



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE AGROPECUARIA**

**EFFECTO DE TEMPERATURA Y ALMACENAMIENTO
SOBRE LA CALIDAD DEL HUEVO DE CODORNIZ CON
LA INCLUSIÓN DE *Beta vulgaris* Y *Capsicum annuum***

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Requisito parcial para la obtención del título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

Autor: Marcelo Moisés Balón Gonzabay

LA LIBERTAD, AGOSTO 2026



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE AGROPECUARIA**

**EFFECTO DE TEMPERATURA Y ALMACENAMIENTO
SOBRE LA CALIDAD DEL HUEVO DE CODORNIZ CON
LA INCLUSIÓN DE *Beta vulgaris* Y *Capsicum annum***

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Requisito parcial para la obtención del título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

Autor: Marcelo Moisés Balón Gonzabay

Tutor: MVZ. Freddy Olmedo Alcocer Quishpe, Mgtr.

LA LIBERTAD, AGOSTO 2026

TRIBUNAL DE GRADO

Trabajo de Integración Curricular presentado por **MARCELO MOISÉS BALÓN GONZABAY** como requisito parcial para la obtención del grado de Ingeniero Agropecuario de la Carrera de Agropecuaria.

Trabajo de Integración Curricular **APROBADO** el: 12/08/2026

Ing. Verónica Cristina Andrade
Yucailla, Ph.D.

**DIRECTORA DE CARRERA
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

MVZ. Álvaro Cecilio Sánchez España,
Msc.

**PROFESOR ESPECIALISTA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Validar únicamente en FirmaSC.
Firmado electrónicamente por:
**FREDDY OLMEDO
ALCOCER QUISHPE**

MVZ. Freddy Olmedo Alcocer
Quishpe, Mgtr.

**PROFESOR TUTOR
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

Ing. Nadia Rosaura Quevedo Pinos,
Ph.D.

**PROFESORA GUÍA DE LA UIC
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

Ing. Washington Perero Vera, Mgtr.
**ASISTENTE ADMINISTRATIVO
SECRETARIO**

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento en primer lugar a Dios, por darme la vida, la salud y la fuerza necesaria para culminar con éxito esta última etapa de mi formación académica. Un agradecimiento especial a mi docente tutor, por su valiosa guía, paciencia y dedicación durante todo el desarrollo de este trabajo, brindándome cada uno de sus conocimientos. Agradezco a mis familiares, quienes han estado presentes durante todo este largo camino, dándome su apoyo y motivación para seguir adelante. Agradezco infinitamente a mi madre, por ser el pilar fundamental de mi vida, quien me ha apoyado en la parte económica desde el primer día de clases, por su amor incondicional y comprensión en todo momento. Agradezco a mis compañeros del camino Ariel y Bruno, por su amistad, cariño y compañía en esta última etapa. Agradecer también a la Universidad Estatal Península de Santa Elena por proporcionarme las enseñanzas y el apoyo necesario para alcanzar este importante logro. Finalmente, este trabajo es el reflejo del esfuerzo y sacrificio de todos ustedes, a quienes llevo conmigo en lo más profundo de mi ser.

Marcelo Moisés Balón Gonzabay

DEDICATORIA

Dedico este trabajo en primer lugar, a Dios por ser mi guía en todo momento, por darme fuerza en los momentos más difíciles, la esperanza cuando sentía que no podía continuar con todo, y la bendición de permitirme alcanzar este logro tan anhelado. A mi madre, Mirna del Rocio Gonzabay Tomalá, por ser el pilar fundamental en mi vida, y la persona por la cual me esforcé y luché por hacer sentir orgullosa, este logro es para ti, gracias por tu apoyo y amor incondicional en todo momento, por no dejarme solo y sobre todo por no dejar de confiar en mí, especialmente en los momentos más difíciles. Una dedicación especial a toda mi familia, porque en cada uno de ellos encontré apoyo, enseñanzas y fuerzas para no rendirme. Este logro no es solo mío, es de todos ustedes quienes han sido parte de este largo camino lleno de sacrificios, alegrías y tristezas. Finalmente, les dedico con el alma cada página de este trabajo, como un humilde tributo a su legado de bondad y perseverancia.

Marcelo Moisés Balón Gonzabay

RESUMEN

El presente trabajo se llevó a cabo en la comuna Palmar, parroquia Colonche, provincia de Santa Elena, con el objetivo principal de evaluar la influencia del tiempo de almacenamiento a temperatura ambiente sobre la calidad externa e interna y la estabilidad del color de la yema en los huevos de codorniz (*Coturnix japonica*) suplementadas con *Beta vulgaris* y *Capsicum annuum*. Se aplicó un diseño completamente al azar (DCA) con tres tratamientos y diez repeticiones, con 1 unidad experimental por cada repetición, que correspondieron a los días de almacenamiento (1, 7, 14, 21, 28 días) a temperatura ambiental de la zona, se utilizó un total 150 huevos de codorniz con 50 huevos por cada tratamiento. Los resultados obtenidos al final de la investigación evidenciaron que la inclusión de harina de remolacha y la harina de pimienta roja no ocasionó diferencias significativas en las características externas del huevo de codorniz, como el peso, grosor de cáscara e índice de forma. No obstante, ambos pigmentantes mejoraron significativamente la calidad interna del huevo, destacándose el tratamiento con la harina de pimienta roja (T2) por presentar los valores más altos en los parámetros de altura de albúmina, índice de albúmina y Unidades Haugh. Del mismo modo, la harina de pimienta roja generó una mayor intensidad en la coloración de la yema respecto al tratamiento testigo (T0) y remolacha (T1). El tiempo de almacenamiento alteró de manera negativa la calidad interna del huevo, pudiéndose detectar una disminución progresiva de la frescura a partir de los 14 días, mientras que las mejores condiciones se mantuvieron durante la primera semana de almacenamiento a temperatura ambiente. Este estudio indica que los pigmentantes naturales son viables para una mejora en la calidad de los huevos de codorniz.

