridad Alimentaria y Nutricional (SAN), la investigación guarda una estrecha relación con aspectos fundamentales como la calidad, inocuidad y conservación de los alimentos. La identificación de condiciones óptimas de almacenamiento contribuye a garantizar que los huevos de codorniz mantengan sus características de calidad durante la comercialización y el consumo, favoreciendo la disponibilidad de un alimento seguro y con adecuado valor nutricional. Además, el conocimiento generado sobre la influencia de la edad productiva, la temperatura y el tiempo de almacenamiento proporciona información técnica relevante para mejorar las prácticas de manejo postproducción y fortalecer la cadena de suministro del huevo de codorniz.

Los resultados de la investigación constituyen una herramienta de apoyo para productores, distribuidores, investigadores y académicos, al proporcionar criterios técnicos que faciliten la estandarización de métodos de conservación orientados a maximizar la frescura del

Informe final de Proyecto de Investigación

producto, minimizar su deterioro y garantizar que llegue al consumidor final en condiciones óptimas de calidad.

En cuanto a su alcance, la investigación fue de tipo explicativo, ya que permitió analizar cómo la temperatura y tiempo de almacenamiento influyen sobre las características de calidad del huevo de codorniz.

Asimismo, la investigación contempló los siguientes alcances específicos:

Tecnológico y productivo. Los resultados obtenidos proporcionan información técnica que puede contribuir a la implementación de mejores prácticas de almacenamiento y manejo postproducción en la industria coturnicola. La identificación de condiciones óptimas de conservación favorece la prolongación de la vida útil del huevo y el mantenimiento de sus atributos de calidad, fortaleciendo los procesos de comercialización y distribución.

Científico y fisiológico. El estudio generará evidencia científica sobre la influencia de la edad productiva de las codornices en la calidad del huevo bajo diferentes condiciones de almacenamiento. Esta información permite comprender la relación entre la madurez fisiológica de las aves y las variaciones observadas en los parámetros de calidad del huevo.

Aplicaciones industriales. Los hallazgos de la investigación permiten formular recomendaciones técnicas relacionadas con los tiempos y temperaturas óptimos de almacenamiento según la edad productiva de las aves. Su aplicación puede contribuir a mejorar la eficiencia de los sistemas de producción, reducir pérdidas posproducción y fortalecer la sostenibilidad de la actividad avícola orientada a la producción de huevos de codorniz.

7.3 Diseño de la investigación

La investigación se desarrolló bajo un diseño experimental con enfoque cuantitativo, orientado a evaluar el efecto de la temperatura y el tiempo de almacenamiento sobre la

Informe final de Proyecto de Investigación

calidad interna y externa de los huevos de codorniz japonesa (*Coturnix japonica*), considerando además la influencia de la edad productiva de las aves.

Las unidades experimentales estuvieron constituidas por huevos de codorniz japonesa recolectados de aves en tres edades productivas: 90, 180 y 270 días. Para cada edad se evaluaron diferentes períodos y condiciones de almacenamiento, utilizando siete repeticiones por tratamiento. Las codornices fueron alojadas en módulos de traspatio ubicados en la granja experimental del Centro Universitario de Retalhuleu (CUNREU).

Las variables independientes evaluadas fueron:

- **Temperatura de almacenamiento**, con dos niveles:
 - Temperatura ambiente (20–25 °C).
 - Temperatura de refrigeración (6 °C).
- **Tiempo de almacenamiento**, con seis niveles:
 - 0 días (testigo).
 - 3 días.
 - 6 días.
 - 9 días.
 - 12 días.
 - 15 días.
 - 18 días.

El tratamiento correspondiente a 0 días se consideró como testigo y fue evaluado el día de la recolección de los huevos, únicamente a temperatura ambiente.

El estudio analizó el efecto de la temperatura, el tiempo de almacenamiento y la interacción entre ambos factores sobre los parámetros de calidad del huevo. Asimismo, estas evaluaciones se realizaron en las tres edades productivas consideradas (90, 180 y 270 días),



Informe final de Proyecto de Investigación

con el propósito de determinar la influencia del estado fisiológico de las aves sobre la respuesta de las variables de calidad bajo distintas condiciones de conservación.

En términos experimentales, para cada edad productiva se establecieron doce tratamientos derivados de la combinación de dos temperaturas de almacenamiento y seis períodos de evaluación, considerando el día 0 como referencia o testigo para el análisis de los cambios ocurridos durante el almacenamiento.

Las variables dependientes o de respuesta correspondieron a los parámetros de calidad interna y externa del huevo de codorniz japonesa (*Coturnix japonica*). Las variables evaluadas fueron: peso inicial del huevo (PH inicial, g), peso final del huevo (PH final, g), pérdida de peso (Dif. Peso, g), índice de forma (IF, %), color de yema (CY), grosor de cáscara (GC, mm), potencial de hidrógeno (pH), porcentaje de yema, porcentaje de albúmina y porcentaje de cáscara.

Para cada una de las tres edades productivas evaluadas (90, 180 y 270 días), se establecieron doce tratamientos derivados de la combinación de dos temperaturas y seis períodos de almacenamiento (el día cero fue considerado como testigo). Inicialmente se planificó para cada edad de las codornices japonesas la utilización de siete huevos por tratamiento, equivalente a 84 huevos más 14 huevos utilizados para el testigo; con un total proyectado de 294 huevos.

Los datos obtenidos fueron procesados y analizados utilizando el software estadístico para las Ciencias Sociales -SPSS, por sus siglas en inglés (Statistical Package for the Social Sciences) que es una herramienta ampliamente utilizada en el ámbito de la investigación. El SPSS es un programa muy útil para realizar análisis estadísticos brindando resultados precisos y confiables. El análisis estadístico incluyó procedimientos de estadística descriptiva e inferencial, con el propósito de determinar el efecto de la temperatura de almacenamiento, el tiempo de almacenamiento y la edad productiva de las aves sobre las variables de calidad del huevo.

Informe final de Proyecto de Investigación

Inicialmente, se realizó un análisis descriptivo para cada variable evaluada, calculando medidas de tendencia central y dispersión, incluyendo la media aritmética, desviación estándar y número de observaciones para cada combinación de tratamientos. Estas estadísticas permitieron caracterizar el comportamiento de las variables según la edad del ave, la temperatura y el tiempo de almacenamiento.

Posteriormente, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) multifactorial para evaluar los efectos principales de la temperatura de almacenamiento y el tiempo de almacenamiento, así como las interacciones entre estos factores con las edades de las codornices. Este procedimiento permitió identificar la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados.

Cuando el ANOVA detectó diferencias significativas ($p \leq 0.05$), se utilizó la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey (HSD) para determinar cuáles tratamientos difieren entre sí. Los resultados de esta prueba fueron representados mediante letras superíndices en las tablas de comparación de medias, donde tratamientos con letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas.

Adicionalmente, la desviación estándar fue utilizada como medida de variabilidad para la construcción de gráficos, permitiendo visualizar la dispersión de los datos alrededor de la media. Para complementar la interpretación de los resultados, se elaboraron otro tipo de gráficos para observar tendencias o comportamiento de las variables de calidad del huevo a través del tiempo y temperaturas de almacenamiento.

El modelo estadístico del ANOVA a utilizar será:

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + B_j + C_k + (AB)_{ij} + (AC)_{ik} + (BC)_{jk} + (ABC)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:

- Y_{ijkl} es el valor observado de la variable dependiente

Informe final de Proyecto de Investigación

- μ es la media general
- A_i , B_j , C_k son los efectos de la temperatura, tiempo y edad productiva de las codornices, respectivamente
- $(AB)_{ij}$, $(AC)_{ik}$, $(BC)_{jk}$, $(ABC)_{ijk}$ son las interacciones entre factores
- ε_{ijkl} es el error aleatorio

Todos los análisis estadísticos y las representaciones gráficas fueron realizados mediante hojas de cálculo electrónicas y herramientas de análisis de datos de Excel y SPSS. Estos programas permitieron generar tablas descriptivas, análisis inferenciales y gráficos de apoyo, los cuales facilitaron la interpretación y presentación de los resultados obtenidos en la investigación.

7.4 Población, muestra y muestreo

La población de estudio estuvo constituida por los huevos producidos por codornices japonesas (*Coturnix japonica*) alojadas en la granja experimental del Centro Universitario de Retalhuleu (CUNREU), pertenecientes a tres edades productivas: 90, 180 y 270 días.

El tamaño de muestra se determinó utilizando una aproximación para la comparación de medias en diseños experimentales analizados mediante análisis de varianza (ANOVA), de acuerdo con los criterios propuestos por Montgomery (2013), esta fórmula constituye una estimación simplificada del tamaño de muestra. Para ello, se consideró un nivel de confianza del 95 %, una desviación estándar estimada de 4.0 unidades, obtenida a partir de estudios previos, y una diferencia mínima de interés de 3.0 unidades entre tratamientos.

La fórmula utilizada fue la siguiente:

$$n = \frac{Z^2 * S^2}{d^2}$$

Informe final de Proyecto de Investigación

Donde:

n = Tamaño de muestra por grupo o tratamiento.

Z = Valor de la distribución normal correspondiente al nivel de confianza seleccionado (1.96 para un 95% de confianza).

s = desviación estándar estimada de la variable de interés (4.0).

d = Diferencia mínima que se desea detectar entre los grupos o tamaño de efecto esperado (3.0).

Sustituyendo valores en la fórmula:

$$n = \frac{(1.96)^2 * (4.0)^2}{(3.0)^2} = 6.83 \approx 7 \text{ huevos por tratamiento.}$$

Por lo tanto, el tamaño de muestra calculado fue de 6.83 unidades experimentales por tratamiento, valor que se redondeó a 7 huevos por tratamiento para garantizar una adecuada representatividad y facilitar la distribución experimental.

El muestreo fue de tipo no probabilístico por conveniencia, ya que los huevos utilizados provinieron de las codornices disponibles en la unidad experimental durante el período de estudio. Posteriormente, los huevos fueron asignados a los diferentes tratamientos de almacenamiento de acuerdo con el diseño experimental establecido.

El universo de estudio estuvo conformado por 294 huevos de codorniz japonesa (*Coturnix japonica*), obtenidos de aves en tres edades productivas (90, 180 y 270 días). Cabe resaltar que 294 huevos corresponden al tamaño mínimo calculado, mientras que 352 huevos fueron finalmente analizados debido a una mayor disponibilidad de muestras durante la ejecución del estudio, lo que incrementó la precisión de las estimaciones estadísticas. Los huevos fueron seleccionados mediante un muestreo aleatorio simple, considerando criterios de calidad física al momento de la recolección. Únicamente se incluyeron huevos que cumplieran con las siguientes condiciones:

- Ausencia de roturas o fisuras en la cáscara.
- Cáscara limpia, libre de suciedad visible o adherencias externas.

Informe final de Proyecto de Investigación

Para el desarrollo de la investigación, se establecieron doce tratamientos derivados de la combinación de dos temperaturas y seis períodos de almacenamiento (utilizando el día cero como testigo). Inicialmente, se planificó la utilización de siete huevos frescos por tratamiento, equivalente a 98 huevos (incluido el testigo) por cada edad productiva evaluada. Los huevos fueron recolectados en siete fechas diferentes y distribuidos según los tratamientos establecidos.

Los análisis de calidad interna y externa se realizaron a los 0, 3, 6, 9, 12, 15 y 18 días de almacenamiento, (día 0 como tratamiento testigo). Las variables evaluadas fueron: peso inicial del huevo (PH inicial, g), peso final del huevo (PH final, g), pérdida de peso (Dif. Peso, g), índice de forma (IF, %), color de yema (CY), grosor de cáscara (GC, mm), potencial de hidrógeno (pH), porcentaje de yema, porcentaje de albúmina y porcentaje de cáscara.

Estas evaluaciones se realizaron en huevos provenientes de codornices de 90, 180 y 270 días de edad, con el propósito de determinar la influencia de la edad productiva sobre los parámetros de calidad del huevo bajo distintas condiciones de almacenamiento.

Se utilizaron dos condiciones de temperatura para la conservación de los huevos:

- Temperatura ambiente: monitoreada diariamente mediante un termohigrómetro digital. Durante el período experimental se registró una temperatura promedio de 27 °C, con valores mínimos de 21 °C y máximos de 32 °C. La humedad relativa del aire osciló entre 70 y 80 %.
- Temperatura de refrigeración: mantenida a 6 °C mediante una cámara de refrigeración equipada con termómetro de control, permitiendo el monitoreo diario de las condiciones de almacenamiento.

Al finalizar el período de almacenamiento correspondiente a cada tratamiento, los huevos fueron sometidos a los análisis físicos y químicos establecidos en el protocolo experimental,

Informe final de Proyecto de Investigación

con el fin de evaluar los cambios ocurridos en su calidad interna y externa como consecuencia de la temperatura, el tiempo de almacenamiento y la edad productiva de las aves.

7.5 Técnicas

Para el desarrollo de la investigación se emplearon las técnicas de revisión documental, observación directa, muestreo y análisis de laboratorio. Como instrumentos se utilizaron equipos especializados para la evaluación de la calidad interna y externa del huevo, así como formatos y boletas de registro diseñados para la recopilación, organización y sistematización de la información obtenida durante el estudio.

Con el propósito de alcanzar los objetivos planteados, la investigación se desarrolló en tres fases: fase de campo, fase de laboratorio y fase de análisis e interpretación de resultados.

Fase de Campo

Recolección de información: Se realizó una revisión bibliográfica exhaustiva mediante la consulta de artículos científicos, tesis, libros especializados y documentos técnicos disponibles en bases de datos académicas nacionales e internacionales. La información recopilada estuvo relacionada con la calidad interna y externa del huevo de codorniz japonesa (*Coturnix japonica*), los efectos de la temperatura y el tiempo de almacenamiento sobre sus características físicas y químicas, así como la influencia de la edad productiva de las aves sobre dichos parámetros.

Instalación de los módulos de codornices japonesas: Las codornices utilizadas en la investigación fueron alojadas en la granja experimental del Centro Universitario de Retalhuleu (CUNREU), en módulos diseñados para garantizar condiciones adecuadas de manejo, bienestar y alimentación. Las aves se mantuvieron en jaulas equipadas con comederos, bebederos y bandejas recolectoras de huevos, respetando las densidades recomendadas para la especie.

Informe final de Proyecto de Investigación

Cada jaula presentó dimensiones de 46 cm de ancho, 89 cm de largo y una altura de 22 cm en la parte frontal y 19 cm en la parte posterior. Asimismo, las bandejas recolectoras de huevos tuvieron un ancho de 13 cm, facilitando la recolección y minimizando el riesgo de contaminación o daño físico de los huevos.

De acuerdo con Valle (2015), las jaulas para codornices de postura deben albergar un máximo de 20 aves en espacios aproximados de 44 cm de ancho por 60 cm de largo y 20 cm de altura, además de contar con una pendiente cercana al 15 %, la cual favorece el desplazamiento de los huevos hacia la bandeja recolectora y reduce la posibilidad de que estos se ensucien o sufran deterioro.

Obtención y manejo de las codornices: El estudio se realizó utilizando codornices japonesas (*Coturnix japonica*), reconocidas por su buena capacidad de producción de huevos. Para la conformación del pie de cría, se incubaron huevos fértiles de los cuales se obtuvieron las aves utilizadas durante el estudio.

A los 30 días de edad se efectuó el sexado de las codornices, separando machos y hembras en diferentes jaulas para facilitar su manejo. Posteriormente, se implementó un programa de manejo sanitario que incluyó actividades de vacunación, desparasitación y suplementación vitamínica, con el objetivo de mantener un adecuado estado de salud y reducir posibles factores de confusión que pudieran afectar los resultados de la investigación.

Las aves iniciaron su período de postura entre los 40 y 45 días de edad, momento a partir del cual se comenzó la recolección de huevos para las diferentes evaluaciones experimentales. En el Apéndice D se presenta una imagen ilustrativa de las codornices macho y hembra utilizadas en el estudio.

Fase Experimental

Manejo y revisión diaria de los módulos: Durante el período experimental se realizó una supervisión diaria de los módulos de alojamiento de las codornices, con el fin de garantizar condiciones adecuadas de alimentación, sanidad y bienestar animal. La alimentación se



Informe final de Proyecto de Investigación

suministró de acuerdo con los requerimientos nutricionales de las aves según su edad y etapa productiva. En el caso de las codornices en postura, se proporcionó alimento balanceado comercial para gallinas ponedoras, en una cantidad aproximada de 22 a 25 g por ave por día. El alimento suministrado fue pesado diariamente para llevar un control preciso del consumo.

Asimismo, las aves dispusieron permanentemente de agua limpia y fresca a libre acceso (*ad libitum*). Como parte de las actividades de manejo sanitario, se efectuaron labores diarias de limpieza y desinfección de las instalaciones, comederos y bebederos. La coturnaza generada fue recolectada periódicamente y depositada en una fosa destinada específicamente para su disposición, con el propósito de mantener adecuadas condiciones higiénicas y reducir riesgos sanitarios.

Recolección de huevos: Una vez iniciada la etapa de postura, los huevos fueron recolectados diariamente durante las horas de la tarde. La producción obtenida se registró sistemáticamente en una boleta de control productivo diseñada para tal fin, permitiendo llevar un seguimiento de la cantidad de huevos producidos y de las condiciones generales de las aves.

En el Apéndice E se presenta una imagen comparativa entre huevos de gallina y huevos de codorniz, mientras que en el Apéndice F se incluye la boleta utilizada para el registro de las condiciones climáticas, producción de huevos e inventario animal semanal.

Toma de muestras para análisis: Las muestras de huevos destinadas a los análisis de calidad fueron obtenidas cuando las codornices alcanzaron las edades de 90, 180 y 270 días. En cada una de estas etapas se recolectaron los huevos necesarios para evaluar el efecto de la temperatura y el tiempo de almacenamiento sobre sus características de calidad.

Evaluación de calidad del huevo: Los huevos recolectados fueron trasladados al laboratorio para la realización de los análisis de calidad interna y externa. Las evaluaciones se efectuaron considerando las tres edades productivas estudiadas (90, 180 y 270 días), las dos temperaturas de almacenamiento establecidas (temperatura ambiente y refrigeración) y los siete períodos de almacenamiento definidos en el diseño experimental.

Informe final de Proyecto de Investigación

La información obtenida fue registrada en una boleta diseñada específicamente para la evaluación de la calidad interna y externa del huevo (Apéndice G). Los procedimientos de análisis se realizaron siguiendo los protocolos de evaluación de calidad de huevo descritos por la Universidad de Murcia (2011).

Las variables analizadas incluyeron parámetros de calidad externa, tales como peso de la cáscara, índice de forma, grosor de cáscara y porcentaje de cáscara; así como parámetros de calidad interna, entre ellos peso del huevo, color de yema, potencial de hidrógeno (pH), porcentaje de yema y porcentaje de albúmina.

Peso individual del huevo (g)

El peso individual de cada huevo fue determinado al inicio del experimento utilizando una balanza analítica con una precisión de 0.0001 g. Esta medición correspondió al peso inicial del huevo (PH inicial) y se realizó el día de la recolección, para cada día de almacenamiento y temperaturas de estudio (día cero fue considerado como tratamiento testigo).

Posteriormente, los huevos fueron distribuidos según los tratamientos establecidos y almacenados bajo las condiciones de temperatura y tiempo definidas en el diseño experimental. Al finalizar cada período de almacenamiento, se efectuó una segunda medición del peso utilizando el mismo equipo y procedimiento, registrándose como peso final del huevo (PH final).

A partir de ambas mediciones se calculó la diferencia de peso (Dif. Peso), la cual permitió cuantificar la pérdida de peso ocurrida durante el almacenamiento. Los resultados obtenidos fueron registrados en la boleta de evaluación de calidad del huevo para su posterior análisis estadístico.

En el Apéndice H se presenta una secuencia fotográfica del procedimiento de análisis, incluyendo la separación de los componentes del huevo y el pesaje individual de cada una de las muestras evaluadas.

Informe final de Proyecto de Investigación

Índice de forma o morfológico del huevo (%)

El índice de forma (IF) es un parámetro utilizado para evaluar la morfología del huevo y se define como la relación porcentual entre el ancho máximo y el largo máximo del huevo. Esta variable permite caracterizar la forma del huevo y establecer posibles variaciones asociadas a la edad del ave o a las condiciones de almacenamiento.

Para su determinación, se midió individualmente el ancho y el largo de cada huevo utilizando un calibrador digital (Vernier o Caliper digital marca Stanley) con una precisión de 0.01 milímetros (mm). Las mediciones fueron registradas en la boleta de evaluación de calidad del huevo para su posterior análisis estadístico. En el Apéndice I se presenta una imagen del equipo utilizado para la obtención de estas medidas.

El índice de forma se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$IF = (\text{ancho del huevo (mm)} / \text{largo del huevo (mm)}) * 100$$

La Tabla 2 presenta la clasificación de la forma del huevo de codorniz japonesa (*Coturnix japonica*) en función de los valores del índice de forma, estableciendo la relación existente entre este parámetro morfológico y la conformación física del huevo.

Tabla 2.

% de Índice de forma en huevos de codorniz japonesa (Coturnix japonica)

Índice de forma	Forma del huevo
74-76 %	Ovalada equilibrada
< 72%	Forma alargada (más puntiagudo)
> 76%	Forma redondeada

Fuente: Universidad de Murcia (2011)

Informe final de Proyecto de Investigación

Color de Yema

El color de la yema se determinó mediante la utilización del abanico colorimétrico DSM-Firmenich YolkFan™, instrumento ampliamente empleado para la evaluación visual de la pigmentación de la yema de huevo. Para cada muestra, la coloración observada se comparó directamente con la escala de referencia del abanico, la cual comprende valores que van de 1 a 16 unidades de color, donde los valores más bajos corresponden a tonalidades amarillas menos intensas y los valores más altos a tonalidades amarillo-anaranjadas de mayor intensidad.

Las evaluaciones se realizaron de forma individual para cada huevo analizado, registrándose el valor correspondiente de la escala en la boleta de evaluación de calidad del huevo. En el Apéndice J se presenta una imagen del abanico colorimétrico utilizado durante la investigación.

Los datos obtenidos permitieron evaluar el efecto de la temperatura y el tiempo de almacenamiento, así como de la edad productiva de las codornices japonesas (*Coturnix japonica*), sobre la intensidad de color de la yema.

Grosor de Cáscara (mm)

El grosor de la cáscara se determinó utilizando un medidor digital de espesor para cáscara de huevo marca Baxlo, con una precisión de 0.01 mm (Apéndice K). Esta variable constituye un indicador importante de la calidad externa del huevo, debido a su relación con la resistencia mecánica de la cáscara y su capacidad para proteger el contenido interno durante el almacenamiento, transporte y comercialización.

Para la medición, cada huevo fue roto cuidadosamente y se retiraron la albúmina y la yema. Posteriormente, la cáscara se limpió con un hisopo para eliminar residuos de albúmina y restos de la membrana interna, ya que estos pueden generar una sobreestimación del espesor real. Una vez preparada la muestra, se realizaron mediciones en dos o tres puntos diferentes de la cáscara, correspondientes al polo superior, polo inferior y región ecuatorial del huevo.



Informe final de Proyecto de Investigación

El valor final de grosor de cáscara se obtuvo a partir del promedio de las mediciones realizadas.

La evaluación de esta variable permitió determinar posibles cambios asociados a la edad productiva de las aves y a las condiciones de almacenamiento. De acuerdo con la literatura, los huevos con espesores inferiores a 0.30 mm presentan una mayor susceptibilidad a fracturas y pérdidas durante la manipulación y comercialización. En huevos de codorniz japonesa (*Coturnix japonica*), se han reportado valores normales de grosor de cáscara entre 0.20 y 0.30 mm, con promedios típicos cercanos a 0.25 ± 0.04 mm y 0.28 ± 0.03 mm.

La determinación del grosor de la cáscara constituye una herramienta fundamental para evaluar la calidad externa del huevo, ya que proporciona información sobre su resistencia estructural, su capacidad de conservación y su aptitud para la comercialización.

Potencial de hidrógeno (pH)

El potencial de hidrógeno (pH) constituye uno de los principales indicadores de la calidad interna del huevo, ya que refleja los cambios fisicoquímicos que ocurren durante el almacenamiento. Los diferentes componentes del huevo presentan valores de pH característicos. La yema posee un pH ligeramente ácido a neutro, con valores cercanos a 6.3, mientras que la albúmina presenta una naturaleza alcalina, registrando valores aproximados de 9.13 ± 0.08 . Conforme avanza el período de almacenamiento, el pH de la albúmina tiende a incrementarse debido a la pérdida de dióxido de carbono a través de los poros de la cáscara. Esta condición alcalina contribuye a limitar el crecimiento de microorganismos, favoreciendo la conservación del huevo.

En el caso del huevo completo fresco, el pH generalmente se encuentra alrededor de 7.6; sin embargo, puede incrementarse hasta valores comprendidos entre 9.0 y 9.4 como consecuencia del almacenamiento prolongado y de los cambios químicos que ocurren en su interior.

Informe final de Proyecto de Investigación

Previo a la medición de las muestras, se realizó la calibración del potenciómetro utilizando tres soluciones estándar de referencia: pH 4.0, pH 7.0 y pH 10.0, con el fin de garantizar la precisión y confiabilidad de las lecturas obtenidas (Apéndice L).

Para el análisis, el contenido de cada huevo fue depositado en un recipiente plástico desechable y homogeneizado cuidadosamente mediante un tenedor plástico desechable, integrando completamente la albúmina y la yema. Posteriormente, se procedió a medir el pH del huevo completo utilizando un potenciómetro digital marca Milwaukee, modelo pH600, con una precisión de ± 0.1 unidades de pH. El equipo fue calibrado y verificado antes del inicio de cada jornada de análisis para asegurar la exactitud de las mediciones (Apéndice M).

Los valores obtenidos fueron registrados en la boleta de evaluación de calidad del huevo y utilizados para determinar el efecto de la temperatura de almacenamiento, el tiempo de conservación y la edad productiva de las codornices japonesas (*Coturnix japonica*) sobre este parámetro de calidad interna.

Peso de Yema, Clara y Cáscara (g)

La composición física del huevo de codorniz japonesa (*Coturnix japonica*) se distribuye, en condiciones normales, en aproximadamente 60 a 65 % de albúmina, 28 a 32 % de yema y 7 a 9 % de cáscara con respecto al peso total del huevo. La determinación de estos componentes permite evaluar la calidad interna y externa del huevo, así como identificar posibles variaciones asociadas a la edad productiva de las aves y a las condiciones de almacenamiento.

Para la evaluación de estas variables, cada huevo fue roto cuidadosamente sobre una superficie plana y limpia. Posteriormente, la yema fue separada de la albúmina utilizando una jeringa plástica de 10 mililitros (mL), empleando una jeringa independiente para cada muestra con el fin de evitar contaminación cruzada entre los componentes (Apéndice N).

Una vez realizada la separación, la albúmina y la yema fueron pesadas individualmente utilizando una balanza analítica con una precisión de 0.0001 g. El peso de la albúmina se

Informe final de Proyecto de Investigación

registró en gramos (Apéndice O), y el peso de la yema se determinó de forma independiente también en gramos (Apéndice P). Posteriormente, las cáscaras se limpiaron internamente con un hisopo para eliminar residuos de albúmina y membranas internas; se secaron y fueron pesadas en gramos utilizando la misma balanza analítica (Apéndice Q).

Los valores obtenidos fueron registrados en la boleta de evaluación de calidad del huevo y utilizados para calcular los porcentajes de yema, albúmina y cáscara en relación con el peso total del huevo.

El porcentaje de yema se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de Yema} = \frac{\text{Peso de la Yema (g)}}{\text{Peso Total del Huevo con cáscara (g)}} * 100$$

El % de albúmina o clara se determinó utilizando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de albúmina} = \frac{\text{Peso de la Clara (g)}}{\text{Peso Total del Huevo con cáscara (g)}} * 100$$

El % de cáscara seca se determinó utilizando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de Cáscara} = \frac{\text{Peso de la Cáscara (g)}}{\text{Peso Total del Huevo con cáscara (g)}} * 100$$

Fase de Análisis de la información y redacción del informe final

Ordenamiento y análisis de la información: La información obtenida durante la evaluación de la calidad interna y externa de los huevos de codorniz fue registrada en las respectivas boletas de análisis de laboratorio. Posteriormente, los datos fueron organizados, depurados y codificados mediante hojas de cálculo electrónicas en Microsoft Excel, con el propósito de facilitar su procesamiento y verificación.

Una vez consolidada la base de datos, se realizó el análisis estadístico utilizando el paquete estadístico SPSS. Se aplicaron procedimientos de estadística descriptiva e inferencial para



Informe final de Proyecto de Investigación

determinar el efecto de la temperatura de almacenamiento, el tiempo de almacenamiento y la edad productiva de las aves sobre las variables de calidad evaluadas. Los resultados obtenidos fueron presentados mediante tablas, gráficos y medidas estadísticas que facilitaron su interpretación y discusión.

Redacción del informe final: La elaboración del informe final estuvo a cargo de un equipo multidisciplinario con experiencia en investigación, producción animal, tecnología de alimentos y análisis de laboratorio. La participación de estos profesionales garantizó el adecuado desarrollo de las actividades experimentales, el análisis técnico de los resultados y la elaboración del informe científico final.

7.6 Resumen de las Variables o Unidades de Análisis

A continuación, la tabla 3 presenta una descripción resumida de las variables evaluadas, los instrumentos utilizados para su medición y las unidades de medida correspondientes. Estas variables fueron seleccionadas con el propósito de dar cumplimiento a los objetivos específicos de la investigación y permitir la evaluación de los efectos de la temperatura de almacenamiento, el tiempo de conservación y la edad productiva de las codornices japonesas (*Coturnix japonica*) sobre la calidad interna y externa de los huevos.

La información recopilada mediante estas variables constituyó la base para el análisis estadístico y la interpretación de los resultados, facilitando la identificación de las condiciones de almacenamiento más adecuadas para preservar la calidad y prolongar la vida útil de los huevos de codorniz.

Informe final de Proyecto de Investigación

Tabla 3

Objetivos, variables, instrumentos y unidades de medida utilizadas en la investigación

Objetivo Específico	Variable	Instrumentos	Unidad de Medida
Analizar los parámetros de calidad interna y externa de los huevos de codorniz japonesa (<i>Coturnix japonica</i>) y su efecto bajo dos diferentes temperaturas.	Temperaturas de almacenamiento. Ambiente: 20-26°C Refrigeración: 6-7°C.	* Balanza analítica * Vernier digital * Abanico de color YolkFan * Medidor digital de espesor de cáscara * Potenciómetro digital * Boleta de registro física de análisis de calidad del huevo.	* Peso inicial del huevo (g) * Peso final del huevo (g) * Diferencia de peso (g) * Índice de forma (%) * Color de yema (unidades de color) * Grosor de cáscara (mm) * pH * Yema, albúmina y cáscara (%).
Determinar la influencia del tiempo de almacenamiento sobre la calidad interna y externa de los huevos de codorniz japonesa, considerando diferentes períodos de almacenamiento.	Días de almacenamiento (0, 3, 6, 9, 12, 15 y 18). El día cero se consideró como el tratamiento testigo.	* Balanza analítica * Vernier digital * Abanico de color YolkFan * Medidor digital de espesor de cáscara Potenciómetro digital * Boleta de registro física de análisis de calidad del huevo.	* Peso inicial del huevo (g) * Peso final del huevo (g) * Diferencia de peso (g) * Índice de forma (%) * Color de yema (unidades de color) * Grosor de cáscara (mm) * pH * Yema, albúmina y cáscara (%).

Informe final de Proyecto de Investigación

Objetivo Específico	Variable	Instrumentos	Unidad de Medida
Identificar las condiciones óptimas de almacenamiento, en términos de temperatura y tiempo, que permitan preservar la calidad y prolongar la vida útil de los huevos de codorniz japonesa.	Tiempos y temperaturas óptimas de almacenamiento	* Análisis de laboratorio. * Boleta de registro de análisis de calidad del huevo.	Comparación durante todo el estudio de: Peso de huevo, cáscara, albúmina y yema. Ancho y largo del huevo. Color de la yema.
Evaluar el efecto de la edad productiva de las codornices japonesas sobre los parámetros de calidad interna y externa de los huevos, durante los distintos períodos y temperaturas de almacenamiento.	Edades productivas de la codorniz (90, 180 y 270 días).	Análisis estadístico para comparar la calidad del huevo y su relación con la edad del ave.	Valores promedio de las variables analizadas. Análisis de varianza.

7.7 Procesamiento y Análisis de la Información

Los datos obtenidos de las diferentes mediciones de calidad interna y externa de los huevos de codorniz japonesa (*Coturnix japonica*) fueron registrados inicialmente en boletas físicas diseñadas para la investigación. Posteriormente, la información fue digitalizada y organizada en una base de datos electrónica mediante Microsoft Excel. Una vez consolidada y verificada la consistencia de los datos, se elaboró la sintaxis correspondiente en el software estadístico SPSS para realizar los análisis descriptivos e inferenciales de las variables de estudio.

Informe final de Proyecto de Investigación

La base de datos fue estructurada de manera que cada fila correspondiera a una unidad experimental (huevo) y cada columna representa una variable de estudio. Las variables dependientes evaluadas fueron relacionadas con las variables independientes edad del ave, temperatura de almacenamiento y tiempo de almacenamiento.

La estructura de la base de datos incluyó las siguientes variables:

- Código de muestra: identificación única asignada a cada huevo analizado.
- Edad del ave: edad productiva de las codornices, clasificada en 90, 180 y 270 días.
- Temperatura de almacenamiento: condición de conservación aplicada a cada muestra (temperatura ambiente o refrigeración).
- Tiempo de almacenamiento: período de conservación evaluado (0, 3, 6, 9, 12, 15 y 18 días).

Asimismo, se registraron las siguientes variables de respuesta asociadas a la calidad del huevo:

- Peso inicial del huevo (g): peso registrado al momento de la recolección y previo al almacenamiento de las muestras.
- Peso final del huevo (g): peso determinado al finalizar el período de almacenamiento correspondiente a cada tratamiento.
- Diferencia de peso (g): pérdida de peso ocurrida durante el almacenamiento, calculada como la diferencia entre el peso inicial y el peso final del huevo.
- Índice de forma (%): variable obtenida mediante la relación entre el diámetro transversal y el diámetro longitudinal del huevo, expresada en porcentaje.
- Color de yema (unidades de color): valor asignado mediante la escala colorimétrica DSM-Firminich YolkFan™, la cual presenta una escala visual de referencia que va de 1 (amarillo pálido) a 16 (amarillo-anaranjado intenso).
- Grosor de cáscara (mm): espesor promedio de la cáscara determinado a partir de mediciones realizadas en distintos puntos de la región ecuatorial del huevo.

Informe final de Proyecto de Investigación

- Potencial de hidrógeno (pH): medida de la acidez o alcalinidad del contenido total del huevo, obtenida mediante un potenciómetro digital.
- Porcentaje de yema (%): relación porcentual entre el peso de la yema y el peso inicial del huevo.
- Porcentaje de albúmina (%): relación porcentual entre el peso de la albúmina y el peso inicial del huevo.
- Porcentaje de cáscara (%): relación porcentual entre el peso de la cáscara y el peso inicial del huevo.

La organización sistemática de la base de datos permitió garantizar la trazabilidad de las muestras, facilitar el procesamiento estadístico de la información y asegurar la correcta interpretación de los resultados obtenidos durante el estudio.

Análisis estadístico de la información: Previo al análisis estadístico, se realizó un proceso de depuración y validación de la base de datos, el cual incluyó la identificación y revisión de valores atípicos, la eliminación de registros incompletos y la verificación de la consistencia de la información recopilada. Este procedimiento permitió garantizar la calidad y confiabilidad de los datos utilizados en el estudio.

Inicialmente, se realizó un análisis de estadística descriptiva, calculando para cada variable el número de observaciones (n), la media aritmética y la desviación estándar. Estas medidas permitieron caracterizar el comportamiento general de los datos y describir la variabilidad observada entre los diferentes tratamientos evaluados.

Para la evaluación inferencial de los resultados, se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) multifactorial, considerando como factores principales la temperatura de almacenamiento, el tiempo de almacenamiento y la edad productiva de las aves. Este análisis permitió determinar la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, estableciendo un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$.

Informe final de Proyecto de Investigación

Cuando el análisis de varianza detectó diferencias significativas ($p \leq 0.05$), se aplicó la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey (HSD), con un nivel de confianza del 95 %, con el propósito de identificar los tratamientos que difieren estadísticamente entre sí.

La interpretación de los resultados se realizó considerando los cambios observados en los parámetros de calidad del huevo en función del tiempo de almacenamiento y la temperatura de conservación; a las tres edades de las codornices. Para facilitar el análisis y la presentación de los hallazgos, los resultados fueron organizados mediante tablas comparativas y representaciones gráficas, incluyendo gráficos de líneas, barras, cajas y bigotes, así como gráficos de interacción entre factores, permitiendo visualizar de manera clara las tendencias y diferencias observadas entre los tratamientos evaluados.

8. Aspectos Éticos y Legales

El presente estudio se desarrolló utilizando huevos de codorniz japonesa (*Coturnix japonica*) como unidades de análisis. Las aves fueron alojadas en módulos constituidos por jaulas metálicas equipadas con comederos y bebederos, diseñados para proporcionar condiciones adecuadas de bienestar y manejo. Durante todo el estudio experimental se suministró alimento balanceado comercial para aves de postura, formulado para cubrir los requerimientos nutricionales de las codornices, así como agua potable fresca a libre acceso (*ad libitum*).

Se respetaron las densidades recomendadas para la especie y se mantuvieron separados los machos de las hembras, debido a que la investigación no requería la obtención de huevos fértiles para la realización de los análisis de calidad. Asimismo, se efectuaron actividades diarias de limpieza y desinfección de las instalaciones, con el fin de mantener condiciones higiénicas adecuadas y favorecer el bienestar de las aves. La codornaza generada durante el estudio fue recolectada y destinada a su aprovechamiento como abono orgánico.



Informe final de Proyecto de Investigación

Durante la ejecución de la investigación se procuró cumplir con los principios éticos relacionados con el bienestar animal, garantizando un manejo adecuado de las aves y minimizando cualquier condición que pudiera afectar su salud o comportamiento. En este sentido, se respetaron los principios de cuidado, manejo responsable y no maltrato animal durante todas las etapas del estudio.

El objeto de análisis estuvo constituido exclusivamente por huevos de codorniz japonesa, los cuales fueron evaluados bajo diferentes condiciones de temperatura y tiempo de almacenamiento, así como en distintas edades productivas de las aves. Debido a la naturaleza de la investigación, no se realizaron procedimientos invasivos, experimentales o que implicaran daño físico a los animales.

Desde el punto de vista académico y científico, la investigación constituye una propuesta original, ya que no se identificaron antecedentes de estudios similares desarrollados en Guatemala que aborden de manera integral el efecto de la temperatura de almacenamiento, el tiempo de conservación y la edad productiva de las codornices sobre la calidad interna y externa del huevo. Asimismo, el estudio fue desarrollado sin financiamiento externo parcial o total proveniente de otras instituciones, garantizando la independencia en la generación y análisis de los resultados.

Con el propósito de cumplir con los requerimientos institucionales en materia de ética para el uso de animales en investigación, se presentó ante el Comité de Ética en el Uso y Cuidado Animal de la Universidad de San Carlos de Guatemala (CEUCA-USAC) la documentación correspondiente para la evaluación de proyectos que involucran el uso de animales en actividades de docencia e investigación. Dicho protocolo fue sometido a revisión para la emisión del dictamen ético correspondiente.

9. Resultados y Discusión

Los datos obtenidos fueron procesados y analizados mediante el programa SPSS. Para la presentación e interpretación de los resultados se utilizó estadística descriptiva, expresada

Informe final de Proyecto de Investigación

como media $\pm$ desviación estándar, así como análisis de varianza (ANOVA) y pruebas de comparación múltiple de medias de Tukey con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$.

El análisis estadístico permitió evaluar el efecto de la temperatura y el tiempo de almacenamiento, así como de la edad productiva de las codornices japonesas (*Coturnix japonica*), sobre los parámetros de calidad interna y externa del huevo.

Los resultados se presentan mediante tablas y gráficos que facilitan la comparación entre tratamientos y la identificación de tendencias en las variables evaluadas. Cuando se detectaron diferencias significativas mediante ANOVA, la prueba de Tukey permitió establecer grupos homogéneos entre tratamientos, los cuales fueron representados mediante letras estadísticas para facilitar su interpretación.

Análisis de los parámetros de calidad interna y externa de los huevos de codorniz japonesa (*Coturnix japonica*) y su efecto bajo dos diferentes temperaturas.

La Tabla 4 hace una comparación del efecto de la temperatura de almacenamiento (ambiente y refrigeración) sobre las características de calidad interna y externa del huevo de codorniz japonesa (*Coturnix japonica*). Los resultados evidenciaron diferencias estadísticamente significativas según ANOVA entre las temperaturas de almacenamiento, para las variables color de yema, potencial de hidrógeno (pH) y porcentaje de albúmina ($p < 0.05$).

Las variables que mostraron una respuesta asociada a la temperatura de almacenamiento se destacan en color gris. Las medias seguidas de letras diferentes dentro de una misma variable difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$).

No se observaron diferencias estadísticas significativas entre temperaturas para el peso inicial del huevo ($p = 0.736$), peso final ($p = 0.416$), diferencia de peso ($p = 0.105$), índice de forma ($p = 0.526$), grosor de cáscara ($p = 0.591$), porcentaje de yema ($p = 0.946$) y porcentaje de cáscara ($p = 0.068$). En estas variables, las medias presentaron la misma agrupación estadística según la prueba de Tukey ($p > 0.05$).

Informe final de Proyecto de Investigación

Tabla 4

Efecto de la temperatura de almacenamiento sobre los parámetros de calidad interna y externa de huevos de codorniz japonesa (Coturnix japonica).