Palabras clave: Conservación, Frescura, Pigmentación natural.

ABSTRACT

This study was conducted in the Palmar community, Colonche parish, Santa Elena province with the primary objective of evaluating the influence of ambient-temperature storage duration on the external and internal quality, as well as yolk color stability, of quail (*Coturnix japonica*) eggs from birds supplemented with *Beta vulgaris* and *Capsicum annum*. A completely randomized design (CRD) was employed, featuring three treatments and ten replicates (with one experimental unit per replicate), corresponding to storage periods of 1, 7, 14, 21, and 28 days at local ambient temperature; a total of 150 quail eggs were used, with 50 eggs per treatment. The results demonstrated that the inclusion of beetroot meal and red pepper meal did not cause significant differences in external quail egg characteristics, such as weight, shell thickness, and shape index. However, both pigments significantly improved internal egg quality; the red pepper meal treatment (T2) stood out by yielding the highest values for albumin height, albumin index, and Haugh units. Similarly, red pepper meal produced greater yolk color intensity compared to the control (T0) and beetroot (T1) treatments. Storage time negatively affected internal egg quality, with a progressive decline in freshness detected after 14 days, whereas optimal conditions were maintained during the first week of ambient-temperature storage. This study indicates that natural pigments are viable options for improving quail egg quality.

Keywords: Storage, Freshness, Natural pigmentation.

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

El presente Trabajo de Integración Curricular titulado **“EFECTO DE TEMPERATURA Y ALMACENAMIENTO SOBRE LA CALIDAD DEL HUEVO DE CODORNIZ CON LA INCLUSIÓN DE *Beta vulgaris* Y *Capsicum annuum*”** y elaborado por **Marcelo Moisés Balón Gonzabay**, declara que la concepción, análisis y resultados son originales y aportan a la actividad científica educativa agropecuaria.

Transferencia de derechos autorales.

"El contenido del presente Trabajo de Graduación es de mi responsabilidad; el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Universidad Estatal Península de Santa Elena".

Firma del estudiante

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
Problema Científico.....	2
Objetivos.....	2
Objetivo General.....	2
Objetivos Específicos	2
Hipótesis	2
CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
1.1 Descripción de la codorniz.....	3
1.1.1 Origen	3
1.1.2 Taxonomía	3
1.1.3 Morfología	4
1.2 Cotornicultura en Ecuador.....	4
1.3 Importancia económica de la cotornicultura en Ecuador	5
1.4 Factores productivos que influyen en la cotornicultura ecuatoriana	5
1.4.1 Fotoperiodo.....	5
1.4.2 Alimentación y nutrición	6
1.4.3 Suplementación alimenticia	6
1.4.4 Condiciones ambientales	6
1.4.5 Calidad del huevo y manejo productivo	6
1.5 Producción de huevos de codorniz en América Latina	7
1.6 Razas de codornices ponedoras existentes en Ecuador	7
1.7 Definición de huevo	7
1.7.1 Origen del huevo de codorniz	7
1.8 Formación del huevo de codorniz	8
1.8.1 Fases de formación del huevo de codorniz	8
1.9 Características del huevo de codorniz	8
1.9.1 Capas de la cáscara de huevo de codorniz	9
1.10 Características químicas del huevo de codorniz	9
1.11 Valor nutricional y funcional del huevo de codorniz	9
1.11.1 Proteínas de alto valor biológico.....	9
1.11.2 Perfil de aminoácidos esenciales	10
1.11.3 Vitaminas liposolubles.....	10
1.11.4 Minerales.....	10
1.11.5 Compuestos antioxidantes	10
1.11.6 Beneficios para la salud humana.....	11
1.12 Factores que perjudican la calidad del huevo de codorniz	11
1.13 Métodos de medición de factores de calidad interna.....	12
1.13.1 Color de yema	12
1.13.2 Unidades Haugh.....	12
1.13.3 Grosor de cáscara.....	12
1.13.4 Índice morfológico.....	13
1.13.5 Índice de clara	13

1.14	Calidad externa del huevo de codorniz.....	13
1.14.1	Peso del huevo	13
1.14.2	Índice de forma	13
1.14.3	Espesor de cáscara	13
1.14.4	Relación con edad de la ponedora	14
1.15	Calidad interna del huevo durante almacenamiento	14
1.15.1	Altura de albúmina.....	14
1.15.2	Índice de yema	14
1.15.3	pH de clara y yema	14
1.15.4	Pérdida de humedad.....	15
1.15.5	Cámara de aire	15
1.16	Cambios fisicoquímicos durante almacenamiento	15
1.16.1	Evaporación del agua.....	15
1.16.2	Pérdida de CO ₂	15
1.16.3	Incremento del pH.....	16
1.16.4	Licuefacción de albúmina	16
1.16.5	Debilitamiento de membranas vitelinas.....	16
1.16.6	Migración de agua hacia la yema.....	16
1.17	Influencia de la temperatura sobre la calidad del huevo	17
1.17.1	Temperatura ambiente	17
1.17.2	Refrigeración.....	17
1.17.3	Conservación a largo plazo.....	17
1.17.4	Efecto sobre Unidades Haugh.....	17
1.17.5	Efecto sobre color de yema.....	17
1.17.6	Efecto sobre índice de yema	18
1.18	Estrés oxidativo y estabilidad de la yema	18
1.18.1	Radicales libres	18
1.18.2	Oxidación lipídica.....	18
1.18.3	Deterioro de pigmentos.....	18
1.18.4	Antioxidantes naturales.....	19
1.19	Pigmentación natural de la yema	19
1.19.1	Carotenoides	19
1.19.2	Xantofilas.....	19
1.19.3	Capsantina.....	19
1.19.4	Capsorrubina.....	19
1.19.5	Betalaínas.....	20
1.19.6	Biodisponibilidad de pigmentos	20
1.20	Pigmentantes	20
1.20.1	Definición y uso.....	20
1.20.2	Harina de remolacha (Beta vulgaris)	20
1.20.3	Harina de pimiento (Capsicum annum)	20
1.21	Abanico colorimétrico DSM	21

1.21.1	Historia.....	21
1.21.2	Escala de color	21
1.21.3	Interpretación	21
1.21.4	Aplicaciones e investigación.....	22
1.22	Conservación y vida útil del huevo de codorniz.....	22
1.22.1	Vida útil comercial.....	22
1.22.2	Factores de deterioro.....	22
1.22.3	Conservación a temperatura ambiente	22
1.22.4	Conservación refrigerada.....	23
1.22.5	Pérdidas económicas.....	23
CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS.....		24
2.1	Caracterización del área	24
2.2	Materiales, equipos e insumos	24
2.2.1	Material biológico.....	24
2.2.2	Material de campo.....	24
2.2.3	Material de oficina	25
2.2.4	Equipos de laboratorio	25
2.3	Tipo de investigación	25
2.4	Diseño de investigación	25
2.4.1	Diseño experimental	26
2.5	Manejo del experimento.....	26
2.6	Variables a evaluar.....	27
2.6.1	Calidad externa de huevo de codorniz	27
2.6.2	Calidad interna del huevo de codorniz.....	27
2.7	Análisis estadístico de los resultados.....	29
CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		30
3.1	Estudio de las características de los huevos de codorniz	30
3.1.1	Peso de huevos.....	31
3.1.2	Ancho de huevos (mm).....	32
3.1.3	Alto de huevos (mm)	33
3.1.4	Peso de cáscara (g).....	34
3.1.5	Grosor de cáscara (mm).....	35
3.1.6	Altura de yema (mm).....	36
3.1.7	Ancho de yema (mm).....	37
3.1.8	Altura de albúmina (mm).....	38
3.1.9	Ancho de albúmina (mm)	39
3.1.10	Color de yema	40
3.1.11	Índice de forma	42
3.1.12	Índice de cáscara	43
3.1.13	Índice de yema	44
3.1.14	Índice de albúmina.....	45
3.1.15	Unidades Haugh.....	46

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	47
Conclusiones.....	47
Recomendaciones.....	48
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49
ANEXOS.....	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Distribución de las unidades experimentales según el tratamiento y periodo de almacenamiento.	26
Tabla 2. Características de los huevos de codorniz evaluados bajo cada uno de los tratamientos.	30
Tabla 3. Características de los huevos de codorniz evaluados durante los diferentes días de almacenamiento.	30

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Codorniz.....	3
Figura 2. Coturnix japonica.....	4
Figura 3. Huevos de codorniz.....	8
Figura 4. Yema de huevo de codorniz.....	12
Figura 5. Escala de roche para la determinación del color del vitelo de huevo.	21
Figura 6. Ubicación geográfica del experimento.	24
Figura 7. Peso de huevos de codorniz (Tratamientos).	32
Figura 8. Peso de huevos de codorniz (Días de almacenamiento).	32
Figura 9. Ancho de huevos de codorniz (Tratamientos).	33
Figura 10. Ancho de huevos de codorniz (Días de almacenamiento).	33
Figura 11. Alto de huevos de codorniz (Tratamientos).	34
Figura 12. Alto de huevos de codorniz (Días de almacenamiento).	34
Figura 13. Peso de cáscara de huevos (Tratamientos).	35
Figura 14. Peso de cáscara de huevos (Días de almacenamiento).	35
Figura 15. Grosor de cáscara de huevos (Tratamientos).	36
Figura 16. Grosor de cáscara de huevos (Días de almacenamiento).	36
Figura 17. Altura de yema de huevos (Tratamientos).	37
Figura 18. Altura de yema de huevos (Días de almacenamiento).	37
Figura 19. Ancho de yema de huevos (Tratamientos).	38
Figura 20. Ancho de yema de huevos (Días de almacenamiento).	38
Figura 21. Altura de albúmina de huevos (Tratamientos).	39
Figura 22. Altura de albúmina de huevos (Días de almacenamiento).	39
Figura 23. Ancho de albúmina de huevos (Tratamientos).	40
Figura 24. Ancho de albúmina de huevos (Días de almacenamiento).	40
Figura 25. Color de yema en huevos (Tratamientos).	41
Figura 26. Color de yema en huevos (Días de conservación).	41
Figura 27. Índice de forma de huevos (Tratamientos).	42
Figura 28. Índice de forma de huevos (Días de almacenamiento).	42
Figura 29. Índice de cáscara de huevos (Tratamientos).	43
Figura 30. Índice de cáscara de huevos (Días de almacenamiento).	43
Figura 31. Índice de yema de huevos (Tratamientos).	44
Figura 32. Índice de yema de huevos (Días de almacenamiento).	44
Figura 33. Índice de albúmina de huevos (Tratamientos).	45
Figura 34. Índice de albúmina de huevos (Días de almacenamiento).	45
Figura 35. Unidades Haugh (Tratamientos).	46
Figura 36. Unidades Haugh (Días de almacenamiento).	46

ÍNDICE DE ANEXOS

Figura 1A. Recolección de huevos de codorniz.

Figura 2A. Almacenamiento de los huevos de codorniz.

Figura 3A. Medición del peso del huevo de codorniz.

Figura 4A. Medición de ancho y alto del huevo de codorniz.

Figura 5A. Medición del peso y grosor de la cáscara.

Figura 6A. Medición de alto y ancho de yema y albúmina.