Variable	Temperatura	N	Media $\pm$ DE	p_valor
PH_Inicial (g)	Ambiente	149	11.91 $\pm$ 1.19 ^a	0.736
PH_Inicial (g)	Refrigerada	150	11.87 $\pm$ 1.27 ^a	0.736
PH_Final (g)	Ambiente	147	11.63 $\pm$ 1.17 ^a	0.416
PH_Final (g)	Refrigerada	149	11.75 $\pm$ 1.26 ^a	0.416
Dif_peso (g)	Ambiente	150	0.43 $\pm$ 1.50 ^a	0.105
Dif_peso (g)	Refrigerada	153	0.19 $\pm$ 1.06 ^a	0.105
IF (%)	Ambiente	146	78.20 $\pm$ 6.85 ^a	0.526
IF (%)	Refrigerada	149	77.79 $\pm$ 3.92 ^a	0.526
Color_yema (unidades de color)	Ambiente	145	9.16 $\pm$ 1.41 ^b	< 0.001
Color_yema (unidades de color)	Refrigerada	147	10.07 $\pm$ 1.23 ^a	< 0.001
GC (mm)	Ambiente	143	0.21 $\pm$ 0.02 ^a	0.591
GC (mm)	Refrigerada	145	0.21 $\pm$ 0.02 ^a	0.591
pH	Ambiente	146	8.00 $\pm$ 0.40 ^a	< 0.001
pH	Refrigerada	147	7.75 $\pm$ 0.36 ^b	< 0.001
Yema (%)	Ambiente	147	32 $\pm$ 11 ^a	0.946
Yema (%)	Refrigerada	149	33 $\pm$ 5 ^a	0.946
Albúmina (%)	Ambiente	147	47 $\pm$ 15 ^b	0.001
Albúmina (%)	Refrigerada	149	52 $\pm$ 10 ^a	0.001
Cáscara (%)	Ambiente	147	11 $\pm$ 2 ^a	0.068
Cáscara (%)	Refrigerada	149	12 $\pm$ 2 ^a	0.068

Nota. Día cero fue considerado como tratamiento testigo y excluido del análisis estadístico. Medidas descriptivas: N = número de análisis por tratamiento, Media $\pm$ desviación estándar (DE), p-valor corresponde al efecto de la temperatura de almacenamiento para cada variable evaluada mediante ANOVA ($p < 0.05$). Las medias seguidas de letras diferentes dentro de una misma variable difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$). Variables de estudio: PH_Inicial = peso inicial. PH_Final = peso final. Dif_peso = diferencia de peso (pérdida de peso) entre el peso inicial y final. IF = índice de forma. GC = grosor de cáscara. pH = potencial de hidrógeno y porcentaje de Yema, Albúmina y Cáscara.

Informe final de Proyecto de Investigación

Interpretación de resultados por variable

Peso inicial del huevo. PH_Inicial (g)

El peso inicial promedio del huevo fue de 11.91 g en almacenamiento a temperatura ambiente y de 11.87 g en refrigeración, con una diferencia de 0.04 g entre tratamientos. El análisis estadístico no evidenció diferencias significativas atribuibles a la temperatura de almacenamiento ($p > 0.05$). Estos resultados indican que el peso inicial del huevo permaneció constante entre los grupos experimentales.

Peso final del huevo. PH_Final (g)

El peso final promedio del huevo fue de 11.63 g en almacenamiento a temperatura ambiente y de 11.75 g en refrigeración, registrándose una diferencia de 0.12 g entre tratamientos. El análisis estadístico no mostró diferencias significativas atribuibles a la temperatura de almacenamiento ($p > 0.05$). No obstante, se observó una tendencia a la disminución del peso final conforme aumentó el tiempo de almacenamiento. En general, los resultados indican que la temperatura de conservación no afectó significativamente esta variable, manteniéndose valores similares entre los tratamientos evaluados.

El peso final puede ser afectado levemente por la pérdida de agua, pero la temperatura por sí sola no generó cambios estadísticamente significativos fuertes.

Diferencia de peso. Dif_peso (g)

La pérdida de peso promedio del huevo fue de 0.43 g en almacenamiento a temperatura ambiente y de 0.19 g en refrigeración, observándose una diferencia de 0.24 g entre tratamientos. No obstante, el análisis estadístico indicó que la temperatura de almacenamiento no ejerció un efecto significativo sobre esta variable ($p > 0.05$). A pesar de ello, los valores promedio muestran una menor pérdida de peso en los huevos almacenados bajo refrigeración, mientras que los huevos mantenidos a temperatura ambiente presentaron una mayor reducción de peso durante el período de almacenamiento.

Índice de forma. IF (%)

El índice de forma del huevo no presentó diferencias significativas entre las temperaturas de almacenamiento evaluadas ($p > 0.05$). Los valores promedio obtenidos fueron de 78.20 %

Informe final de Proyecto de Investigación

para los huevos almacenados a temperatura ambiente y de 77.79 % para aquellos almacenados en refrigeración. Estos resultados evidencian una alta uniformidad en la forma de los huevos entre tratamientos.

Color de yema. Color_yema (unidades de color)

Los resultados obtenidos evidenciaron valores promedio de color de yema de 9.16 unidades de color, en los huevos almacenados a temperatura ambiente y de 10.07 unidades en aquellos conservados bajo condiciones de refrigeración. En consecuencia, los huevos refrigerados presentaron una coloración de yema superior en 0.91 unidades con respecto a los almacenados a temperatura ambiente.

El análisis estadístico mostró que la temperatura de almacenamiento ejerció un efecto significativo sobre el color de la yema ($p < 0.05$).

Grosor de cáscara. GC (mm)

Grosor de cáscara (GC, mm). Los valores promedio de grosor de cáscara obtenidos en la presente investigación fueron similares para ambas temperaturas de almacenamiento (ambiente y refrigeración), registrándose un valor de 0.21 mm. Al comparar estos resultados con los reportados en la literatura, se observa que se encuentran dentro del rango considerado normal para huevos de codorniz, el cual oscila entre 0.20 y 0.30 mm.

El análisis estadístico indicó que la temperatura de almacenamiento no ejerció un efecto significativo sobre el grosor de la cáscara ($p > 0.05$).

Potencial de hidrógeno. pH

Potencial de hidrógeno (pH). Los valores promedio de pH obtenidos en el estudio fueron de 8.00 para los huevos almacenados a temperatura ambiente y de 7.75 para aquellos conservados bajo condiciones de refrigeración. En consecuencia, los huevos mantenidos a temperatura ambiente presentaron un incremento de 0.25 unidades de pH con respecto a los almacenados en refrigeración, evidenciando una mayor alcalinidad de la albúmina.

Los huevos almacenados bajo condiciones de refrigeración presentaron valores de pH significativamente menores que aquellos conservados a temperatura ambiente, lo que evidencia una mejor preservación de su calidad interna.

Informe final de Proyecto de Investigación

Porcentaje de yema (% Yema)

El porcentaje promedio de yema fue de 32 % en los huevos almacenados a temperatura ambiente y de 33 % en los almacenados bajo refrigeración, valores que se encuentran dentro del rango reportado para huevos de codorniz japonesa (28–33 %). La temperatura de almacenamiento no tuvo un efecto significativo sobre esta variable ($p > 0.05$). Sin embargo, durante las evaluaciones de laboratorio se observó que la refrigeración favoreció una mejor conservación de la forma y consistencia de la yema, mientras que los huevos almacenados a temperatura ambiente presentaron una mayor pérdida de firmeza, evidenciando un deterioro más acelerado de su calidad interna (Apéndice R).

Porcentaje de albúmina (% Albúmina)

El porcentaje promedio de albúmina fue de 47 % en los huevos almacenados a temperatura ambiente y de 52 % en aquellos almacenados bajo refrigeración, observándose un incremento de 5 % bajo condiciones de refrigeración

El análisis estadístico evidenció que la temperatura de almacenamiento ejerció un efecto significativo sobre esta variable ($p < 0.05$). Los huevos almacenados a temperatura ambiente presentaron una menor consistencia de la albúmina, la cual se volvió más líquida, mientras que la refrigeración contribuyó a preservar mejor su estructura y calidad interna (Apéndice S).

Porcentaje de cáscara (% Cáscara)

El porcentaje de cáscara registrado fue de 11 % en los huevos almacenados a temperatura ambiente y de 12 % bajo refrigeración, observándose una diferencia de 1 % a favor de los huevos refrigerados. Estos valores fueron superiores a los reportados en la literatura (7–9 %), situación que podría atribuirse a la presencia de residuos de albúmina adheridos a la cáscara durante el proceso de separación de los componentes del huevo, lo que habría incrementado su peso y, por consiguiente, la estimación de esta variable.

El análisis estadístico indicó que la temperatura de almacenamiento no ejerció un efecto significativo sobre el porcentaje de cáscara ($p > 0.05$).

Informe final de Proyecto de Investigación

En términos generales, los resultados obtenidos evidencian que la temperatura de almacenamiento influye principalmente sobre las características internas del huevo de codorniz japonesa, mientras que las variables externas mostraron una mayor estabilidad. Este comportamiento coincide con lo reportado en estudios previos realizados en huevos de aves de postura.

A continuación, se discuten los resultados de cada una de las variables evaluadas, contrastándolos con los hallazgos de investigaciones similares.

Aunque en el presente estudio la **pérdida de peso del huevo (Dif_peso)** no mostró diferencias estadísticamente significativas según el análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de Tukey ($p > 0.05$), se observó una tendencia hacia valores más elevados en los huevos almacenados a temperatura ambiente. Este comportamiento puede atribuirse a la pérdida gradual de agua y gases a través de los poros de la cáscara, proceso que se ve favorecido por temperaturas más altas. Diversos estudios han reportado que el almacenamiento a temperaturas elevadas acelera la evaporación de agua, lo que incrementa la pérdida de peso del huevo a medida que transcurre el tiempo de conservación (Carvalho et al., 2023; Ikusika et al., 2025).

El **pH** del huevo presentó diferencias significativas entre las temperaturas de almacenamiento evaluadas (ambiente y refrigeración), registrándose valores más elevados en los huevos conservados a temperatura ambiente. Este resultado coincide con lo reportado en investigaciones previas, las cuales señalan que durante el almacenamiento se produce una pérdida gradual de dióxido de carbono (CO_2) a través de la cáscara, provocando un incremento del pH, especialmente en la albúmina. Dicho proceso ocurre con mayor rapidez a temperaturas elevadas, acelerando el deterioro de la calidad interna del huevo (An et al., 2023; Kim et al., 2024). En contraste, la refrigeración contribuyó a retardar estos cambios fisicoquímicos, favoreciendo una mejor conservación de las características internas y de la frescura del huevo.

Informe final de Proyecto de Investigación

El porcentaje de albúmina presentó diferencias significativas entre las temperaturas de almacenamiento evaluadas, evidenciando la alta sensibilidad de este componente a las condiciones de conservación. Durante el almacenamiento, la albúmina experimenta una pérdida progresiva de viscosidad y consistencia debido a la degradación de proteínas estructurales, como la ovomucina, lo que repercute negativamente en la calidad interna del huevo. Este proceso ocurre con mayor intensidad a temperaturas elevadas, favoreciendo la licuefacción de la albúmina y acelerando el deterioro de sus propiedades físicas y funcionales, tal como ha sido reportado en estudios previos (Carvalho et al., 2023; Rizzi, 2021).

El **color de la yema** presentó diferencias significativas entre las temperaturas de almacenamiento evaluadas, observándose una mejor conservación de esta característica en los huevos mantenidos bajo refrigeración. Aunque la intensidad de la coloración de la yema depende principalmente de la composición de la dieta suministrada a las aves, las condiciones de almacenamiento también pueden influir en su estabilidad. Durante el almacenamiento ocurren procesos oxidativos y modificaciones en la estructura lipídica de la yema que pueden alterar la intensidad y uniformidad de su color. Investigaciones recientes han demostrado que las temperaturas elevadas favorecen la degradación de los pigmentos carotenoides, reduciendo la intensidad de la coloración y afectando la calidad visual del huevo (Ikusika et al., 2025). En este sentido, la refrigeración contribuye a preservar de mejor manera los pigmentos responsables de la coloración de la yema, manteniendo esta característica de calidad por períodos más prolongados.

El **índice de forma y el grosor de la cáscara** no presentaron diferencias significativas entre las temperaturas de almacenamiento evaluadas (ambiente y refrigeración), lo que indica que estas variables son poco sensibles a las condiciones de conservación posteriores a la puesta. Este comportamiento sugiere que dichas características dependen principalmente de factores intrínsecos del ave, tales como la edad, la genética y el estado nutricional, los cuales determinan la formación y estructura del huevo. Estos resultados coinciden con lo reportado por Kop-Bozbay et al. (2024), quienes señalan que las características externas del huevo

Informe final de Proyecto de Investigación

tienden a presentar una menor variación durante el almacenamiento en comparación con las características internas, las cuales son más susceptibles a los cambios fisicoquímicos asociados al tiempo y la temperatura de conservación.

El **porcentaje de yema** no presentó diferencias significativas entre las temperaturas de almacenamiento evaluadas, lo que indica que esta variable se mantuvo relativamente estable durante el período de conservación. No obstante, estudios previos han señalado que durante el almacenamiento puede producirse una transferencia gradual de agua desde la albúmina hacia la yema, ocasionando un incremento en su volumen y una disminución de su firmeza e integridad estructural. Este fenómeno está influenciado tanto por el tiempo como por la temperatura de almacenamiento, siendo más evidente en períodos prolongados de conservación (Taha et al., 2019).

Por su parte, el **porcentaje de cáscara** mostró un comportamiento estable y no presentó diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. Este resultado coincide con lo reportado en la literatura, donde se indica que la cáscara es una estructura cuya formación concluye antes de la postura y que, en condiciones normales de almacenamiento, su proporción relativa permanece prácticamente inalterada. En consecuencia, esta variable presenta una baja sensibilidad a los cambios de temperatura durante la conservación del huevo (Carvalho et al., 2023).

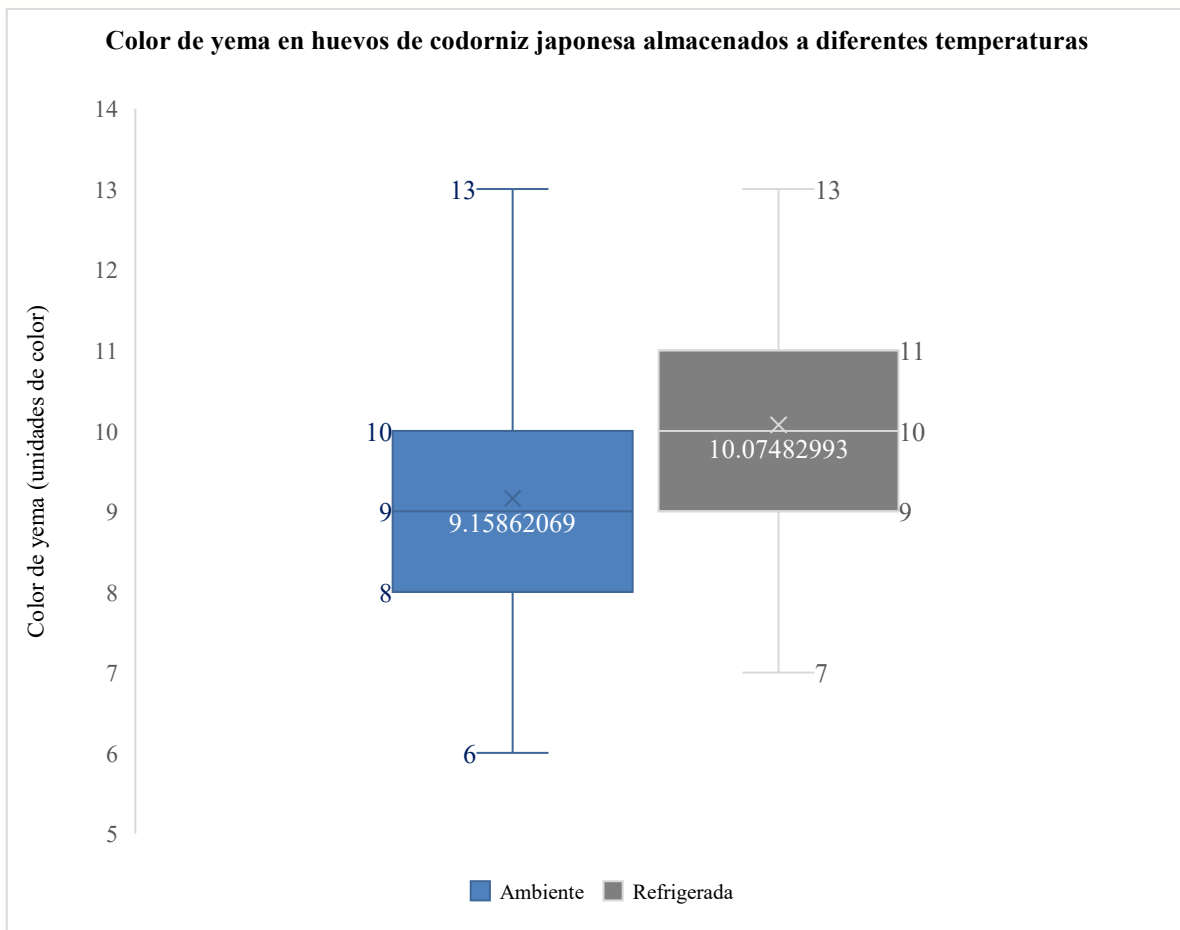
Los resultados obtenidos en las variables evaluadas para determinar la calidad interna y externa del huevo de codorniz japonesa evidenciaron que la temperatura de almacenamiento influye principalmente sobre las características internas del huevo, especialmente en el pH, el porcentaje de albúmina y el color de la yema. En contraste, las variables relacionadas con la calidad externa mostraron una mayor estabilidad y no presentaron cambios significativos durante el período de almacenamiento. Estos hallazgos resaltan la importancia de la refrigeración como una estrategia eficaz para preservar la calidad interna del huevo y retardar los procesos de deterioro asociados al almacenamiento.

Informe final de Proyecto de Investigación

A continuación, se presentan los diagramas de cajas y bigotes (Box Plot) correspondientes a las variables que mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las temperaturas de almacenamiento evaluadas (ambiente y refrigeración): color de la yema, pH y porcentaje de albúmina. Estos gráficos permiten visualizar la distribución de los datos, su variabilidad y las diferencias observadas entre los tratamientos.

Figura 1

Gráfico Box Plot del color de yema de huevos de codorniz japonesa (Coturnix japonica) almacenados a temperatura ambiente y de refrigeración.



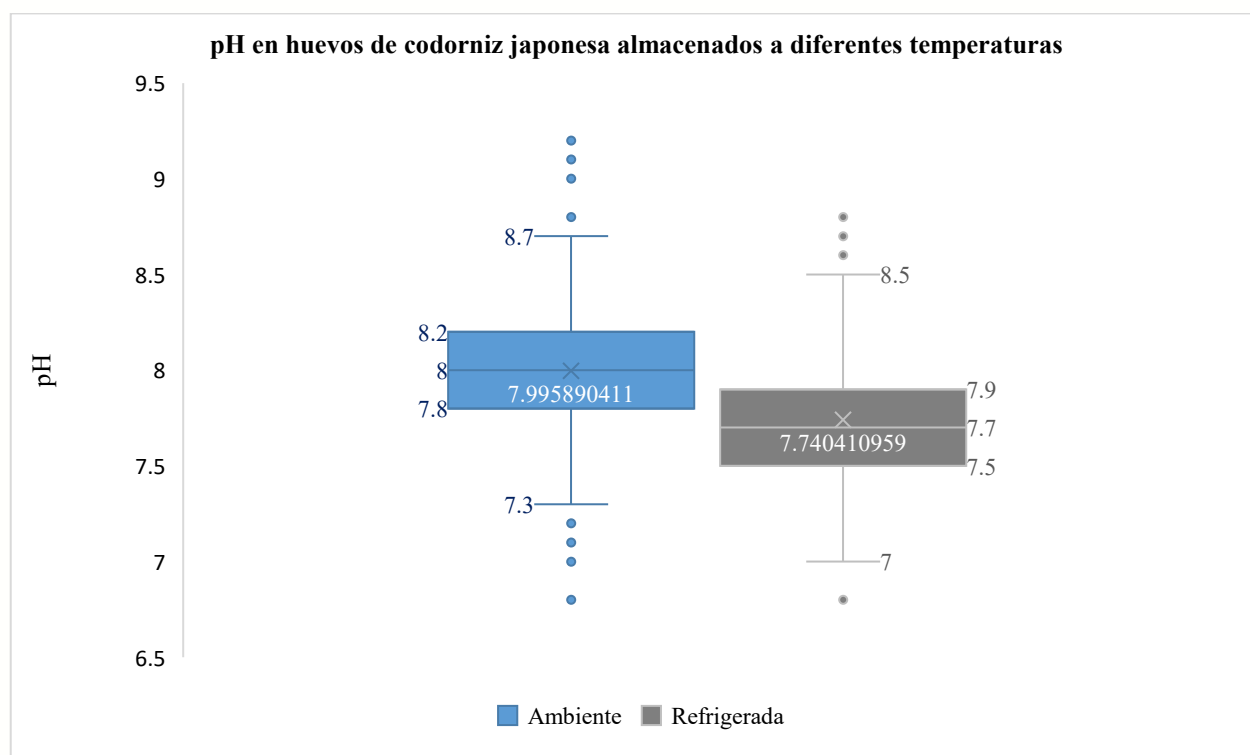
Nota. La línea central representa la mediana, la “X” la media aritmética, la caja el rango intercuartílico (RIC) y los bigotes el rango de los datos.

Informe final de Proyecto de Investigación

La Figura 1 muestra que los huevos de codorniz japonesa almacenados bajo refrigeración presentaron una mayor intensidad de color de yema que los conservados a temperatura ambiente. La media del color fue de 10.07 unidades para los huevos refrigerados y de 9.16 unidades para los almacenados a temperatura ambiente. Aunque existe cierta superposición en la distribución de los datos, la mediana y los valores centrales fueron superiores en los huevos refrigerados, evidenciando una mejor conservación de esta característica de calidad. Estos resultados sugieren que la refrigeración contribuye a mantener la estabilidad de los pigmentos responsables de la coloración de la yema durante el almacenamiento.