Figura 7A. Medición del color de la yema.

Figura 8A. Coloración de yemas (días de almacenamiento), tratamiento testigo.

Figura 9A. Coloración de yemas (días de almacenamiento), tratamiento con harina de remolacha.

Figura 10A. Coloración de yemas (días de almacenamiento), tratamiento con harina de pimienta rojo.

INTRODUCCIÓN

En Ecuador, la crianza de codornices es una actividad que se llevó a cabo hace aproximadamente 25 años, en la última década, esta actividad ha crecido significativamente y se ha convertido inclusive en un negocio muy rentable, en la actualidad existen alrededor de 500,000 ejemplares de codornices de producción en el Ecuador, según Guevara (2023). A nivel mundial, la producción de codornices ha crecido gracias a su eficiencia de producción y bajo requerimiento tanto de espacio como alimento, agrega Romero (2022).

Los huevos de codorniz poseen numerosas características que los hacen deseables para sus consumidores, a parte de su bajo nivel de colesterol, al juntar los beneficios de la producción de codornices con las características del huevo, se puede percibir un negocio lucrativo, indica Guevara (2023). Estudios concluyen que el huevo de codorniz contiene una alta calidad nutricional y propiedades fisicoquímicas que favorecen tanto su aceptación como su aprovechamiento en la alimentación humana, lo que ha aumentado el interés por su producción y consumo (Kotchikpa *et al.*, 2022).

La incorporación de harina de remolacha en la alimentación de las codornices que producen huevos, ha mostrado aumentar la cantidad de dichos huevos, realzar el color de la yema y alterar de manera positiva ciertos ácidos grasos, sin perjudicar el peso del huevo ni su valor nutricional, afirma Şengül (2021). La adición del pimiento ya sea en forma de polvo o extracto, proporciona compuestos bioactivos como por ejemplo vitaminas A, C y E, que ayudan a mejorar el color de la yema, pueden incrementar la estabilidad antioxidante y proporcionar ventajas frente al estrés oxidativo (Abbas *et al.*, 2022).

Con estos hallazgos, en el presente estudio se propuso evaluar la calidad externa e interna de los huevos de codorniz, mediante tres tratamientos y almacenados durante cinco periodos de almacenamiento a temperatura ambiente, para deducir si las propiedades físicas determinaban la frescura del producto, y a su vez, si las condiciones de almacenamiento aseguraban la calidad del producto para su respectivo consumo. Se espera que los resultados obtenidos se conviertan en una base para proponer prácticas de manejo y conservación más eficientes, aparte de optimizar la vida útil del huevo de codorniz, así como también su valor nutricional y comercial en beneficio de los productores y consumidores locales.

Problema Científico

¿Cómo influye el tiempo de almacenamiento a temperatura ambiente sobre la calidad externa e interna y la pigmentación de la yema de los huevos de codorniz (*Coturnix japonica*) provenientes de aves alimentadas con dietas suplementadas con harina de *Beta vulgaris* y *Capsicum annuum*?

Objetivos

Objetivo General

- ❖ Evaluar la influencia del tiempo de almacenamiento a temperatura ambiente sobre la calidad externa e interna y la estabilidad del color de la yema en huevos de codorniz (*Coturnix japonica*) suplementadas con *Beta vulgaris* y *Capsicum annuum*.

Objetivos Específicos

1. Determinar la variación de las características físicas y calidad externa del huevo de codorniz (*Coturnix japonica*) suplementadas con *Beta vulgaris* y *Capsicum annuum* durante los periodos de almacenamiento: 1, 7, 14, 21 y 28 días a temperatura ambiente, mediante la evaluación del peso del huevo, el índice de forma y el grosor de la cáscara.
2. Analizar la estabilidad de la frescura interna de los huevos de codorniz (*Coturnix japonica*) suplementadas con *Beta vulgaris* y *Capsicum annuum* en los diferentes tiempos de almacenamiento establecidos, cuantificando los cambios en las Unidades Haugh, el índice de yema y la altura de la albúmina.
3. Evaluar el efecto de la inclusión de harina de remolacha (*Beta vulgaris*) y pimienta roja (*Capsicum annuum*) sobre la coloración de la yema de los huevos de codorniz (*Coturnix japonica*) a lo largo del periodo de almacenamiento, utilizando el abanico colorimétrico.

Hipótesis

El tiempo de almacenamiento a temperatura ambiente afecta significativamente la calidad externa e interna del huevo de *Coturnix japonica*, siendo esta calidad mejor conservada cuando las aves han sido alimentadas con dietas que incluyen harina de *Beta vulgaris* y *Capsicum annuum*.

CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 Descripción de la codorniz

Según Guevara (2023), la codorniz es un ave que pertenece a la orden gallináceas, más concretamente de la especie *Coturnix*, esta ave se encuentra ampliamente distribuida en África, Asia y Europa, se distinguen por tener un cuerpo robusto, patas cortas y un vuelo rápido, aunque de corta distancia; se pueden encontrar tanto en su hábitat natural como en cautiverio, y son muy apreciadas por su producción de carne y huevos.



Figura 1. Codorniz.

1.1.1 Origen

La codorniz tiene sus raíces en Asia, específicamente en los países de China y Japón, y ha estado al lado de la humanidad durante varios siglos, aunque al principio su papel era solo decorativo, algunos mitos japoneses relatan que se descubrieron sus otros beneficios cuando un emperador japonés se recuperó de una tuberculosis al seguir una dieta compuesta únicamente de carne de codorniz (Guevara, 2023).

1.1.2 Taxonomía

La *Coturnix japonica*, tal como se muestra en la figura 2, es conocida por su producción de huevos y carne, forma parte del Reino: Animalia, Filo: Chordata, Clase: Aves, Orden: Galliformes, Familia: Phasianidae, Género: *Coturnix* y Especie: *Coturnix japonica*; su clasificación taxonómica es reconocida como una especie distinta de *Coturnix coturnix*, gracias a sus diferencias genéticas, morfológicas y reproductivas; y aunque es originaria del

este de Asia, hoy en día se encuentra distribuida por todo el mundo en sistemas de producción intensiva, según Schoch *et al.* (2020).



Figura 2. *Coturnix japonica*.

1.1.3 Morfología

La codorniz, de acuerdo a lo que exponen Abumandour *et al.* (2022), tiene la siguiente morfología:

- Es un ave pequeña y robusta que presenta una longitud entre 16 y 19 cm de largo y un peso de entre 82 a 116 g.
- Tiene alas largas, con una envergadura de 32 a 35 cm, que le permite volar a cortas distancias, pero a una gran velocidad.
- Su plumaje, en la parte superior, es marrón pero veteado en ocre y negro, mientras que su vientre es más claro, y se puede observar una línea superciliar muy marcada, como puede verse en la figura 1.
- Las patas y el pico son de color crema-anaranjado.
- Los machos presentan dimorfismo sexual moderado, una línea oscura en forma de ancla en la garganta y un pecho de color anaranjado, las hembras por su parte, tienen un moteado blanco y negro tanto en la garganta como en el pecho.

1.2 Cotornicultura en Ecuador

La cotornicultura tiene que ver con la actividad zootécnica que está orientada a la producción de huevos y carne de codorniz, principalmente de la especie *Coturnix japonica*; en Ecuador, esta actividad ha mostrado un crecimiento progresivo gracias a la facilidad de manejo de la especie, su rápida madurez sexual, alta producción de huevos y adaptabilidad a diferentes condiciones climáticas del país, indica Romero (2022).

La producción de codornices se encuentra distribuida en las distintas regiones del Ecuador, debido a la capacidad de adaptación de la especie a diversos ambientes, la actividad aún evidencia algunas limitaciones relacionadas con el desconocimiento de los beneficios nutricionales del huevo de codorniz, a su vez, con la escasa difusión tecnológica hacia los productores; por otro lado, una codorniz puede producir alrededor de 250 huevos al año, constituyéndose en una alternativa productiva eficiente para pequeños y medianos productores, agrega Romero (2022).

1.3 Importancia económica de la coturnicultura en Ecuador

Según Lindao (2023), la producción de huevos de codorniz constituye una actividad económicamente viable, debido a la precocidad reproductiva de dicha especie, su bajo requerimiento de espacio y la alta conversión alimenticia, cada una de estas características permiten obtener retornos económicos en períodos relativamente cortos en comparación con otras explotaciones avícolas.

La producción y comercialización de huevos y carne de codorniz, han ganado aceptación gracias a su valor nutricional, la región Costa presenta las condiciones más propicias y es destacable para el desarrollo de emprendimientos coturnícolas, por otro lado, existe el potencial necesario para llevar a cabo la extensión del mercado, mediante estrategias de comercialización y educación alimentaria, agrega Lindao (2023).

1.4 Factores productivos que influyen en la coturnicultura ecuatoriana

La productividad de las codornices japonesas (*Coturnix japonica*) depende de diversos factores de manejo, nutrición y ambiente, en Ecuador, investigaciones recientes han demostrado que ciertas variables como el fotoperiodo, la alimentación, la suplementación nutricional, las condiciones climáticas y el manejo sanitario, influyen directamente sobre el porcentaje de postura, el consumo de alimento, la calidad del huevo y la rentabilidad de los sistemas productivos (Alcibar *et al.*, 2026).

1.4.1 Fotoperiodo

El programa de iluminación, es uno de los factores más influyentes en la producción de huevos de codorniz, en un estudio se evaluaron diferentes programas de luz (12, 14, 16 y 18 horas diarias) en codornices japonesas, durante la fase inicial de postura, determinaron

que el aumento de horas luz incrementó significativamente el porcentaje de producción de huevos y el consumo de alimento, a su vez, se menciona que los tratamientos con iluminación suplementaria presentaron una mayor rentabilidad económica en comparación con aquellos que recibieron únicamente luz natural (Alcibar *et al.*, 2026).

1.4.2 Alimentación y nutrición

La alimentación representa el mayor costo dentro de los sistemas de producción coturnícola y constituye uno de los factores que más influye sobre la productividad y calidad del huevo, investigaciones realizadas en la provincia de Santa Elena, indican que la suplementación de la dieta con diferentes ingredientes nutricionales puede mejorar los parámetros productivos y la calidad del huevo; la disponibilidad adecuada de energía, proteína, aminoácidos, calcio y fósforo, resulta fundamental para mantener altos porcentajes de postura y obtener huevos con características físicas adecuadas, indica Preciado (2025).

1.4.3 Suplementación alimenticia

Según Martínez (2025), en Ecuador se han desarrollado diversos estudios utilizando ingredientes alternativos y aditivos naturales en la alimentación de codornices, en un estudio se evaluó el uso de probióticos y levaduras, observando mejoras en el comportamiento productivo y en algunos parámetros de calidad del huevo, estas investigaciones evidencian que estos suplementos pueden influir positivamente sobre la producción de huevos, la conversión alimenticia y la calidad externa e interna del huevo.

1.4.4 Condiciones ambientales

El clima interfiere en la productividad de las codornices, en específico, la temperatura, la humedad relativa y una correcta ventilación, influyen directamente en el consumo del alimento, el estrés fisiológico y la calidad de los huevos; en estudios que se han hecho en la Amazonía ecuatoriana, han establecido que las aves también logran niveles adecuados de producción, aunque la conservación posterior del huevo va a verse afectada por dichas condiciones ambientales, afirman Ramírez *et al.* (2025).