Figura 2

Gráfico Box Plot del pH de huevos de codorniz japonesa (Coturnix japonica) almacenados a temperatura ambiente y de refrigeración



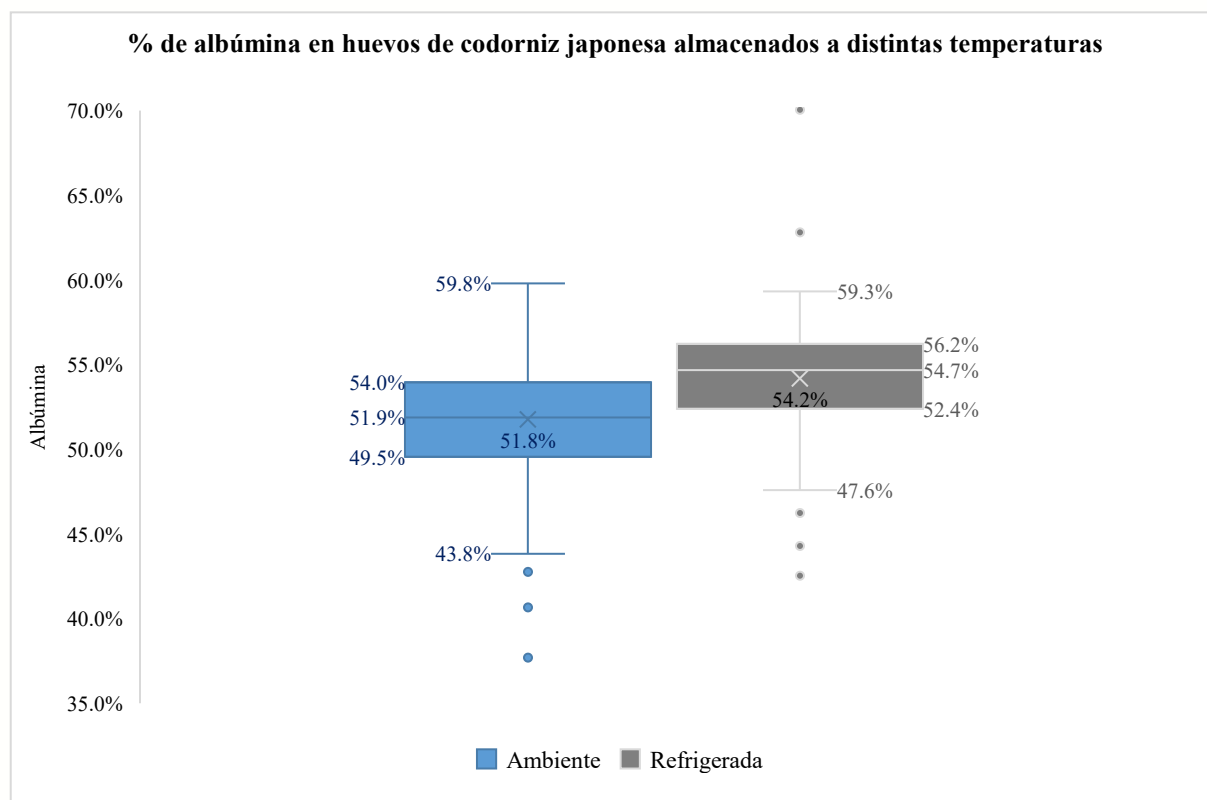
Nota. La línea central representa la mediana, la “X” la media aritmética, la caja el rango intercuartílico (RIC) y los bigotes el rango de los datos.

Informe final de Proyecto de Investigación

La Figura 2 muestra que los huevos almacenados a temperatura ambiente presentaron valores de pH más altos (media = 7.99) que los conservados bajo refrigeración (media = 7.74), evidenciando una mayor alcalinidad en el primer tratamiento. Estos resultados indican que la refrigeración retarda el incremento del pH al disminuir la pérdida de dióxido de carbono (CO_2) a través de la cáscara. En consecuencia, los huevos refrigerados conservaron mejor su calidad interna y fresca durante el almacenamiento, mientras que los almacenados a temperatura ambiente mostraron un deterioro más acelerado.

Figura 3

Gráfico Box Plot del % de albúmina de huevos de codorniz japonesa (Coturnix japonica) almacenados a temperatura ambiente y de refrigeración



Nota. La línea central representa la mediana, la “X” la media aritmética, la caja el rango intercuartílico (RIC) y los bigotes el rango de los datos.

Informe final de Proyecto de Investigación

La Figura 3 muestra que los huevos almacenados bajo refrigeración presentaron un mayor porcentaje de albúmina (media = 54.2 %) en comparación con los almacenados a temperatura ambiente (media = 51.8 %). Además, los valores de la mediana y del rango intercuartílico fueron superiores en los huevos refrigerados, evidenciando una mejor conservación de este componente. El tratamiento a temperatura ambiente presentó mayor dispersión de los datos (ancho de la caja) y valores extremos más bajos. La refrigeración muestra una distribución o dispersión más estable y concentrada.

Estos resultados sugieren que la refrigeración contribuye a mantener la estructura y consistencia de la albúmina, mientras que el almacenamiento a temperatura ambiente favorece su degradación y licuefacción. En consecuencia, los huevos refrigerados conservan mejor su calidad interna, confirmando que la temperatura de almacenamiento influye significativamente en la estabilidad de la albúmina.

Influencia del tiempo de almacenamiento sobre la calidad interna y externa de los huevos de codorniz japonesa, considerando diferentes períodos de almacenamiento.

La Tabla 6 presenta los estadísticos descriptivos de las variables de calidad interna y externa del huevo de codorniz japonesa evaluadas a diferentes tiempos de almacenamiento. Los resultados evidenciaron un efecto significativo sobre el color de la yema ($p = 0.001$), el grosor de la cáscara ($p < 0.001$) y el pH ($p < 0.001$). En particular, se observó un incremento gradual del color de la yema y del pH conforme aumentaron los días de almacenamiento, mientras que el grosor de la cáscara mostró una ligera disminución.

Por el contrario, las variables peso inicial, peso final, diferencia de peso, índice de forma, porcentaje de yema, porcentaje de albúmina y porcentaje de cáscara no presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$), lo que indica que estas características se mantuvieron relativamente estables durante el período de evaluación. No obstante, la pérdida de peso mostró una tendencia creciente a medida que avanzó el tiempo de almacenamiento, aunque sin alcanzar significancia estadística.



Informe final de Proyecto de Investigación

Tabla 5

Estadísticos descriptivos de las variables de calidad interna y externa del huevo de codorniz japonesa (Coturnix japonica) a diferentes tiempos de almacenamiento

Variable	3 días		6 días		9 días		12 días		15 días		18 días		p_valor
	N	Media±DE	N	Media±DE	N	Media±DE	N	Media±DE	N	Media±DE	N	Media±DE	
PH_Inicial (g)	42	11.89 ± 1.24	48	11.82 ± 1.17	54	11.77 ± 1.39	53	11.98 ± 1.23	51	12.19 ± 1.01	52	11.70 ± 1.30	0.405
PH_Final (g)	41	11.70 ± 1.16	48	11.66 ± 1.16	53	11.58 ± 1.38	52	11.79 ± 1.24	51	11.97 ± 1.00	52	11.47 ± 1.28	0.369
Dif_peso (g)	42	0.46 ± 2.23	48	0.16 ± 0.40	56	0.40 ± 1.71	54	0.40 ± 1.55	51	0.21 ± 0.26	53	0.23 ± 0.16	0.813
IF (%)	42	78.26 ± 3.73	45	76.55 ± 11.18	53	78.15 ± 4.01	53	77.74 ± 3.61	51	78.12 ± 3.67	52	78.99 ± 3.67	0.420
Color_yema (unidades de color)	40	9.03 ± 1.10	48	9.40 ± 1.20	53	9.92 ± 1.49	52	10.17 ± 1.57	49	9.51 ± 1.39	51	9.53 ± 1.27	0.001
GC (mm)	40	0.20 ± 0.02	47	0.19 ± 0.02	53	0.21 ± 0.02	50	0.21 ± 0.02	49	0.21 ± 0.02	50	0.21 ± 0.02	< 0.001
pH	40	7.78 ± 0.41	47	7.83 ± 0.32	53	7.85 ± 0.42	52	7.76 ± 0.44	49	7.90 ± 0.32	53	8.09 ± 0.40	< 0.001
Yema (%)	41	32.6 ± 6.40	48	32.5 ± 7.60	53	31.0 ± 9.40	52	32.6 ± 7.10	51	33.2 ± 7.40	52	33.3 ± 10.00	0.743
Albúmina (%)	41	52.3 ± 13.0	48	51.7 ± 11.40	53	46.0 ± 18.40	52	50.4 ± 10.70	51	49.9 ± 10.60	52	49.1 ± 12.60	0.206
Cáscara (%)	41	11.4 ± 2.10	48	11.1 ± 1.80	53	11.6 ± 1.50	52	12.0 ± 2.00	51	11.2 ± 2.40	52	11.1 ± 2.30	0.169

Nota. Día cero fue considerado como tratamiento testigo y excluido del análisis estadístico. Medidas descriptivas: N = número de análisis por tratamiento, Media ± desviación estándar (DE), p-valor corresponde al efecto de los días de almacenamiento para cada variable evaluada mediante ANOVA ($p < 0.05$). Variables de estudio: PH_Inicial = peso inicial. PH_Final = peso final. Dif_peso = diferencia de peso (pérdida de peso) entre el peso inicial y final. IF = índice de forma. GC = grosor de cáscara. pH = potencial de hidrógeno y porcentaje de Yema, Albúmina y Cáscara.

Informe final de Proyecto de Investigación

La Tabla 7 presenta la comparación de medias mediante la prueba de Tukey para las variables de calidad interna y externa del huevo de codorniz japonesa evaluadas a diferentes tiempos de almacenamiento. Se observaron diferencias significativas en la pérdida de peso (Dif_peso), color de la yema, grosor de la cáscara, pH, porcentaje de yema y porcentaje de albúmina ($p < 0.05$).

La pérdida de peso aumentó progresivamente con el tiempo de almacenamiento, registrando los valores más bajos en el día 3 y los más altos en el día 18. De igual forma, el color de la yema presentó valores superiores entre los días 9 y 12, mientras que el pH mostró un incremento gradual conforme avanzó el período de almacenamiento, alcanzando su valor máximo en el día 18.

Por otra parte, el porcentaje de yema tendió a incrementarse ligeramente con el tiempo, mientras que el porcentaje de albúmina mostró una disminución progresiva. El grosor de la cáscara presentó diferencias estadísticas entre algunos períodos de almacenamiento, aunque las variaciones observadas fueron de pequeña magnitud.

Las variables peso inicial, peso final, índice de forma y porcentaje de cáscara no presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$), lo que indica que estas características permanecieron relativamente estables durante el período de almacenamiento evaluado.

Informe final de Proyecto de Investigación

Tabla 6

Efecto del tiempo de almacenamiento en la calidad interna y externa del huevo de codorniz japonesa (Coturnix japonica)

Variable	Día 3	Día 6	Día 9	Día 12	Día 15	Día 18	p-valor
PH_Inicial (g)	11.886 ^a	11.822 ^a	11.775 ^a	11.984 ^a	12.186 ^a	11.700 ^a	0.455
PH_Final (g)	11.702 ^a	11.661 ^a	11.577 ^a	11.795 ^a	11.975 ^a	11.468 ^a	0.197
Dif_peso (g)	0.122 ^a	0.161 ^{ab}	0.177 ^b	0.198 ^b	0.211 ^b	0.231 ^b	< 0.001
IF (%)	78.3 ^a	76.6 ^a	78.2 ^a	77.7 ^a	78.1 ^a	79.0 ^a	0.467
Color_yema (unidades color)	9.0 ^b	9.4 ^{ab}	9.9 ^a	10.2 ^a	9.5 ^{ab}	9.5 ^{ab}	0.001
GC (mm)	0.20 ^{ab}	0.19 ^b	0.21 ^a	0.21 ^a	0.21 ^a	0.22 ^a	< 0.001
pH	7.78 ^a	7.83 ^{ab}	7.85 ^b	7.76 ^a	7.90 ^b	8.09 ^c	< 0.001
Yema (%)	33.4 ^a	33.9 ^a	33.5 ^a	33.9 ^a	34.6 ^a	35.4 ^a	< 0.001
Albúmina (%)	55.0 ^a	53.9 ^{ab}	53.0 ^b	52.5 ^b	52.0 ^b	52.1 ^b	< 0.001
Cáscara (%)	11.7 ^a	11.4 ^a	11.6 ^a	12.0 ^a	11.7 ^a	11.5 ^a	0.255

Nota. Día cero fue considerado como tratamiento testigo y excluido del análisis inferencial. Letras distintas entre las filas indican diferencia estadística $\alpha = 0.05$, según prueba de Tuckey. Variables de estudio: PH_Inicial = peso inicial. PH_Final = peso final. Dif_peso = diferencia de peso (pérdida de peso) entre el peso inicial y final. IF = índice de forma. GC = grosor de cáscara. pH = potencial de hidrógeno y porcentaje de Yema, Albúmina y Cáscara.

A continuación, se discuten los resultados de cada una de las variables evaluadas, contrastándolos con los hallazgos de investigaciones similares.

El incremento progresivo de la **pérdida de peso** observado durante el período de almacenamiento puede atribuirse principalmente a la evaporación de agua y a la difusión de gases a través de los poros de la cáscara. Este proceso ocasiona una reducción gradual de la masa del huevo y constituye uno de los cambios más evidentes durante su conservación. Diversas investigaciones han demostrado que la pérdida de peso aumenta conforme se prolonga el tiempo de almacenamiento, afectando negativamente la calidad y frescura del producto. En este sentido, Caner y Yüceer (2015) señalan que la pérdida de humedad es uno de los principales indicadores del deterioro de los huevos durante el almacenamiento.

Informe final de Proyecto de Investigación

El **color de la yema** presentó diferencias significativas entre los tiempos de almacenamiento evaluados ($p < 0.05$), alcanzando su valor más alto en el día 12 (10.2 unidades de color). Posteriormente, esta variable mostró una ligera disminución y se estabilizó en los días 15 y 18, con valores promedio de 9.5 unidades. Este comportamiento podría estar asociado con cambios físicos y estructurales en la yema durante el almacenamiento, que afectan la distribución y estabilidad de los pigmentos carotenóides responsables de su coloración. Aunque el color de la yema depende principalmente de la alimentación suministrada a las codornices, estudios previos han señalado que el almacenamiento puede modificar la percepción visual de esta característica debido a alteraciones en la estructura interna del huevo (Kralik et al., 2019).

El **grosor de la cáscara** presentó variaciones significativas entre los tiempos de almacenamiento evaluados ($p < 0.05$). El valor más bajo se registró en el día 6 (0.19 mm), mientras que los días 9, 12 y 15 mostraron valores similares (0.21 mm). Por su parte, el mayor grosor de cáscara se observó en el día 18, con un promedio de 0.22 mm. A pesar de estas diferencias, la magnitud de los cambios fue reducida, lo que sugiere que esta variable presenta una menor sensibilidad al tiempo de almacenamiento en comparación con otros indicadores de calidad del huevo.

Diversos estudios han señalado que el **grosor de la cáscara** está determinado principalmente por factores fisiológicos y productivos asociados al ave, especialmente la edad y el estado nutricional. En este sentido, Solano et al. (2025) reportan que el tiempo de almacenamiento no modifica significativamente esta característica, siendo la edad del ave uno de los factores con mayor influencia sobre su variación. Por otra parte, Saleh et al. (2020) describen ligeras modificaciones en el grosor de la cáscara durante almacenamientos prolongados, asociadas principalmente a la pérdida de humedad y a cambios físicos ocurridos durante la conservación del huevo.

Informe final de Proyecto de Investigación

El incremento significativo del **pH** observado durante el almacenamiento coincide con lo reportado en diversos estudios, los cuales indican que esta variable aumenta progresivamente debido a la pérdida de dióxido de carbono (CO_2) a través de los poros de la cáscara. Este proceso ocurre desde los primeros días de conservación y tiende a estabilizarse en etapas posteriores del almacenamiento (Solano et al., 2025). La pérdida de CO_2 altera el sistema tampón del huevo, provocando una alcalinización gradual de su contenido interno (Nugroho et al., 2021).

El aumento de la alcalinidad constituye uno de los principales indicadores del deterioro de la calidad interna del huevo (Rossi et al., 2020; Jones y Musgrove, 2021). A medida que el pH se incrementa, se producen cambios en la estabilidad de las proteínas de la albúmina, reduciendo su viscosidad y consistencia. En consecuencia, huevos almacenados por períodos más prolongados presentan valores de pH más elevados, menor frescura y una albúmina más líquida, reflejando una disminución de su calidad interna.

El incremento del **porcentaje de yema** y la disminución del **porcentaje de albúmina** observados durante el almacenamiento pueden atribuirse al movimiento osmótico de agua desde la albúmina hacia la yema. Este proceso provoca un aumento del volumen de la yema y un debilitamiento progresivo de la membrana vitelina, alterando la proporción relativa de ambos componentes. Dichos cambios han sido ampliamente descritos como una consecuencia característica del almacenamiento prolongado y están asociados con la pérdida de calidad interna y frescura del huevo (Kralik et al., 2019; Abeyrathne et al., 2016).

Las variables **peso inicial, peso final, índice de forma y porcentaje de cáscara** no presentaron diferencias significativas durante el período de almacenamiento, lo que indica que estas características permanecieron relativamente estables. Este comportamiento sugiere que dichos atributos están influenciados principalmente por factores intrínsecos del ave, tales como la edad, la genética y las condiciones de producción, más que por el tiempo de conservación del huevo (Roberts, 2017; Jones et al., 2018).

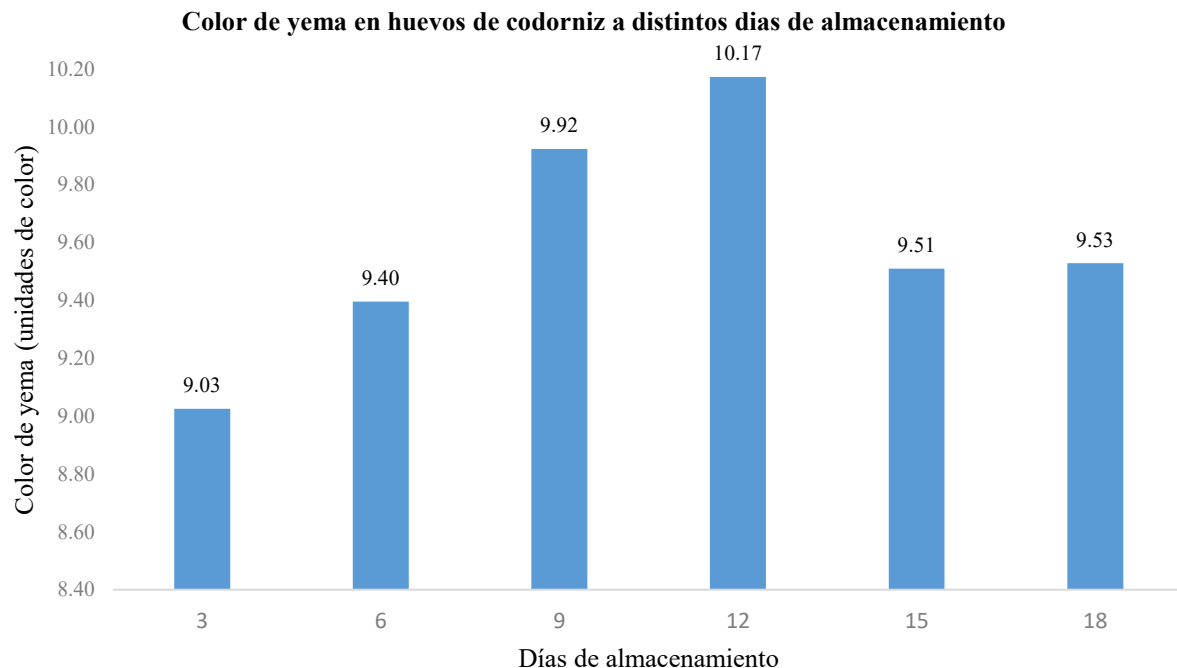
Informe final de Proyecto de Investigación

En conjunto, los resultados obtenidos confirman que el almacenamiento afecta principalmente las características de calidad interna del huevo, mientras que las variables de calidad externa muestran una mayor estabilidad. Estos hallazgos coinciden con lo reportado en la literatura para huevos de aves de producción, donde los cambios más importantes durante la conservación se relacionan con modificaciones fisicoquímicas de los componentes internos del huevo.

La Figura 4 presenta el efecto del tiempo de almacenamiento sobre el color de la yema en huevos de codorniz japonesa (*Coturnix japonica*).