1.4.5 Calidad del huevo y manejo productivo

La calidad del huevo está estrechamente relacionada con las prácticas de manejo implementadas durante la producción, un adecuado programa nutricional, un correcto

control ambiental y el manejo apropiado de las aves, permiten obtener huevos con mayor peso, mejor grosor de cáscara, mayor estabilidad de la yema y mejores Unidades Haugh, por el contrario, deficiencias nutricionales o condiciones ambientales inadecuadas pueden provocar disminución de la calidad interna y externa del huevo, comenta Sandoval (2025).

1.5 Producción de huevos de codorniz en América Latina

La producción del huevo de codorniz en América Latina ha crecido en la última década, debido a la alta demanda de alimentos funcionales y de alto valor proteico, países como Brasil, México, Colombia y Perú lideran la producción, principalmente en sistemas semi-intensivos, la codorniz japonesa (*Coturnix japonica*) es la especie más utilizada, debido a su alta tasa de postura y rápida madurez sexual, señalan Ramírez *et al.* (2025).

1.6 Razas de codornices ponedoras existentes en Ecuador

La codorniz japonesa (*Coturnix japonica*), destaca en Ecuador como la principal raza de aves de corral ponedoras, donde ha sido objeto de investigación en numerosos estudios, gracias a su notable eficiencia reproductora; varias investigaciones han llegado a corroborar que el huevo de (*Coturnix japonica*) ha sido el gran éxito principal, con un considerable 57% de consumo a nivel nacional, sostiene Chuim (2020).

1.7 Definición de huevo

El huevo es una célula reproductiva femenina también conocida como óvulo u ovocito, después de la fecundación, se transforma en el embrión del ave, en el caso de las aves domésticas, se trata de un elemento ovíparo que está compuesto por yema, clara, membranas y cáscara, los cuales protegen y alimentan al embrión mientras se desarrolla fuera del cuerpo, afirman Carranza *et al.* (2019).

1.7.1 Origen del huevo de codorniz

La *Coturnix japonica*, que tiene sus raíces en el este de Asia, específicamente en Japón, China y Mongolia, fue domesticada entre los siglos XI y XII, principalmente por su hermoso canto, sin embargo, fue en los siglos XIX y XX cuando se empezó a seleccionar de manera intensiva para la producción de huevos y carne; la transformación genética y fenotípica ha permitido que el huevo de codorniz que conocemos hoy en día sea más grande, con una mejor calidad nutritiva (Lukanov *et al.*, 2020).

1.8 Formación del huevo de codorniz

1.8.1 Fases de formación del huevo de codorniz

Según Andrade *et al.* (2023), la formación del huevo en *Coturnix japonica* se lleva a cabo en diferentes fases a lo largo del oviducto:

1. **Infundíbulo (1 h):** aquí se realiza la captura del ovocito tras la ovulación, comenzando a generarse las chalazas, filamentos que se sujetan en los extremos del óvulo.
2. **Magnum (3–4 h):** en esta fase, se secretan las capas principales de la clara (albumen), donde las chalazas se disponen alrededor del vitelo.
3. **Istmo y útero (20 h):** se incluyen las membranas vitelinas y se produce la calcificación de la cáscara, comenzando con los cuerpos mamilares (alrededor de 4 h después de la ovoposición) y la formación de la capa palisádica (aproximadamente a las 8 h), finalizando con la cutícula (alrededor de 20 h).
4. **Útero tardío (2–4 h antes de la oviposición):** en esta fase, se depositan los pigmentos y se suma la cutícula final.

1.9 Características del huevo de codorniz

Tal como se puede observar en la figura 3, el huevo de codorniz (*Coturnix japonica*) tiene una forma redonda y presenta ciertas variaciones en las hembras, su peso varía entre 8 g y 13 g, siendo 10 g el promedio más habitual, la cáscara puede llegar a tener tonos marrones, beige y azul claro, un fenómeno que se explica por la deposición de pigmentos individuales, concluye Grimaldos (2020). En términos nutricionales, el huevo se compone aproximadamente de un 46% de clara, 42% de yema, 10% de cáscara y 1% de membranas; aunque su cáscara es delgada (≈ 0.20 mm), es bastante resistente gracias a sus fuertes membranas internas y a una buena cantidad de calcio, agrega Grimaldos (2020).



Figura 3. Huevos de codorniz.

1.9.1 Capas de la cáscara de huevo de codorniz

Gautron et al. (2021) manifiestan que la cáscara del huevo de *Coturnix japonica* está dispuesta por varias capas bien definidas, cada una con su propia función estructural:

- Las dos primeras son las membranas de la cáscara, interna y externa, que están compuestas de fibras proteicas, se encargan de proporcionar soporte para la calcificación, sobre estas membranas se forman los cuerpos mamilares, que inician la formación del carbonato de calcio y crean la capa mamilar.
- Luego, se lleva a cabo la etapa principal de calcificación, donde se forma la capa de empalizada, compuesta por columnas de cristales de calcita que le dan rigidez estructural; este proceso se completa entre 8 y 14 horas después de la ovoposición.
- Finalmente, se añade la cutícula, una fina capa proteica externa que sella los poros, acompañada de la pigmentación que proporciona protección antimicrobiana, todo esto justo antes de que el huevo sea puesto.

1.10 Características químicas del huevo de codorniz

La clara de huevo posee alrededor de un 9,4% de proteína, 0,41% de lípidos y 1,13% de cenizas, por otro lado, la yema aporta aproximadamente un 15,1% de proteína y un 31,4% de lípidos, aparte de tener un alto contenido de humedad (50%) y muy pocos carbohidratos (alrededor del 1%), el huevo entero es una fuente rica en minerales esenciales como calcio (aproximadamente 1500 mg por cada 100 g), zinc (43,7 mg), hierro (78,9 mg), fósforo (120,6 mg) y magnesio (105,5 mg), señalan Umera *et al.* (2018).