Figura 4

*Efecto del tiempo de almacenamiento en el color de la yema de huevos de codorniz japonesa (*Coturnix japonica*).*

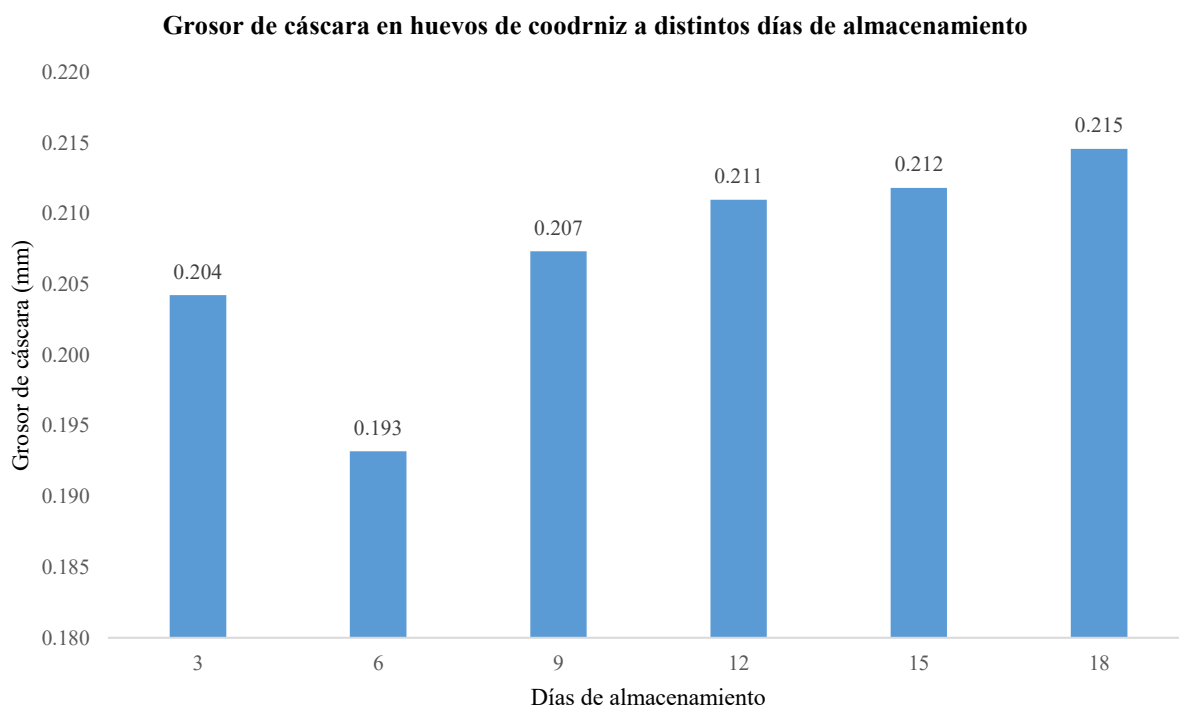


Informe final de Proyecto de Investigación

En la Figura 4 se muestra el comportamiento del color de la yema en huevos de codorniz japonesa almacenados durante los diferentes tiempos de estudio. Se observa un incremento gradual en la intensidad del color desde el día 3 (9.03 unidades) hasta alcanzar su valor máximo en el día 12 (10.17 unidades). Posteriormente, el color de la yema disminuyó en el día 15 (9.51 unidades) y se mantuvo relativamente estable hasta el día 18 (9.53 unidades). Estos resultados evidencian que el tiempo de almacenamiento influyó en la coloración de la yema, observándose las mayores intensidades de color durante los períodos intermedios de conservación.

Figura 5

Efecto del tiempo de almacenamiento en el grosor de la cáscara de huevos de codorniz japonesa (Coturnix japonica).

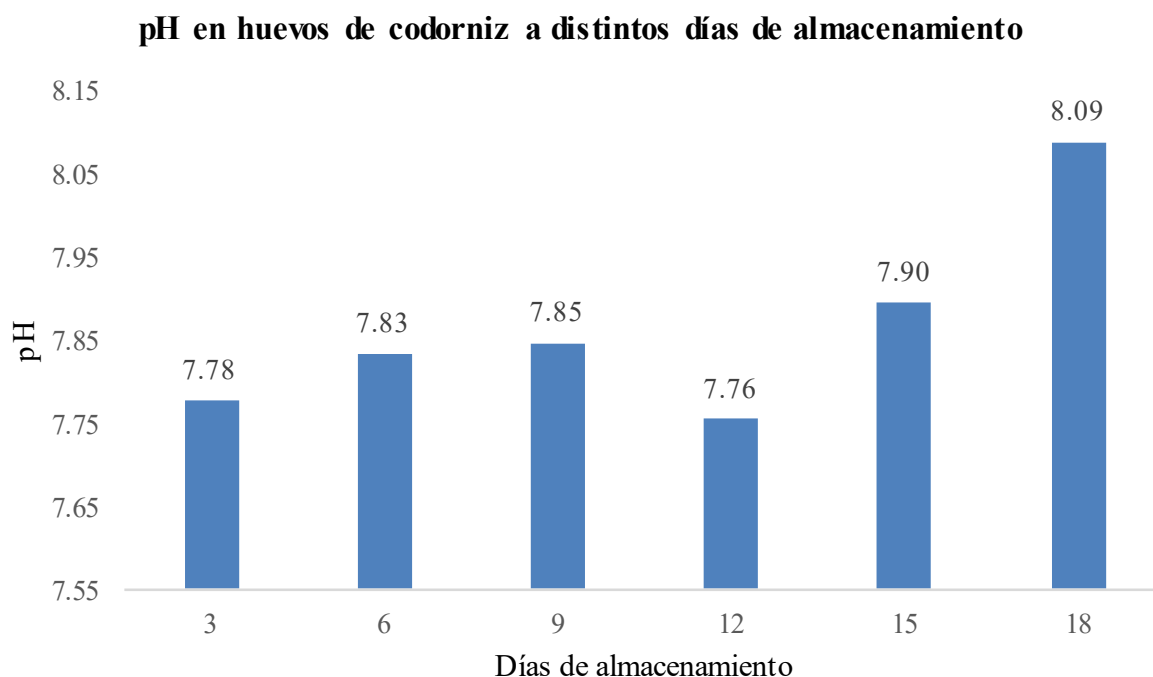


Informe final de Proyecto de Investigación

La Figura 5 muestra la variación del grosor de la cáscara en huevos de codorniz japonesa almacenados a los distintos tiempos de estudio. Se observa que el menor grosor se registró en el día 6 de almacenamiento (0.193 mm), mientras que a partir del día 9 se presentó una tendencia gradual al incremento, alcanzando el valor más alto en el día 18 (0.215 mm). No obstante, las diferencias observadas fueron de pequeña magnitud, con valores comprendidos entre 0.193 y 0.215 mm. Estos resultados indican que el grosor de la cáscara se mantuvo relativamente estable durante el almacenamiento, evidenciando una baja sensibilidad de esta variable al tiempo de conservación.

Figura 6

Efecto del tiempo de almacenamiento en el pH de huevos de codorniz japonesa (Coturnix japonica).



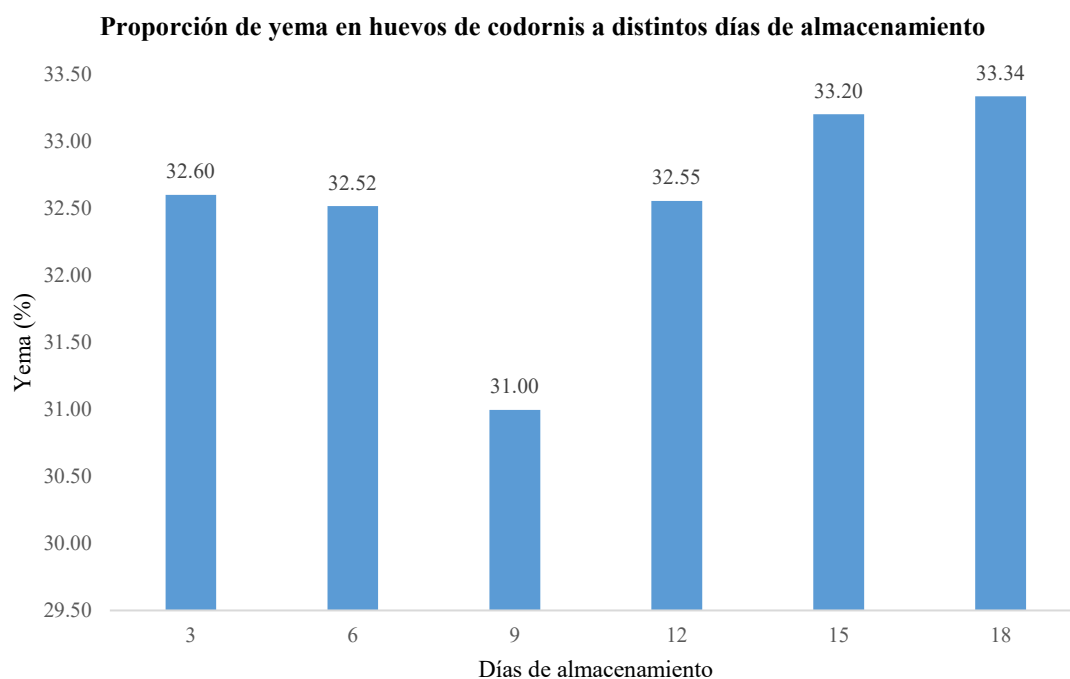
Informe final de Proyecto de Investigación

La Figura 6 muestra la variación del pH en huevos de codorniz japonesa almacenados durante los diferentes tiempos de estudio. Se observa una tendencia general al incremento del pH conforme aumentaron los días de almacenamiento, pasando de 7.78 en el día 3 a 8.09 en el día 18. Aunque se registró una ligera disminución en el día 12 (7.76), posteriormente el pH aumentó hasta alcanzar su valor máximo al final del período de conservación.

Estos resultados evidencian un proceso de alcalinización progresiva del contenido interno del huevo durante el almacenamiento, asociado principalmente a la pérdida de dióxido de carbono (CO_2) a través de la cáscara. El incremento del pH constituye un indicador de disminución de la frescura y de deterioro de la calidad interna del huevo, especialmente de la albúmina.

Figura 7

Efecto del tiempo de almacenamiento en la proporción de yema en huevos de codorniz japonesa (Coturnix japonica)



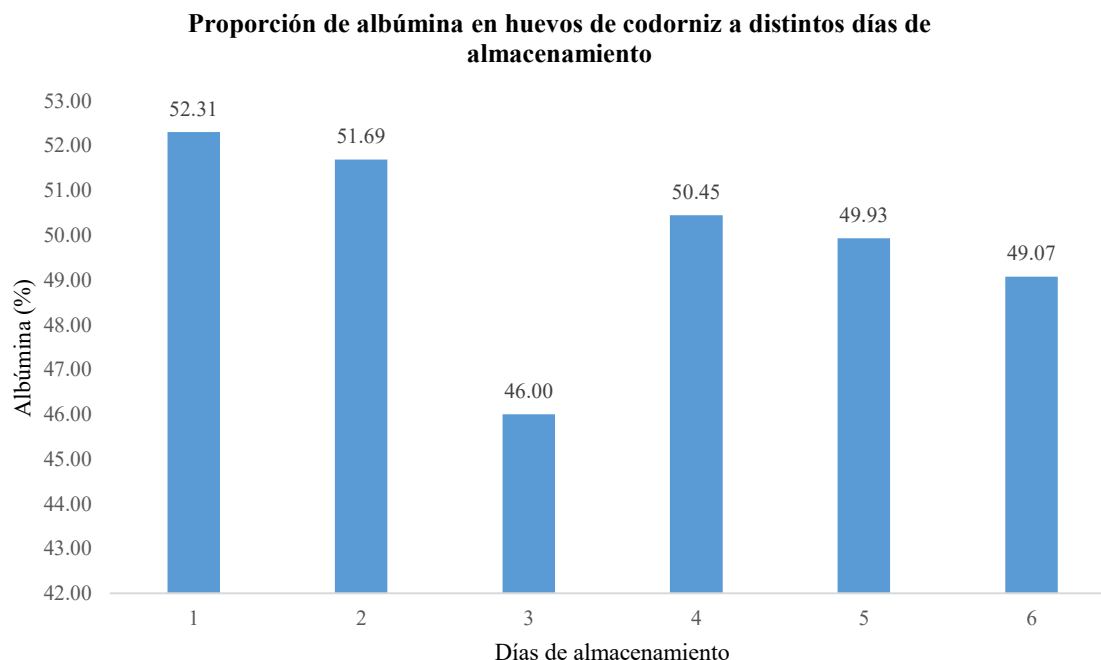
Informe final de Proyecto de Investigación

La Figura 7 muestra la variación del porcentaje de yema en huevos de codorniz japonesa almacenados durante los diferentes tiempos de estudio. Se observa que esta variable presentó fluctuaciones moderadas a lo largo del almacenamiento, registrándose el valor más bajo en el día 9 (31.00 %) y los valores más altos en los días 15 (33.20 %) y 18 (33.34 %). En general, se aprecia una tendencia al incremento del porcentaje de yema en los últimos días de conservación.

Este comportamiento puede atribuirse al movimiento osmótico de agua desde la albúmina hacia la yema durante el almacenamiento, lo que provoca un aumento gradual de su volumen y proporción relativa dentro del huevo. Aunque las variaciones observadas fueron pequeñas, los resultados evidencian cambios en la distribución de los componentes internos del huevo asociados al tiempo de almacenamiento.

Figura 8

Efecto del tiempo de almacenamiento en la proporción de albúmina en huevos de codorniz japonesa (Coturnix japonica).



Informe final de Proyecto de Investigación

En la figura 8 se observa una tendencia decreciente con el tiempo de almacenamiento de la proporción de albúmina, con una caída marcada en el día 3, y una leve recuperación en el día 4, seguida nuevamente de disminución al día 18.

El almacenamiento provocó una reducción progresiva del % de la albúmina, lo que puede estar asociado a la migración de agua hacia la yema y al deterioro de la calidad interna del huevo.

Identificación de las condiciones óptimas de almacenamiento, en términos de temperatura y tiempo, que permitan preservar la calidad y prolongar la vida útil de los huevos de codorniz japonesa.

La Tabla 8 presenta el efecto conjunto del tiempo y la temperatura de almacenamiento sobre las variables que mostraron diferencias significativas en el análisis de varianza (ANOVA): color de la yema, pH y porcentaje de albúmina en huevos de codorniz japonesa. Con el propósito de identificar entre qué tratamientos se encontraban dichas diferencias, se aplicó la prueba de comparación múltiple de Tukey.

En todos los días evaluados, los huevos almacenados bajo refrigeración mostraron valores superiores de color de yema y porcentaje de albúmina, así como valores inferiores de pH, en comparación con los almacenados a temperatura ambiente. Valores con letra a, corresponden a las variables que presentaron los mejores niveles de calidad.

Informe final de Proyecto de Investigación

Tabla 8

Efecto de los días de almacenamiento y temperatura en la calidad del huevo de codorniz japonesa (Coturnix japonica)

Día	Temp	Color de yema (Media $\pm$ DE)	pH (Media $\pm$ DE)	Albúmina (%) (Media $\pm$ DE)
3	Ambiente	8.90 $\pm$ 0.30 ^b	7.81 $\pm$ 0.10 ^b	58.20 $\pm$ 1.50 ^b
3	Refrigeración	9.15 $\pm$ 0.40 ^a	7.75 $\pm$ 0.08 ^a	60.50 $\pm$ 1.20 ^a
6	Ambiente	8.87 $\pm$ 0.35 ^b	7.94 $\pm$ 0.12 ^c	56.00 $\pm$ 1.60 ^c
6	Refrigeración	9.91 $\pm$ 0.50 ^a	7.73 $\pm$ 0.09 ^a	59.80 $\pm$ 1.30 ^a
9	Ambiente	9.59 $\pm$ 0.40 ^b	8.04 $\pm$ 0.15 ^d	54.50 $\pm$ 1.70 ^c
9	Refrigeración	10.27 $\pm$ 0.45 ^a	7.64 $\pm$ 0.07 ^a	58.90 $\pm$ 1.40 ^a
12	Ambiente	9.69 $\pm$ 0.38 ^b	7.83 $\pm$ 0.11 ^c	52.00 $\pm$ 1.80 ^d
12	Refrigeración	10.65 $\pm$ 0.42 ^a	7.68 $\pm$ 0.08 ^a	57.50 $\pm$ 1.50 ^b
15	Ambiente	8.83 $\pm$ 0.36 ^c	7.98 $\pm$ 0.14 ^c	50.50 $\pm$ 1.90 ^d
15	Refrigeración	10.16 $\pm$ 0.40 ^a	7.81 $\pm$ 0.10 ^b	56.00 $\pm$ 1.60 ^b
18	Ambiente	8.91 $\pm$ 0.35 ^c	8.31 $\pm$ 0.18 ^e	48.00 $\pm$ 2.00 ^e
18	Refrigeración	10.07 $\pm$ 0.44 ^a	7.88 $\pm$ 0.12 ^b	54.00 $\pm$ 1.70 ^c

Nota. Día cero fue considerado como tratamiento testigo y excluido del análisis inferencial. Estadísticos descriptivos: Media $\pm$ Desviación Estándar. Letras distintas entre columnas, indican diferencia estadística $\alpha = 0.05$, según prueba de Tuckey; valores con letra a, corresponden a las variables que presentan los mejores niveles de calidad. Variables de estudio: Color de yema, pH y % de albúmina.

Informe final de Proyecto de Investigación

Es importante destacar que en la tabla 8, las letras de Tukey evidenciaron que los tratamientos bajo refrigeración se agrupan principalmente en la categoría “a”, lo que indica una mejor calidad interna del huevo. En contraste, los tratamientos a temperatura ambiente presentaron una progresión hacia letras inferiores (b, c, d y e), reflejando un deterioro significativo conforme aumentó el tiempo de almacenamiento.

El **color de la yema** presentó diferencias significativas entre temperaturas en todos los tiempos de almacenamiento evaluados. Los huevos conservados bajo refrigeración registraron consistentemente valores superiores de coloración, alcanzando los valores más altos entre los días 9 y 18 (10.07–10.65 unidades de color). En contraste, los huevos almacenados a temperatura ambiente mostraron valores inferiores, especialmente en los días 15 y 18 (8.83 y 8.91 unidades, respectivamente). Estos resultados evidencian que la refrigeración favorece la conservación de los pigmentos responsables de la coloración de la yema.

El **pH** fue significativamente menor en los huevos almacenados bajo refrigeración en todos los períodos de evaluación. Mientras que los huevos conservados a temperatura ambiente mostraron un incremento progresivo del pH, alcanzando un valor máximo de 8.31 en el día 18, los huevos refrigerados mantuvieron valores más estables, entre 7.64 y 7.88. Este comportamiento indica que la refrigeración reduce la pérdida de dióxido de carbono (CO₂) y retarda el proceso de alcalinización asociado al deterioro de la calidad interna del huevo.

El **porcentaje de albúmina** fue significativamente mayor en los huevos almacenados bajo refrigeración durante todo el período de estudio. Los valores oscilaron entre 54.0 y 60.5 % en los huevos refrigerados, mientras que en los almacenados a temperatura ambiente variaron entre 48.0 y 58.2 %. La mayor diferencia se observó en los últimos días de almacenamiento, donde los huevos conservados a temperatura ambiente presentaron una reducción más marcada del contenido de albúmina. Estos resultados sugieren que la refrigeración contribuye



Informe final de Proyecto de Investigación

a mantener la estructura y consistencia de la albúmina, preservando mejor la calidad interna del huevo.

A continuación, se discuten los resultados de cada una de las variables evaluadas, contrastándolos con los hallazgos de investigaciones similares.

El **color de la yema** presentó diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, mostrando una mayor estabilidad en los huevos almacenados bajo refrigeración. Este comportamiento puede atribuirse a que las bajas temperaturas reducen los procesos oxidativos y favorecen la conservación de los pigmentos carotenóides responsables de la coloración de la yema. En este sentido, Karoui et al. (2006) señalan que la calidad visual de la yema es una de las características más sensibles a las condiciones de almacenamiento, especialmente a la temperatura y al tiempo de conservación.

El incremento progresivo del **pH** observado en los huevos almacenados a temperatura ambiente coincide con lo reportado por Samli et al. (2005), quienes señalan que durante el almacenamiento se produce una pérdida gradual de dióxido de carbono (CO_2) a través de los poros de la cáscara, provocando un aumento de la alcalinidad del contenido interno del huevo. Este comportamiento fue evidente en el presente estudio, donde los valores de pH se incrementaron conforme avanzó el tiempo de almacenamiento, alcanzando sus niveles más altos bajo condiciones de temperatura ambiente.

En contraste, los huevos conservados bajo refrigeración mantuvieron valores de pH más bajos y estables durante todo el período de evaluación. Esta respuesta puede atribuirse a una menor tasa de pérdida de CO_2 y a la reducción de la velocidad de los procesos físicoquímicos asociados al deterioro del huevo. Al respecto, Akyurek y Okur (2009) indican que las bajas temperaturas contribuyen a preservar la calidad interna del huevo al retardar los cambios químicos y estructurales que ocurren durante el almacenamiento. Estos resultados explican

Informe final de Proyecto de Investigación

la mayor estabilidad y frescura observadas en los huevos refrigerados en comparación con aquellos almacenados a temperatura ambiente.

La disminución del **porcentaje de albúmina** observada en los huevos almacenados a temperatura ambiente puede atribuirse a la degradación progresiva de las proteínas que conforman su estructura, lo que ocasiona una pérdida de viscosidad y consistencia. En contraste, la refrigeración contribuye a retardar estos procesos de deterioro, permitiendo una mejor conservación de la estructura interna del huevo y manteniendo la calidad de la albúmina durante períodos más prolongados de almacenamiento.

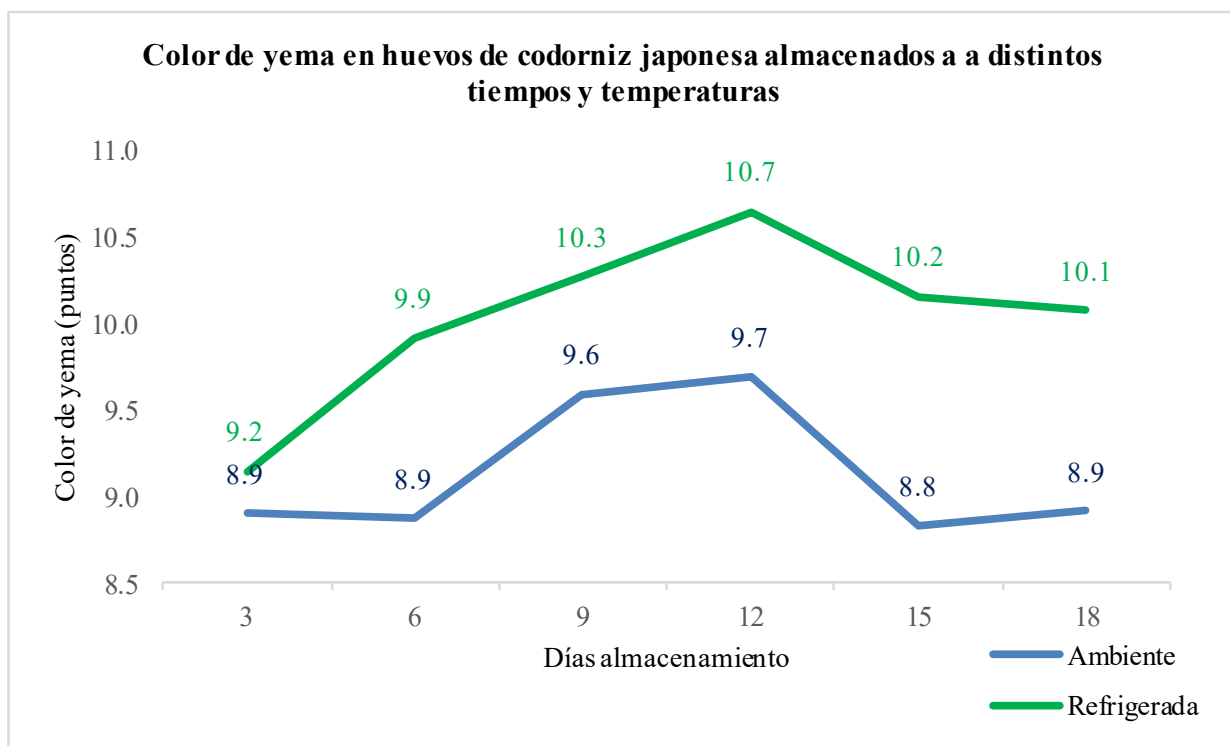
Los resultados del estudio confirman que la refrigeración constituye la condición de almacenamiento más adecuada para preservar la calidad interna del huevo de codorniz japonesa. Asimismo, se determinó que el período comprendido entre 3 y 9 días de almacenamiento corresponde a la etapa en la que el huevo mantiene de mejor manera sus características de calidad. Entre los 9 y 15 días, la calidad se conserva en niveles aceptables cuando los huevos son almacenados bajo refrigeración. Sin embargo, a partir de los 15 a 18 días se evidencia un deterioro progresivo de la calidad interna, aunque este es considerablemente menor en los huevos refrigerados en comparación con aquellos almacenados a temperatura ambiente.

La Figura 9 muestra que los huevos de codorniz japonesa almacenados bajo refrigeración mantuvieron valores superiores de color de yema durante todo el período de almacenamiento en comparación con los conservados a temperatura ambiente. En ambos tratamientos se observó un incremento gradual del color hasta el día 12, alcanzándose los valores máximos de 10.7 y 9.7 unidades de color para refrigeración y temperatura ambiente, respectivamente. Posteriormente, el color de la yema disminuyó ligeramente entre los días 15 y 18. En términos generales, los resultados evidencian que la refrigeración favorece una mejor conservación de la intensidad del color de la yema durante el almacenamiento.

Informe final de Proyecto de Investigación

Figura 9

Color de yema de huevos de codorniz japonesa (Coturnix japonica) almacenados a diferentes tiempos y temperaturas



La Figura 10 muestra la variación del pH en huevos de codorniz japonesa almacenados a diferentes tiempos y temperaturas. Se observa que los huevos conservados a temperatura ambiente presentaron un incremento progresivo del pH a lo largo del período de almacenamiento, pasando de 7.8 en el día 3 a 8.3 en el día 18. Aunque se registró una ligera disminución en el día 12 (7.8), la tendencia general fue de aumento de la alcalinidad conforme avanzaron los días de conservación.

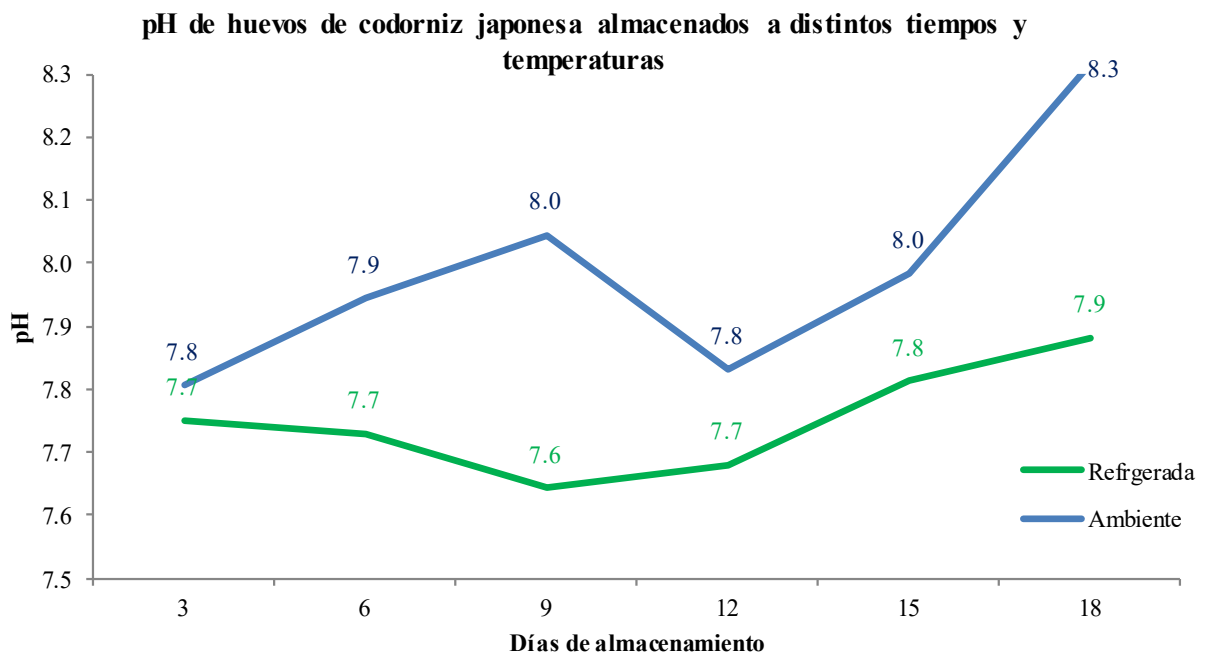
Informe final de Proyecto de Investigación

Por el contrario, los huevos almacenados bajo refrigeración mantuvieron valores de pH más bajos y estables, oscilando entre 7.6 y 7.9 durante todo el período evaluado. El menor valor se registró en el día 9 (7.6), mientras que el mayor se observó en el día 18 (7.9).

En términos generales, la diferencia entre ambas temperaturas se hizo más evidente a medida que aumentó el tiempo de almacenamiento, alcanzando su máxima expresión en el día 18. Estos resultados confirman que la refrigeración retarda el incremento del pH y contribuye a preservar la calidad interna y la frescura del huevo de codorniz japonesa durante el almacenamiento.

Figura 10

pH de huevos de codorniz japonesa (Coturnix japonica) almacenados a diferentes tiempos y temperaturas



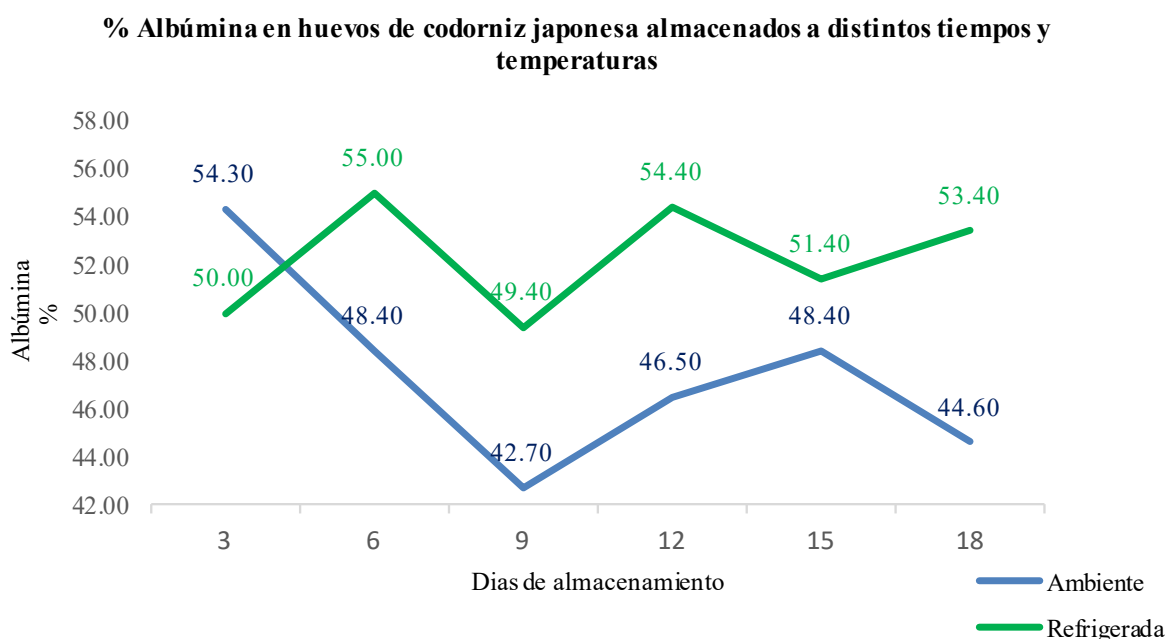
Informe final de Proyecto de Investigación

La Figura 11 muestra el comportamiento del porcentaje de albúmina en huevos de codorniz japonesa almacenados a diferentes tiempos y temperaturas. Los huevos conservados bajo refrigeración presentaron consistentemente porcentajes de albúmina superiores a los almacenados a temperatura ambiente durante todo el período de evaluación. Los valores bajo refrigeración oscilaron entre 49.4 y 55.0 %, mientras que a temperatura ambiente variaron entre 42.7 y 54.3 %. Asimismo, se observa una tendencia general a la disminución del porcentaje de albúmina conforme aumentó el tiempo de almacenamiento, siendo esta reducción más marcada en los huevos conservados a temperatura ambiente. La mayor diferencia entre tratamientos se registró en los días 9 y 18, donde la refrigeración permitió mantener una proporción considerablemente mayor de albúmina.

Los resultados evidencian que la refrigeración contribuye a preservar la estructura y calidad de la albúmina.

Figura 11

Porcentaje de Albúmina en huevos de codorniz japonesa (Coturnix japonica) almacenados a diferentes tiempos y temperaturas



Informe final de Proyecto de Investigación
Efecto de la edad productiva de las codornices japonesas sobre los parámetros de calidad interna y externa de los huevos, durante los distintos períodos y temperaturas de almacenamiento.

La Tabla 9 presenta los resultados del efecto de la edad de las codornices (90, 180 y 270 días) sobre las variables de calidad interna y externa del huevo evaluadas en el estudio. Para cada variable se reporta el número de observaciones (N), la media aritmética, las letras de agrupación obtenidas mediante la prueba de comparación múltiple de Tukey y el valor de significancia estadística ($p < 0.05$) asociado al efecto de la edad del ave.

Tabla 9

Efecto de la edad productiva de codornices japonesas (Coturnix japonica) sobre las variables de calidad interna y externa del huevo.

Edad	90 días del ave			180 días del ave			270 días del ave			
Variables	N	Media	± DE	N	Media	± DE	N	Media	± DE	p-valor
PH_Inicial (g)	166	11.997 ^b	1.149	121	11.534 ^a	1.263	69	12.344 ^b	0.992	0.081
PH_Final (g)	166	11.826 ^b	1.164	119	11.399 ^a	1.228	68	12.136 ^b	0.989	0.132
Dif_Peso (g)	166	0.171 ^{ab}	0.297	119	0.111 ^a	0.121	68	0.200 ^b	0.292	0.699
Índice de forma (%)	166	78.2 ^a	3.394	121	78.5 ^a	7.946	65	77.0 ^a	3.765	0.102
Color de yema (unidades color)	150	9.2 ^a	1.313	118	10.2 ^b	1.375	68	9.9 ^b	1.143	0.391
Grosor cáscara (mm)	156	0.19 ^a	0.016	118	0.22 ^b	0.173	64	0.22 ^b	0.018	0.354
pH	159	7.86 ^b	0.314	117	7.96 ^b	0.371	69	7.52 ^a	0.510	0.135
Yema (%)	166	29.5 ^a	10.754	119	33.1 ^b	5.306	68	35.1 ^b	3.665	0.173
Albúmina (%)	166	48.3 ^a	17.705	119	51.9 ^a	9.060	68	51.2 ^a	7.399	0.141
Cáscara (%)	166	10.9 ^a	2.979	119	11.8 ^b	1.784	68	11.3 ^{ab}	1.098	0.280

Nota. Día cero fue considerado como tratamiento testigo y excluido del análisis inferencial. Letras distintas entre filas indican diferencia estadística $p < 0.05$ según comparación de medias de Tuckey para la edad del ave: 90, 180 y 270 días, y las variables de calidad del huevo: Peso inicial (PH_Inicial), peso final (PH_Final), diferencia de peso (Dif_Peso), índice de forma, color de yema, grosor de cáscara, potencial de hidrógeno (pH), porcentaje de yema, albúmina y cáscara.

Informe final de Proyecto de Investigación

La interpretación de las letras asignadas por la prueba de Tukey es la siguiente: medias que comparten al menos una misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas entre sí ($p > 0.05$). Por el contrario, medias identificadas con letras diferentes indican diferencias significativas entre las edades evaluadas para la variable correspondiente ($p < 0.05$). De esta manera, la prueba permite identificar específicamente entre qué grupos de edad se presentan las diferencias detectadas por el análisis de varianza (ANOVA).

Aunque estadísticamente no se detectaron diferencias significativas, se observaron algunas tendencias biológicas. El **peso inicial** y el **peso final** del huevo mostraron un incremento gradual conforme aumentó la edad de las aves, registrándose los valores más altos en las codornices de 270 días. De igual manera, el **porcentaje de yema** tendió a incrementarse con la edad, pasando de 29.5 % en aves de 90 días a 35.1 % en aves de 270 días.

Por otra parte, el **porcentaje de albúmina** presentó valores ligeramente superiores en las aves de 180 y 270 días en comparación con las de 90 días, mientras que el **grosor de la cáscara** mostró una tendencia a aumentar con la edad, alcanzando los mayores valores en las codornices de 180 y 270 días. Asimismo, el **pH** presentó una ligera disminución en las aves de mayor edad.

En relación con las letras de agrupación obtenidas mediante la prueba de Tukey, algunas variables presentan letras distintas entre edades; sin embargo, debido a que el ANOVA no detectó diferencias significativas ($p > 0.05$), estas variaciones deben interpretarse únicamente como tendencias numéricas y no como diferencias estadísticas reales atribuibles a la edad de las aves.

A continuación, se discuten los resultados del efecto de la edad productiva de las codornices japonesas (*Coturnix japonica*) sobre las variables de estudio, contrastándolos con los hallazgos de investigaciones similares.



Informe final de Proyecto de Investigación

La influencia de la edad del ave sobre la calidad interna del huevo de codorniz ha sido ampliamente estudiada y se relaciona con diversos cambios fisiológicos que ocurren a lo largo del ciclo productivo. Entre estos cambios destaca la pérdida de dióxido de carbono (CO_2) a través de la cáscara, fenómeno que favorece el incremento de la alcalinidad del contenido interno del huevo (Samli et al., 2005). Asimismo, Silversides y Scott (2001) señalan que los huevos procedentes de aves de mayor edad presentan una menor capacidad para retener CO_2 , lo que puede acelerar los procesos de deterioro interno y afectar gradualmente algunas características de calidad durante el almacenamiento.

De igual manera, durante las evaluaciones de laboratorio se observó una disminución en la calidad de la albúmina conforme aumentó la edad de las aves, evidenciada por una menor consistencia y una estructura más líquida de este componente. Este comportamiento puede atribuirse a cambios fisiológicos asociados al envejecimiento del oviducto, los cuales afectan la secreción, composición y estabilidad de las proteínas que conforman la albúmina. En consecuencia, la albúmina pierde viscosidad y firmeza, características estrechamente relacionadas con la calidad interna del huevo. Al respecto, Akyurek y Okur (2009) señalan que la calidad de la albúmina constituye uno de los indicadores más sensibles tanto al envejecimiento de las aves como a los efectos del almacenamiento prolongado del huevo.

La interacción entre la edad del ave, la temperatura y el tiempo de almacenamiento constituye un factor clave en la conservación de la calidad del huevo. Diversas investigaciones han demostrado que las temperaturas elevadas y los períodos prolongados de almacenamiento aceleran el deterioro de las características internas del huevo, especialmente en aquellos procedentes de aves de mayor edad. Este comportamiento se relaciona con una menor estabilidad de los componentes internos, una mayor pérdida de dióxido de carbono y agua, así como con cambios más rápidos en la estructura de la albúmina y la yema. En este sentido, Keener et al. (2006) señalan que los huevos producidos por aves adultas son más susceptibles a los efectos negativos del almacenamiento, particularmente cuando se conservan bajo condiciones de temperatura ambiente.

Informe final de Proyecto de Investigación

Los resultados sugieren que las aves mantuvieron una calidad de huevo relativamente estable a lo largo del período productivo estudiado, por lo que otros factores, como la temperatura y el tiempo de almacenamiento, podrían tener una mayor influencia sobre la conservación y calidad final del huevo de codorniz japonesa.

En términos generales, la edad de las codornices no constituyó un factor determinante en las variables de calidad evaluadas cuando se analizó de forma independiente. Sin embargo, la literatura científica señala que su efecto puede manifestarse en interacción con factores postproducción, especialmente la temperatura y el tiempo de almacenamiento. Por ello, resulta necesario considerar de manera conjunta estos factores para comprender integralmente los cambios que ocurren en la calidad del huevo durante su conservación.

10. Propiedad intelectual

Los resultados obtenidos en la investigación no están sujetos a gestionar propiedad intelectual, ya que no se desarrollaron tecnologías o procedimientos nuevos.

11. Beneficiarios Directos e Indirectos

En la Tabla 11 se identifican y describen los beneficiarios directos e indirectos derivados de la ejecución del presente estudio.

Tabla 7

Beneficiarios Directos e Indirectos de la Investigación

Resultados, productos o hallazgos	Beneficiarios directos	Número de beneficiarios directos	Beneficiarios indirectos	Número de Beneficiarios indirectos
Evaluación del tiempo de almacenamiento, y cómo éste afecta la frescura del huevo, permitiendo establecer periodos recomendados de conservación.	Productores formales e informales de huevos de codorniz, que podrán implementar mejores prácticas de conservación y almacenamiento.	*20	Municipalidades, MAGA, SESAN, quienes podrán utilizar y replicar la información generada. Investigadores que podrán hacer uso de los resultados generados	*100



Informe final de Proyecto de Investigación

Resultados, productos o hallazgos	Beneficiarios directos	Número de beneficiarios directos	Beneficiarios indirectos	Número de Beneficiarios indirectos
	Comercializadores, quienes optimizarán la logística, reduciendo pérdidas durante el almacenamiento.		Docentes que utilizarán como apoyo en sus cursos, el conocimiento	
Identificación de las mejores condiciones de almacenamiento con lo que se logrará conservar la calidad del huevo por más tiempo, y obtener un producto inocuo y nutritivo.	Productores formales e informales de huevos de codorniz, que podrán implementar mejores prácticas de conservación y almacenamiento. Comercializadores, quienes optimizarán la logística, reduciendo pérdidas durante el almacenamiento.	*20	Consumidor final, quien recibirá productos más frescos, inocuos y de mejor calidad.	*100
Determinación de la influencia de la edad del ave en la calidad de los huevos, para recomendar la edad óptima de producción.	Productores formales e informales de huevos de codorniz que estarán informados sobre la calidad del huevo y la edad óptima de producción del ave Comercializadores, quienes optimizarán la logística, reduciendo pérdidas durante el almacenamiento.	*20	Investigadores y académicos, que utilizarán estos datos para futuras investigaciones en áreas de calidad del huevo.	*30
Propuesta de estrategias de mejora en las condiciones de almacenamiento, a través de la optimización del ambiente de almacenamiento, para	Productores y comercializadores que podrán mejorar la seguridad alimentaria, y reducir los riesgos asociados. Esto mejorará la rentabilidad ya que se	*20	Consumidores finales, que recibirán productos más frescos e inocuos, con un mejor control de calidad.	*100



Informe final de Proyecto de Investigación

Resultados, productos o hallazgos	Beneficiarios directos	Número de beneficiarios directos	Beneficiarios indirectos	Número de Beneficiarios indirectos
reducir riesgos en el deterioro de la calidad, lo cual genera pérdidas económicas por huevos deteriorados.	tendrán menos pérdidas del producto por deterioro de la calidad.			