Por otro lado, la cáscara es rica en calcio (3000 mg cada 100 g) y también hierro (175 mg), a su vez, y la cantidad de ácidos grasos insaturados, en particular los ácidos grasos oleico y el linoleico de los huevos moteados, es considerablemente elevada, lo que aumenta su valor nutricional, agregan Umera *et al.* (2018).

1.11 Valor nutricional y funcional del huevo de codorniz

1.11.1 Proteínas de alto valor biológico

El huevo de codorniz constituye una excelente fuente de proteínas de alto valor biológico, aporta aminoácidos esenciales que son requeridos para la síntesis y reparación de tejidos en el organismo humano; las proteínas presentes en el huevo de codorniz poseen una

elevada digestibilidad y además de su función nutricional contienen compuestos bioactivos con potencial antioxidante e inmunomodulador, señalan Ghassan *et al.* (2025).

1.11.2 Perfil de aminoácidos esenciales

El huevo de codorniz contiene los nueve aminoácidos esenciales que el organismo humano no puede sintetizar, estos son: lisina, leucina, isoleucina, valina, metionina, fenilalanina, treonina, triptófano e histidina, este perfil de aminoácidos favorece la síntesis proteica, el desarrollo muscular, la respuesta inmunológica y los diversos procesos metabólicos, convirtiendo al huevo de codorniz en un alimento funcional de elevada calidad nutricional, manifiestan Ghassan *et al.* (2025).

1.11.3 Vitaminas liposolubles

Entre las principales vitaminas liposolubles presentes en el huevo, se destacan las vitaminas A, D, E y K, las cuales participan en funciones relacionadas con la visión, la respuesta inmunitaria, la salud ósea y la protección antioxidante, estas vitaminas, junto con otros compuestos bioactivos, contribuyen al potencial nutracéutico de este alimento y favorecen la prevención del daño oxidativo celular, indican Ghassan *et al.* (2025).

1.11.4 Minerales

Dentro del huevo de codorniz se destacan minerales esenciales como hierro, fósforo, zinc, selenio, calcio y potasio, los cuales participan en procesos fisiológicos relacionados con la formación de glóbulos rojos, el fortalecimiento del sistema inmunológico, la mineralización ósea y la protección antioxidante; estos minerales convierten al huevo de codorniz en un alimento con importante potencial nutracéutico, ya que contribuyen al adecuado funcionamiento metabólico y a la prevención de deficiencias nutricionales, concluyen Ghassan *et al.* (2025).

1.11.5 Compuestos antioxidantes

Entre ellos se destacan, vitamina E, selenio, carotenoides y proteínas bioactivas, que ayudan a neutralizar los radicales libres y reducir el estrés oxidativo celular, estos compuestos confieren al huevo de codorniz propiedades funcionales que podrían contribuir

a la prevención de enfermedades crónicas asociadas con el daño oxidativo, además de incrementar su valor como alimento nutracéutico, reportan Ghassan *et al.* (2025).

1.11.6 Beneficios para la salud humana

El huevo de codorniz despierta el interés debido a los posibles beneficios para la salud humana, gracias a su elevada densidad nutricional, en una revisión sistemática se concluyó que los suplementos elaborados a base de huevo de codorniz pueden favorecer los síntomas de la rinitis alérgica, mejorando el flujo de aire nasal y disminuyendo la necesidad de algunos medicamentos, estos resultados demuestran que el huevo de codorniz contiene un potencial funcional, afirman Antonelli *et al.* (2025).

1.12 Factores que perjudican la calidad del huevo de codorniz

La calidad del huevo puede verse afectada por varios factores como ambientales, fisiológicos y de manejo, cuando la temperatura ambiental sobrepasa los 31 °C durante la postura, la producción tiende a disminuir y se ve afectada tanto la calidad interna como la calidad externa del huevo de codorniz, reportan Cruvinel *et al.* (2021).

Un almacenamiento incorrecto especialmente a temperaturas ambiente o elevadas y por períodos prolongados, puede llegar a deteriorar las características como las unidades Haugh, la altura de la albúmina y el índice de calidad interna, además, la edad avanzada de la ponedora acelera este deterioro, sobre todo en huevos que se almacenan en condiciones subóptimas, agregan Cruvinel *et al.* (2021).

Los factores genéticos como las mutaciones, llegan a afectar el grosor de la cáscara y comprometer la integridad física del huevo, a pesar de aumentar su tamaño, la coloración de la cáscara tiene un impacto en la calidad del huevo para incubación, ciertos patrones favorecen la fertilidad y la eclosión, mientras que otros están relacionados con tasas más altas de mortalidad embrionaria, mencionan Ramírez *et al.* (2025).

1.13 Métodos de medición de factores de calidad interna

1.13.1 Color de yema

Según Martínez (2025), se considera un factor clave para evaluar la calidad nutricional del huevo, se determina mediante un conjunto de colores estandarizado, lo que permite hacer una evaluación precisa y consistente de este aspecto, en la figura 4 se muestra un ejemplo de la yema de huevo de codorniz.



Figura 4. Yema de huevo de codorniz.

1.13.2 Unidades Haugh

Para Martínez (2025), las Unidades Haugh son consideradas una forma de medir la calidad de la proteína en los huevos, y se basan principalmente en la altura de la clara, para hacer esta medición, se utiliza la siguiente fórmula:

$$uH=100\times\log(h-1.7\times w^{0.37}+7.6)$$

Donde:

- uH = Unidades Haugh
- h = Altura de la albúmina (mm)
- w = Peso del huevo (g)

1.13.3 Grosor de cáscara

Se mide con micrómetros en al menos tres áreas (los polos y la parte media) para lograr obtener un promedio que sea representativo, estudios recientes han reportado valores promedio que oscilan entre 0.28 y 0.29 mm a las 23 y 41 semanas de edad de la ponedora, señalan Gök *et al.* (2025).