Nota. * Datos aproximados en base a la población de Retalhuleu (97,749 habitantes). No se han encontrado cifras concretas en las fuentes consultadas, sobre la producción específica de huevos de codorniz en el departamento de Retalhuleu o a nivel país, lo que hace difícil referirse a un número específico de beneficiarios directos o indirectos.

12. Estrategia de divulgación y difusión de los resultados de la investigación

La Tabla 12 resume las actividades desarrolladas para la difusión y divulgación de los resultados obtenidos en el presente estudio.

Tabla 8

Estrategias de divulgación y difusión de los resultados

Estrategias	Sí	No
Presentación TV		
Entrevistas radiales	X	
Podcast		
Entrevista DIGI	X	
Recursos audiovisuales		
Congresos científicos nacionales o internacionales	X	
Talleres	X	
Publicación de libro		



Informe final de Proyecto de Investigación

Estrategias	Sí	No
Publicación de artículo científico	X	
Divulgación por redes sociales institucionales	X	
Presentación pública	X	
Presentación autoridades USAC	X	
Presentación a beneficiarios directos	X	
Entrega de resultados		
Docencia en grado	X	
Docencia postgrado		
Póster científico		
Trifoliales		
Conferencias	X	

13. Contribución a las Prioridades Nacionales de Desarrollo (PND)

El presente estudio contribuye al cumplimiento de las Prioridades Nacionales de Desarrollo (PND) de Guatemala, particularmente en los ejes de seguridad alimentaria, desarrollo rural sostenible y competitividad productiva.

Seguridad alimentaria y nutricional

Asegurar el acceso a todas las personas a una alimentación sana, nutritiva y suficiente durante todo el año. El estudio aporta al fortalecimiento de la seguridad alimentaria mejorando la calidad e inocuidad de los huevos de codorniz, promoviendo una fuente accesible de proteína de alto valor biológico, además de generar conocimiento sobre conservación y manejo adecuado del huevo de codorniz, lo que ayudará a fortalecer, si es que se llegara a replicar, a reducir la desnutrición en áreas rurales del país.



Informe final de Proyecto de Investigación

Desarrollo rural sostenible

Mejorar la productividad agrícola y los ingresos de los productores de alimentos a pequeña escala, en particular las mujeres, pueblos indígenas, agricultores, familiares, pastores y pescadores.

Los resultados generados en el estudio tiene un impacto directo en poder mejorar la productividad en el sector agropecuario de comunidades rurales a través de la generación de tecnología accesible para pequeños productores de huevos de codorniz, optimización de prácticas de almacenamiento y manejo, para producir un producto con mejor calidad; lo que a su vez puede integrarse en sistemas de producción familiar, apoyando de esta forma a fortalecer la eficiencia y productividad y mejorar la economía familiar.

Competitividad y productividad agropecuaria.

El manejo adecuado de la temperatura y tiempo de almacenamiento contribuirá a mejorar la eficiencia productiva, habrá una reducción de pérdidas postproducción, se mejorarán los estándares de calidad con lo que se posibilita acceder a mejores mercados, con lo que se incrementa la rentabilidad de la coturnicultura.

Apoyo a la innovación y generación de conocimiento

Con los resultados del proyecto del estudio se aporta evidencia científica en un área poco estudiada en Guatemala, lo que servirá de base para futuras investigaciones y al fortalecimiento de capacidades técnicas y académicas.

Sostenibilidad y uso eficiente de los recursos

Reducir el desperdicio de alimentos por un mal manejo en el almacenamiento, promoviendo un adecuado manejo del producto y favoreciendo a contar con sistemas productivos más sostenibles.



Informe final de Proyecto de Investigación

14. Otras contribuciones del proyecto al desarrollo

La universidad de San Carlos de Guatemala (2023), en su política de investigación, Acción 4 del Objetivo 2; los resultados de la investigación se alinean con este objetivo, ya que el conocimiento adquirido podrá ser utilizado para impulsar el desarrollo sostenible del sector agropecuario y agroindustrial, mediante la transferencia de tecnologías y mejores prácticas en la producción y conservación de alimentos de origen animal.

15. Vinculación

El presente estudio se vinculó actualmente con la Municipalidad de San Felipe Retalhuleu, a través del Consejo Municipal de Desarrollo -COMUDE, a los que se les ha capacitado a través de charlas sobre el manejo zootécnico de las codornices y producción de huevos. Además, con el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación- MAGA, a través del Consejo Agrícola Pecuario Municipal -COAPEM, de San Felipe Retalhuleu, con los cuales se ha integrado una mesa de trabajo, presentando el proyecto en varios municipios de Retalhuleu, con la finalidad de apoyar a pequeños productores de huevos de codorniz en el departamento de Retalhuleu.

En el futuro se vincularán los resultados del estudio con actores clave dentro y fuera de la USAC; instituciones académicas y científicas, como centros de investigación de la USAC, gremios empresariales y asociaciones de MIPYMES, relacionadas con la producción agropecuaria, y específicamente con productores de huevos de codorniz, a quienes se les transferirán los resultados para que puedan mejorar sus prácticas de almacenamiento con la finalidad de apoyarlos desde la investigación a conservar la calidad en el huevo producido. En el ámbito gubernamental se espera poder realizar vinculaciones con la Secretaría de Seguridad Alimentaria y Nutricional (SESAN).



Informe final de Proyecto de Investigación

16. Conclusiones

1. La temperatura de almacenamiento ejerció un efecto significativo sobre la calidad interna del huevo de codorniz japonesa (*Coturnix japonica*), afectando principalmente el color de la yema, el pH y el porcentaje de albúmina. Los resultados evidenciaron que los huevos almacenados a temperatura ambiente presentaron un mayor deterioro de estas características, mientras que la refrigeración permitió preservar de mejor manera la calidad interna del huevo.
2. El tiempo de almacenamiento afectó principalmente la calidad interna del huevo de codorniz japonesa (*Coturnix japonica*), evidenciándose un incremento gradual de la pérdida de peso y del pH, así como modificaciones en la proporción de sus componentes internos. A medida que aumentaron los días de almacenamiento, se observó una tendencia al incremento del porcentaje de yema y a la disminución del porcentaje de albúmina, reflejando los cambios fisicoquímicos asociados al deterioro progresivo de la calidad y frescura del huevo.
3. Se determinó que el período comprendido entre los 3 y 9 días de almacenamiento corresponde a la etapa en la que los huevos de codorniz japonesa conservan de mejor manera sus características de calidad interna. Entre los 9 y 15 días, la calidad se mantiene en niveles aceptables cuando los huevos son almacenados bajo condiciones de refrigeración. Sin embargo, a partir de los 15 a 18 días de almacenamiento, se evidencia un deterioro progresivo de la calidad interna, caracterizado por cambios en el pH, la albúmina y la yema, aunque dicho deterioro es considerablemente menor en los huevos refrigerados que en aquellos almacenados a temperatura ambiente.
4. La edad de las codornices japonesas evaluada entre los 90 y 270 días, no constituyó un factor determinante en la calidad interna y externa del huevo, ya que las variables de estudio no presentaron diferencias significativas entre los grupos de edad



Informe final de Proyecto de Investigación

estudiados, evidenciando una calidad relativamente estable durante el período productivo analizado.

5. Las variables asociadas a la calidad externa del huevo, incluyendo el peso inicial, el índice de forma, el grosor de cáscara y el porcentaje de cáscara, no presentaron variaciones significativas atribuibles a la temperatura o al tiempo de almacenamiento. Estos resultados indican que dichas características permanecen relativamente estables y dependen principalmente de factores intrínsecos del ave, como la edad, la genética y el estado nutricional, más que de las condiciones de almacenamiento.

17. Recomendaciones

1. Conservar los huevos de codorniz japonesa bajo condiciones de refrigeración, ya que esta práctica contribuye significativamente a mantener la calidad interna del producto durante el almacenamiento.
2. Limitar el tiempo de almacenamiento de los huevos de codorniz japonesa, debido a que, conforme transcurren los días, se producen cambios progresivos en su calidad interna.
3. Se sugiere consumir o comercializar los huevos de codorniz japonesa preferentemente dentro de los primeros 15 días de almacenamiento, especialmente cuando se conservan bajo refrigeración, ya que después de este período se incrementan los cambios fisicoquímicos asociados al deterioro de la calidad interna, lo que puede afectar su valor nutricional, funcional y comercial.
4. Realizar investigaciones complementarias sobre la influencia de la edad productiva de las codornices japonesas, evaluando diferentes condiciones de almacenamiento e incorporando variables reproductivas como fertilidad, incubabilidad y porcentaje de



Informe final de Proyecto de Investigación

nacimientos. Esto permitirá comprender de manera integral la relación entre la edad del ave, la calidad del huevo y el rendimiento reproductivo, contribuyendo a optimizar los sistemas de producción y reproducción.

Informe final de Proyecto de Investigación

Referencias

- Abeyrathne, E. D. N. S., Lee, H. Y. y Ahn, D. U. (2016). Egg white proteins and their potential use in food processing or as nutraceutical and pharmaceutical agents—A review. *Poultry Science*, 92(12), 3292–3299. <https://doi.org/10.3382/ps.2013-03391>
- Akyurek, H. y Okur, A. A. (2009). Effect of storage time, temperature and hen age on egg quality in free-range layer hens. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 8(10), 1953–1958.
- Alkan, S., Karabag, K., Galic, A. y Karsli, T. (2010). Effects of Selection for Body Weight and Egg Production on Egg Quality Traits in Japanese Quails (*Coturnix coturnix japonica*) of Different Lines and Relationships between These Traits *Kafkas Universitesi Veteriner Fakultesi Dergisi* 16(2):239-244.
- An, J. H., Kim, H. y Lee, J. (2023). *Effect of the storage temperature on the quality of eggs inoculated with Salmonella Enteritidis onto shell*. *Poultry Science*. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10908673>
- Antoniol de Moura, A. M. A., Escobar de Oliveira, N. T., Lima Thiebaut, J. T. y Vasconcelos Melo, T. (2008). Efeito da temperatura de estocagem e do tipo de embalagem sobre a qualidade interna de ovos de codornas japonesas (*Coturnix japonica*). *Ciência E Agrotecnologia*, 32(2), 578–583. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542008000200036>
- Araújo, I. C. S. de., Mesquita, M. A., Café, M. B., Stringhini, J. H., Paz, P. H. S., Noletto, R. A., y Leandro, N. S. M. (2017). *Revista Brasileira De Zootecnia*, 46(9), 731–739. <https://doi.org/10.1590/S1806-92902017000900004>
- Buxadé, C. (1987). *La gallina ponedora: Sistemas de explotación y técnicas de producción*. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa.
- Caballero, J., Bucade, C. y Peña. J. (2011). *Incidencia de la forma y el peso del huevo de codorniz y su temperatura de conservación sobre los resultados de fertilidad*. UPM, Vol 18 Tomo II. Madrid, España. 487-489 p.
- Closa, S. J., Marchesich, C., Cabrera, M. y Morales, J. C. (1999). Composición de huevos de gallina y codorniz. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 49(2), 181–185.
- Caner, C. y Yüceer, M. (2015). Efficacy of various protein-based coating on enhancing the shelf life of fresh eggs during storage. *Poultry Science*, 94(7), 1665–1677. <https://doi.org/10.3382/ps/pev102>



Informe final de Proyecto de Investigación

- Carvalho, D. C. de O., Nunes, K. R. B., Gois, G. C., Moraes, E. A., Gonçalves Gervásio, R. de C., Borges, M. C. R. Z., Rodríguez, R. T. de S. y Brito, C. O. (2023). Calidad de los huevos de codorniz japonesa según diferentes periodos de almacenamiento y temperaturas. *Acta Scientiarum. Ciencias Animales*, 45(1), e61040. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v45i1.61040>
- Climate Data. (2024). *Retalhuleu*. <https://es.climate-data.org/america-del-norte/guatemala/retalhuleu/retalhuleu-873439/>
- Contreras, V. (04 de octubre de 2023). Abordan las Tendencias del Sector Avícola. *Diario de Centro América*.: <https://dca.gob.gt/noticias-guatemala-diario-centro-america/abordan-las-tendencias-del-sector-avicola/>
- Cruz Blanco, J.E., Morales Jurado, E.A., Romero Gómez, A.V., Solorzano Molina, M.A. y Vásquez Contreras, Elmer Alfredo. (2016). *Crianza de Codornices (coturnicultura)*. Universidad de El Salvador. Facultad Multidisciplinaria Oriental. Departamento de Ciencias Económicas. Sección de Contaduría Pública.
- Cumpa, J. (1999). *Estudio de la calidad y estructura del huevo de codorniz* [Tesis de grado]. Universidad Nacional.
- De Blas, C., Mateos, G. G., & García-Rebollar, P. (2014). *Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos* (3.ª ed.). Madrid, España: Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA).
- Estrada Pareja, M. M., Galean, L. F., Herrera, M. R. y Restrepo, L. F. (2010). Efecto de la temperatura y el volteo durante el almacenamiento sobre la calidad del huevo comercial. *Revista Colombiana De Ciencias Pecuarias*, 23(2), 183–190. <https://doi.org/10.17533/udea.rccp.324561>
- Frascati Manual (2015). *Guía para la recopilación y presentación de información sobre la investigación y el desarrollo experimental*. Editorial MIC, Fundación Española para la Ciencia y Tecnología. https://www.conacyt.gov.py/sites/default/files/manual_de_frascati_2015.pdf
- García, R., Berrocal, J., Moreno, L. y Ferrón, G. (2009). *Manual de Producción Ecológica de Gallinas Ponedoras*. Andalucía. 114 p.
- Garcia, J. S., Gast, R. K. Read, Q.D. y Jones, D.R. (2025). *The impact of egg handling and storage temperature on shell eggs stored for 27 weeks: Egg quality*. *Poultry Science*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579125015044>



Informe final de Proyecto de Investigación

- Genchev, A. (2012). *Calidad y composición de los huevos de codorniz japonesa (coturnix japonica)*. Departamento de Ciencias Agrícolas y Alimentarias. Identificación del corpus: 36068079. 10(2), 94 p. [https://www.semanticscholar.org/paper/QUALITY-AND-COMPOSITION-OF-JAPANESE-QUAIL-EGGS-\(-\)-Genchev/4299cdcbc2318f86a8a37b9b847996a01326ddf2](https://www.semanticscholar.org/paper/QUALITY-AND-COMPOSITION-OF-JAPANESE-QUAIL-EGGS-(-)-Genchev/4299cdcbc2318f86a8a37b9b847996a01326ddf2)
- Geografía e Historia. Aprende Guatemala.com. *Municipio de San Felipe, Retalhuleu*. Recuperado el 17 de septiembre de 2024 de <https://aprende.guatemala.com/historia/geografia/municipio-de-san-felipe-retalhuleu/>
- Google Maps. (2024). *Ubicación geográfica del Centro Universitario de Retalhuleu, San Felipe, Retalhuleu*. Recuperado el 13 de septiembre de 2024 de https://www.google.es/maps/@14.6194274,-91.5960492,802m/data=!3m1!1e3?entry=ttu&g_ep=EgoyMDI0MDkxNS4wIKXMDS_oASAFQAw%3D%3D
- Hegab, I. y Hanafy, A. (2019). Effect of Egg Weight on External and Internal Qualities, Physiological and Hatching Success of Japanese Quail Eggs (*Coturnix coturnix japonica*). *Brazilian Journal of Poultry Science*, 21(3), eRBCA-2018-0777. <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2018-0777>
- Heredia Enríquez, P.F. y Proaño Cusicagua, A. M. (2009). *Plan de negocios para la creación de una empresa dedicada a la producción y comercialización de huevos de codorniz en la Ciudad de Quito* (En línea). Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ciencias Administrativas, Carrera de Ingeniería Empresarial. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/1422>
- Herrera, C., Bolaños, N. y Lutzs, C. (2003). *Manual de Laboratorio de Química de Alimentos*. Editorial de la Universidad de Costa Rica. 140 p.
- Ikusika, O. O., Dwakasa, H., Luphuzi, S., Akinmoladun, O. F. y Mpendulo, C. T. (2025). *Assessment of Egg Quality Across Seasons, Storage Durations, and Temperatures in Commercial Laying Hens*. *Applied Sciences*, 15(19), 10344. <https://doi.org/10.3390/app151910344>
- Jones, D. R., Karcher, D. M. y Abdo, Z. (2018). Effect of storage conditions on egg quality. *Poultry Science*, 97(2), 745–753. <https://doi.org/10.3382/ps/pex326>
- Jones, D. R. y Musgrove, M. T. (2005). Effects of extended storage on egg quality factors. *Poultry Science*, 84(11), 1774–1777. <https://doi.org/10.1093/ps/84.11.1774>
- Jones, D. R. y Musgrove, M. T. (2021). Effects of extended storage on egg quality factors. *Poultry Science*, 100(1), 101–110. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.10.018>



Informe final de Proyecto de Investigación

- Juárez Caratachea, A., Gutiérrez Vázquez, E., Garcidueñas Piña, R. y Salas Razo, G. (2010). Producción de huevos en gallinas criollas Cuello Desnudo (Nana) y con emplume normal (nana) en la región del altiplano mexicano. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 44 (3), 287-290. <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193015664012.pdf>
- Karoui, R., Kemps, B., Bamelis, F., De Ketelaere, B., Mertens, K., Schoonheydt, R. y De Baerdemaeker, J. (2006). Methods to evaluate egg freshness in research and industry: A review. *European Food Research and Technology*, 222(5–6), 727–732. <https://doi.org/10.1007/s00217-005-0145-4>
- Keener, K. M., LaCrosse, J. D. y Wright, R. W. (2006). The effects of temperature on egg quality. *Poultry Science*, 85(3), 550–555. <https://doi.org/10.1093/ps/85.3.550>
- Kim, Y. B., Lee, S. Y., Yum, K. H., Lee, W. T., Park, S. H., Lim, Y. H., Choi, N. Y., Jang, S. Y., Choi, J. S. y Kim, J. H. (2024). *Effects of storage temperature and egg washing on egg quality and physicochemical properties*. *Discover Applied Sciences*, 6, 111. <https://doi.org/10.1007/s42452-024-05760-1>
- Kop-Bozbay, C. (2024). Quality traits of table eggs as affected by management practices and storage periods. *S. Afr. j. anim. sci.* vol.54, n.2 pp.157-165. Available from: <http://www.scielo.org.za/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0375-15892024000200002&lng=en&nrm=iso>. ISSN 2221-4062. <https://doi.org/10.4314/sajas.v54i2.02>.
- Kralik, G., Kralik, Z., Grčević, M. y Hanžek, D. (2017). Calidad de la carne de pollo. 63-94. doi: 10.5772/INTECOPEN.72865
- Kralik, G., Kralik, Z. y Grčević, M. (2019). Changes in egg quality during storage. *Journal of Central European Agriculture*, 20(1), 240–251. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/20.1.2052>
- Kul, S. y Seker, I. (2004). Correlaciones fenotípicas entre la calidad externa e interna de algunos óvulos. Características de la codorniz japonesa (*Coturnix coturnix* japónica). *Revista Internacional de Ciencias Avícolas* 3 (6): 400-405.
- Montgomery, D.C. (2013). *Design and Analysis of Experiments*. Eighth Edition. Arizona State University. ISBN 978-1118-14692-7.
- Noj Ichaj, V. H. (2016). *Diseño de un sistema de costos reales en la producción de huevos de codorniz en una granja de coturnicultura*. Tesis. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Económicas.
- Northcutt, J.K., Buyukyavuz, A. y Dawson, P.L. (2022). Calidad de los huevos de codorniz japonesa (*Coturnix coturnix* japonica) después de un almacenamiento refrigerado prolongado. *Journal of Applied Poultry Research*, 31, (3). ISSN 1056-6171, <https://doi.org/10.1016/j.japr.2022.100280>.



Informe final de Proyecto de Investigación

- Nugroho, Krisnaningsih. A, T., Puriastuti, Hadiani. D, P., Wahyu, Kustyorini. T. I. y Tunyanan, H. (2021). The Effect of Storage Time on the Internal Quality of Chicken Eggs in the Second Phase in PS. Mandalan Jaya, Malang Regency. *Advances in Biological Sciences Research*, 20. Animal Husbandry Faculty, University PGRI Kanjuruhan Malang.
- Of, E Us, Y. (2017). Efecto del grosor de la cáscara de huevo en la incubabilidad de los huevos de codorniz, *Veterinary World*, 10 (9): 1114-1117.
- Ondrušíková, S., Nedomová, Šárka., Pytel, R., Cwíková, O. y Kumbár, V. (2018). Efecto de diferentes tiempos de almacenamiento en las características de calidad del huevo de codorniz japonés. *Potravinárstvo Revista Eslovaca de Ciencias de la Alimentación*, 12(1), 560–565. <https://doi.org/10.5219/949>
- Organización Panamericana de la Salud y Organización Mundial de la Salud, OPS. (3 de octubre de 2010). *Seguridad Alimentaria y Nutricional*. <https://www.paho.org/es/noticias/3-10-2010-seguridad-alimentaria-nutricional>
- Pedroso, A. A., Café, M. B., Leandro, N. S. M., Stringhini, J. H. y Chaves, L. S. (2006). Desarrollo embrionario y eclosión de huevos de codorniz almacenados durante diferentes períodos e incubados a diferentes niveles de humedad y temperatura. *Revista Brasileira De Zootecnia*, 35(6), 2344–2349. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982006000800021>
- Pérez, F. (1974). *Estudio del huevo de la codorniz*. En *Tratado de coturnicultura* (pp. 14–58). Zaragoza, España: Editorial Científico-Médica.
- Pérez, R. (2004). *Caracterización fisicoquímica y funcional de la clara deshidratada de huevo de codorniz (Coturnix coturnix japonica)*. (Tesis de grado). Universidad Tecnológica De La Mixteca. http://jupiter.utm.mx/~tesis_dig/8772.pdf
- Periago, J. (2005). *Protocolos de Higiene, inspección y control alimentario*. España. Disponible en: <http://ocw.um.es/cc.-de-la-salud/higiene-inspeccion-ycontrolalimentario-1/practicas-1/protocolos-control-de-calidad-huevos.pdf> [Consultado: marzo 24 de 2024].
- Periago, J. (2013). *Protocolos de control de calidad de huevos*. España. Disponible en: <http://ocw.um.es/cc.-de-la-salud/higiene-inspeccion-ycontrol-alimentario1/practicas-1/protocolos-control-de-calidad-huevos.pdf>. [Consultado: 20 de marzo, 2024].



Informe final de Proyecto de Investigación

- Pinto, R., Soares Ferreira, A., Teixeira Albino, L. F., Gomes, P. C. y Vargas Júnior, J. G. (2002). Níveis de Proteína e Energia para Codornas Japonesas em Postura. *Revista Brasileira De Zootecnia*, 31(4), 1761–1770. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982002000700019>
- Preciado, R., Alazar, M., Gómez, D., Caladez, M., Orozco, E. y Méndez, M. (2006). Análisis del impacto de diferentes métodos de conservación en la calidad de huevo para el consumo en el estado de Querétaro. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 7(9): 1-9 https://www.uaq.mx/investigacion/revista_ciencia@uaq/ArchivosPDF/v8-n2/10-CN.pdf
- Redondo, P. (2003). *Verificación de la calidad del huevo*. Revista de Zootecnia y producción animal. Escuela Universitaria Ingeniería Técnica Agrícola INEA. España. Disponible en: http://lan.inea.org:8010/web/zootecnia/monogastricos/calidad_huev.htm [Consultada: mayo 11, 2024].
- Rizzi, C. (2021). *Albumen Quality of Fresh and Stored Table Eggs: Hen Genotype as a Further Chance for Consumer Choice*. *Animals*, 11(1), 135. <https://doi.org/10.3390/ani1101013>
- Roberts, J. R. (2017). Factors affecting egg internal quality and egg shell quality in laying hens. *Journal of Poultry Science*, 54(2), 161–177. <https://doi.org/10.2141/jpsa.0160062>
- Rodríguez, A. (2016). *Tipificación de la calidad del huevo ecológico y convencional*. Tesis de grado. Universidad Politécnica de Valencia. 259 p.
- Rodríguez, J. y Cruz, A. (2017). *Factores que afectan la incubabilidad de huevo fértil en aves de corral*. *Nutrición Animal Tropical*. 11 (1): 16-37.
- Rossi, M., Pompei, C. y Salvatori, G. (2020). Effects of storage time on egg quality. *Food Chemistry*, 325, 126882. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126882>
- Roriz, B., Sgavioli, S., Garcia, R., Nääs, I., Domingues, C., Caldara, F., Rombola, L., Ayla, C. y Bernnecke, K. (2016). Storage Period Affects Weight Loss of Japanese Quail Eggs. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 18(4), 589–592. <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2015-0178>
- Saleh, G., El Darra, N., Kharroubi, S. y Farran, M. (2020). Influence of storage conditions on quality and safety of eggs collected from Lebanese farms. *Food Control*, 111. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.107058>.
- Samli, H. E., Agma, A. y Senkoğlu, N. (2005). Effects of storage time and temperature on egg quality in old laying hens. *Journal of Applied Poultry Research*, 14(3), 548–553. <https://doi.org/10.1093/japr/14.3.548>

Informe final de Proyecto de Investigación

- Serra, L., Aranceta, J. y Mataix, F. (2006). *Nutrición y Salud Pública. Métodos, bases científicas y aplicaciones*. 2da. ed. Masson S.A. Barcelona, España. ISBN: 84-458-1528-8.
- Secretaría de Seguridad Alimentaria y Nutricional de la Presidencia de la República de Guatemala -SESAN. (2023). *Plan Operativo Anual 2023-2027*. [https://portal.sesan.gob.gt/wp-content/uploads/2023/05/POA-SESAN-2023.pdf#:~:text=Seg%C3%BAn%20la%20Encuesta%20Nacional%20de%20Salud%20Materno,Noroccidente%20\(68.2%\)%2C%20Suroccidente%20\(51.9%\)%20y%20Nor%20\(50%\).](https://portal.sesan.gob.gt/wp-content/uploads/2023/05/POA-SESAN-2023.pdf#:~:text=Seg%C3%BAn%20la%20Encuesta%20Nacional%20de%20Salud%20Materno,Noroccidente%20(68.2%)%2C%20Suroccidente%20(51.9%)%20y%20Nor%20(50%).)
- Silversides, F. G. y Scott, T. A. (2001). Effect of storage and layer age on quality of eggs from two lines of hens. *Poultry Science*, 80(8), 1240–1245. <https://doi.org/10.1093/ps/80.8.1240>
- Solano, Soley. A., Zamora, Sanabri., R. y Chacón, Villalobos, A. (2025). *Influence of the age of the bird and storage time on the properties of the japanese quail egg*. Universidad de Costa Rica. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/nutrianimal/article/view/63731>
- Souza, A., Mello, J., Ferrari, F., Ganeco. G., Souza, P., Borba, H. y Pizzolante C. (2021). "Preservation of Eggs Under Varied Storage Conditions." *Journal of Poultry Science*, 51 (1). DOI: [10.4314/sajas.v51i1.5](https://doi.org/10.4314/sajas.v51i1.5)
- Stojčić, D.M., Milošević, N. y Perić, L. (2012). Determinación de algunos rasgos de calidad exterior e interior de los huevos de codorniz japonesa (*Coturnix japonica*). *Revista Agrosnaje*, 13 (4), 667-672. <https://doi.org/10.7251/AGREN1204667S>
- Taha, A. E., El-Tahawy, A. S., Abd El-Hack, M. E., Swelum, A. A. y Saadeldin, I. M. (2019). *Impacts of various storage periods on egg quality, hatchability, post-hatching performance, and economic benefit analysis of two breeds of quail*. *Poultry Science*, 98(2), 777–784. <https://doi.org/10.3382/ps/pey468>
- Toledo, G. (2012). *La gallina del siglo XXI: la codorniz*. Bogotá: Centro de Incubación y Especies Menores – CIEM Colombia.
- Universidad de Murcia. (2011). *Higiene, inspección y control de huevos de consumo*. *Unidades Haugh*. Disponible en: <http://ocw.um.es/cc.-de-la-salud/higiene-inspeccion-ycontrolalimentario-1/practicas1/practica-huevos-haugh> [Consultado: mayo 28 de 2024].

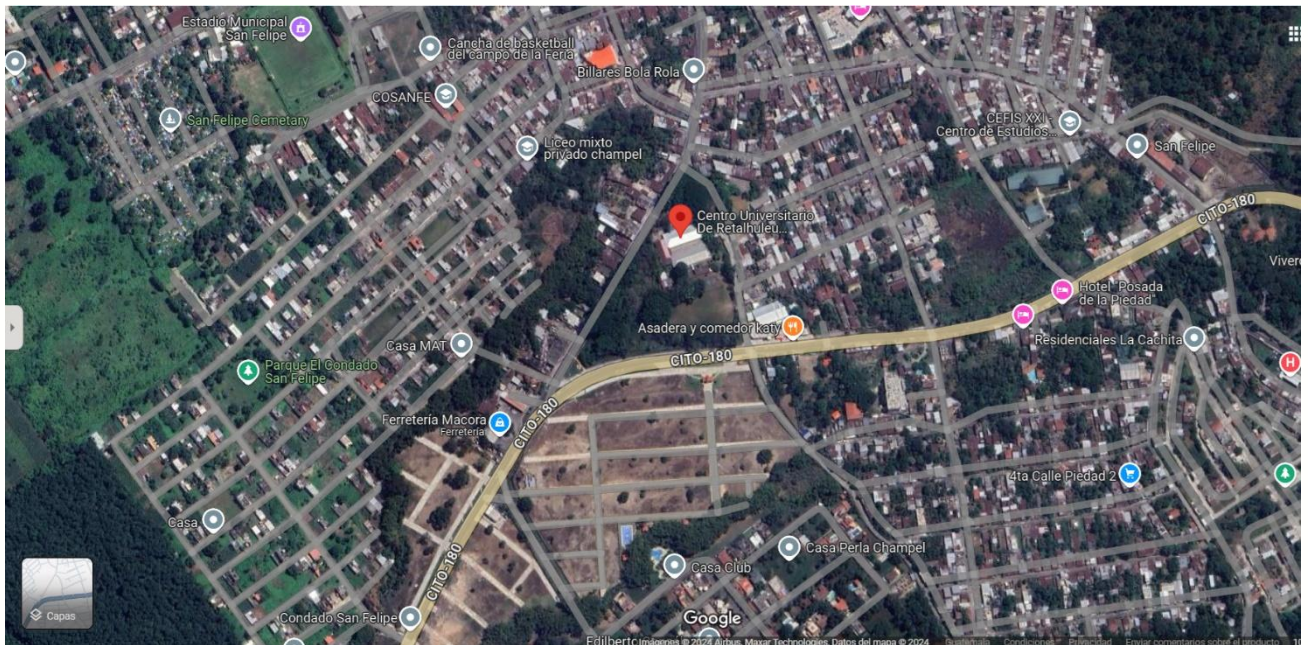


Informe final de Proyecto de Investigación

- Universidad de San Carlos de Guatemala. (junio, 2023). Política de Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala. https://portal.digi.usac.edu.gt/wp-content/uploads/2023/07/Politica_Investigacion_USAC-2023.pdf
- Vásquez R. y Ballesteros, H. (2007). *La cría de codornices (Coturnicultura)*. ISBN 978-958. <https://iestpelmilagro.edu.pe/biblioteca/files/original/491b5b1069d303b522f042b084d5c734.pdf>
- Wikipedia. (2024). *San Felipe, Retalhuleu*. Recuperado el 17 de septiembre de 2024 de [https://es.wikipedia.org/wiki/San_Felipe_\(Retalhuleu\)](https://es.wikipedia.org/wiki/San_Felipe_(Retalhuleu)).

Informe final de Proyecto de Investigación Apéndice

Apéndice A. Ubicación Geográfica del Centro Universitario de Retalhuleu



Fuente. Google Maps, 2024.



Informe final de Proyecto de Investigación

Apéndice 2. Estructura del Huevo de Codorniz

Estructura	%	Característica
Cáscara	10.2	Elemento de protección formado por carbonato de calcio, manganeso, citrato de sodio y potasio. Su misión es el intercambio gaseoso entre el huevo y el exterior.
Albúmina (clara)	46.1	Rodea completamente a la yema, es transparente, ligeramente amarillenta y de consistencia gelatinosa; sirve de alimento al embrión.
Yema	42.3	Esfera de color amarillo, situada en el centro del huevo, es menos densa que la clara. En ella se encuentra el disco embrionario, en donde se desarrolla el embrión.
Membranas	1.4	Separan las estructuras antes mencionadas.

Fuente: Grimaldos 2020.



Informe final de Proyecto de Investigación

Apéndice 3. Características comparativas de producción entre huevos de gallina y huevos de codorniz

Características	Huevo de gallina	Huevo de codorniz
Período de incubación del huevo	21 días	16 días
Peso del huevo en proporción al ave	3 %	10 %
Comienzo de la postura	154 días	42 días
Continuidad de postura	Curva de postura	Continua
Postura anual	300	260
Tiempo entre postura	Cada 26 horas	Cada 22 horas
Peso del huevo	50-60 g	10-12 g
Relación 12 huevos: kilo de alimento	2.2	0.3
Vida útil de la ponedora	2 años	1 año
Densidad de cria por m ²	100	1,000
Alimentación (tipos diferentes)	3	2
Mantenimiento del fotoperíodo	Require	Require
Trabajadores por galpón	2	1

Fuente: Vásquez, R. y Ballesteros, H. (s.f.).

Informe final de Proyecto de Investigación

Apéndice 4. Pareja de Codornices japonesa (Coturnix Japonica). Hembra y Macho



Fuente: Gallinas El Extremeño (2024). <https://gallinaselextremeno.jimdofree.com/otros-enlaces/patr%C3%B3n-morfol%C3%B3gico/codorniz-japonesa/>

Informe final de Proyecto de Investigación

Apéndice E. Diferencia en tamaño entre huevos de gallina y codorniz



Fuente: Melara, J. 2022. Salud y Nutrición. <https://www.cocinafacil.com.mx/salud-y-nutricion/huevos-de-codorniz-beneficios>



Informe final de Proyecto de Investigación

Apéndice F. Boleta de Registros de condiciones climáticas, producción de huevos e inventario animal por semana.

Boleta de registros productivos. Codornices japonesas (Coturnix japonica) por lote



	LUNES		MARTES		MIERCOLES		JUEVES		VIERNES		SABADO		DOMINGO		TOTALES		Inventario aves inicio de semana	
FECHA	2/02/2026		3/02/2026		4/02/2026		5/02/2026		6/02/2026		7/02/2026		8/02/2026					
TEMP. °C																		
H.R.																		
	Lado A	Lado B	Lado A	Lado B	Lado A	Lado B	Lado A	Lado B	Lado A	Lado B	Lado A	Lado B	Lado A	Lado B	Lado A	Lado B	Lado A	Lado B
JAULA 1																		
JAULA 2																		
JAULA 3																		
JAULA 4																		
JAULA 5																		
JAULA 6																		
JAULA 7																		
JAULA 8																		

Informe final de Proyecto de Investigación

Apéndice G. Boleta de Registro de los análisis realizados en el laboratorio sobre las variables de calidad interna y externa del huevo de codorniz japonesa, almacenado a diferentes tiempos y temperaturas.



Boleta de registro de análisis de laboratorio de variables de calidad interna y externa del huevo de codorniz japonesa

[illegible]

Informe final de Proyecto de Investigación
Apéndice H. Proceso de preparación de las muestras de huevo de codorniz japonesa,
para su posterior determinación de masa



Nota. Pesaje de huevo completo



Nota. Quiebre



Nota. Pesaje del contenido interno



Nota. Separación de la albúmina (clara)



Nota. Separación de los 3 componentes del huevo

Informe final de Proyecto de Investigación

Apéndice I. Medición del Índice de Forma del huevo de codorniz japonesa con micrómetro digital



Nota. Medición de diámetro transversal (mm).



Nota. Medición del diámetro longitudinal (mm)

Informe final de Proyecto de Investigación

Apéndice J. Medición del color de yema en huevo de codorniz japonesa con abanico de color YolkFan DSM



Nota. Abanico YolkFan DSM



Nota. Medición de color.

Informe final de Proyecto de Investigación

Apéndice K. Medición de grosor de cáscara en huevos de codorniz japonesa con medidor digital Baxlo o Micrómetro de punta de gota



Nota. Medición de grosor de cáscara de huevo

Informe final de Proyecto de Investigación

Apéndice L. Calibración de potenciómetro pH600



Nota. Soluciones estándar para calibración



Nota. Potenciómetro y soluciones estándar



Nota. Calibración a pH ácido de 4

Informe final de Proyecto de Investigación

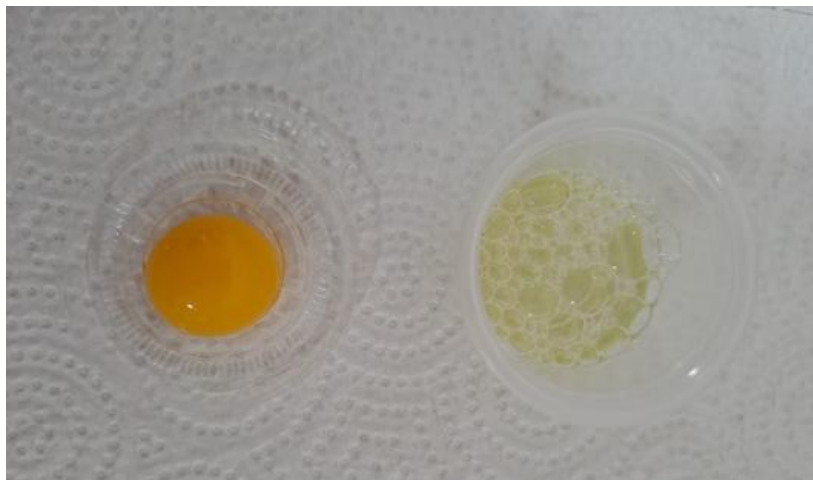
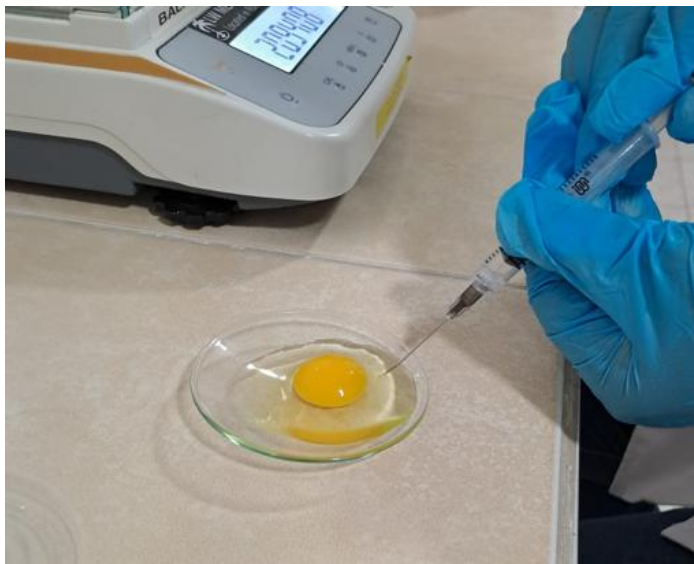
Apéndice M. Medición de pH en contenido interno de huevos de codorniz japonesa



Nota. Medción de pH en yema y albúmina

Informe final de Proyecto de Investigación

Apéndice N. Separación de la yema de la Albúmina (clara) del huevo de codorniz japonesa



Nota. Separación de yema de Albúmina

Informe final de Proyecto de Investigación

Apéndice O. Determinación de masa de la albúmina (clara) del huevo de codorniz japonesa



Nota. Determinación de la masa de la albúmina (clara)

Informe final de Proyecto de Investigación

Apéndice P. Determinación de masa de la yema de huevos de codorniz japonesa



Nota. Determinación de masa de la yema

Informe final de Proyecto de Investigación

Apéndice Q. Determinación de masa de la cáscara de huevos de codorniz japonesa



Nota. Determinación de masa de la cáscara

Informe final de Proyecto de Investigación

Apéndice R. Pérdida de consistencia de la yema de huevo de codorniz almacenado a temperatura ambiente



Nota. Pérdida de consistencia de la yema por almacenamiento a temperatura ambiente

Informe final de Proyecto de Investigación
Apéndice S. Pérdida de porcentaje de la albúmina de huevo de codorniz almacenado a distintos tiempos y temperatura ambiente y adiferentes edades del ave



Nota. Contenido de albúmina de 3 días de almacenamiento



Nota. Contenido de albúmina de 9 días de almacenamiento



Nota. Contenido de albúmina de 18 días de almacenamiento. Se dificulta mucho la separación de la albúmina de la yema, sin que éstas se mezclen.



Informe final de Proyecto de Investigación

Declaración de la coordinadora del proyecto de investigación

La coordinadora de proyecto de investigación con base en el Reglamento para el desarrollo de los proyectos de investigación cofinanciados por medio del Fondo de Investigación, artículo 20, elaboró este informe en función de los datos recabados en el proyecto.

M.A. Inga. Brenda Gabriela Nájera Figueroa Coordinadora del proyecto de investigación	
Fecha: 22/02/2026	

De conformidad con el artículo 19 del Reglamento para el desarrollo de los proyectos de investigación cofinanciados por medio del Fondo de Investigación otorgo el aval al presente informe final de las actividades realizadas en el proyecto: Evaluación de la calidad de huevos de codorniz japonesa (*Coturnix japonica*), almacenados a diferentes tiempos, temperaturas y edades del ave. En mi calidad de directora del Centro Universitario de Retalhuleu -CUNREU, mismo que ha sido revisado y cumple su ejecución de acuerdo a lo planificado.

Vo.Bo. MSc. Inga. Astrid Desiree Argueta del Valle Directora Centro Universitario de Retalhuleu	
Fecha: 22/02/2026	

Recepción de la Dirección General de Investigación

Vo.Bo. MA. Sucelly Orozco de Morales Coordinadora del Programa Universitario de Investigación Interdisciplinaria de Salud-PUIIS.	
Fecha: 22/02/2026.	

/Digi2026