1.13.4 Índice morfológico

Para Game (2021), el índice morfológico se refiere específicamente a las dimensiones y forma que presenta el huevo de la codorniz.

1.13.5 Índice de clara

Es un parámetro que evalúa la calidad interna del huevo, y se calcula dividiendo la altura de la albúmina entre el promedio de su largo y ancho, multiplicado por 100, valores más altos indican mayor frescura y mejor calidad del huevo, este índice puede predecirse con precisión usando características externas del huevo, alcanzando una alta correlación, afirman Gök *et al.* (2025).

1.14 Calidad externa del huevo de codorniz

1.14.1 Peso del huevo

Este parámetro es considerado uno de los principales indicadores de calidad externa, ya que influye directamente en el valor comercial, la incubabilidad y la uniformidad del lote, el peso del huevo de una codorniz puede variar entre 9 y 13 g en sistemas productivos convencionales, dependiendo de la genética, nutrición y edad del ave (Gutiérrez *et al.*, 2021). Por otro lado, el peso del huevo no es un valor estático, sino dinámico, ya que tiende a incrementarse con la edad de la codorniz, aunque con posibles efectos negativos en la calidad interna si el ave supera edades avanzadas, concluyen Inca *et al.* (2022).

1.14.2 Índice de forma

Se relaciona con el ancho y el largo del huevo, expresado como porcentaje, y se utiliza para evaluar su uniformidad y calidad externa, el índice de forma en huevos de codorniz generalmente oscila entre 74% y 85%, considerándose valores cercanos a 78–82% como ideales para una buena calidad estructural; este indicador es de suma importancia porque influye en la resistencia del huevo durante el manejo, transporte e incubación, señalan Gutiérrez *et al.* (2021).

1.14.3 Espesor de cáscara

Constituye uno de los principales indicadores de la calidad externa del huevo de codorniz, debido a que determina su resistencia mecánica frente a los golpes, pérdidas de

humedad y contaminación por microorganismos, una cáscara con un grosor adecuado reduce el riesgo de roturas durante la recolección, almacenamiento y transporte, ayudando a mantener la viabilidad del embrión, mencionan Cheng *et al.* (2022).

1.14.4 Relación con edad de la ponedora

La edad de la ponedora influye directamente en la calidad externa del huevo de codorniz, ya que a medida que avanza el ciclo de postura el peso del huevo suele incrementarse y la calidad de la cáscara tiende a disminuir por los cambios fisiológicos, como consecuencia, los huevos de aves de mayor edad presentan mayor riesgo de fisuras y roturas, afectando su calidad comercial, manifiestan Inca *et al.* (2022).

1.15 Calidad interna del huevo durante almacenamiento

1.15.1 Altura de albúmina

Es considerado de los principales indicadores de la calidad interna y frescura del huevo, debido a que refleja la consistencia del albúmen espeso, conforme aumenta el tiempo de almacenamiento, las proteínas del albúmen sufren modificaciones estructurales y el dióxido de carbono se difunde hacia el exterior a través de los poros de la cáscara, como consecuencia, el albúmen pierde viscosidad, se vuelve más líquido y disminuye su altura, concluyen Obianwuna *et al.* (2022).

1.15.2 Índice de yema

Este indicador se calcula mediante la relación entre la altura y el diámetro de la yema, durante el almacenamiento, este índice tiende a disminuir debido a que la membrana vitelina pierde resistencia y permite el paso de agua desde la albúmina hacia la yema, consecuentemente la yema aumenta de tamaño, se aplanan y pierde su forma esférica, reflejando una menor frescura del huevo, afirman Carvalho *et al.* (2023).

1.15.3 pH de clara y yema

Estos indicadores aumentan gradualmente conforme avanza el almacenamiento, gracias a la pérdida de dióxido de carbono a través de los poros de la cáscara, en la albúmina este incremento ocurre primero y es más pronunciado, provocando una mayor alcalinidad y una disminución de su viscosidad; posteriormente, parte de estos cambios también se reflejan

en la yema por el intercambio de compuestos entre ambas estructuras, reportan Carvalho *et al.* (2023).

1.15.4 Pérdida de humedad

Se considera un fenómeno natural que ocurre durante el almacenamiento, a causa de la evaporación de agua a través de los poros de la cáscara, llega a ocasionar una reducción progresiva del peso del huevo, favoreciendo la concentración de los sólidos presentes en su interior; la velocidad de pérdida de humedad depende principalmente de la temperatura y del tiempo de almacenamiento, señalan Kryeziu *et al.* (2026).

1.15.5 Cámara de aire

Esta cámara se forma inmediatamente después de la postura, cuando el huevo comienza a enfriarse; durante el almacenamiento su tamaño aumenta debido a la pérdida continua de agua y dióxido de carbono a través de la cáscara, por esta razón, el crecimiento de la cámara de aire es considerado uno de los indicadores más utilizados para evaluar la frescura del huevo, sostienen Carvalho *et al.* (2023).

1.16 Cambios fisicoquímicos durante almacenamiento

1.16.1 Evaporación del agua

A lo largo del almacenamiento los huevos de codorniz llegan a perder agua de manera gradual a través de los poros de la cáscara, esta evaporación ocasiona una disminución del peso del huevo, y a su vez, un aumento del tamaño de la cámara de aire; la pérdida de agua depende principalmente de la temperatura, la humedad relativa y el tiempo de almacenamiento, cuando cada uno de estos factores no son controlados, el deterioro de la calidad interna ocurre con mayor rapidez, mencionan González *et al.* (2023).

1.16.2 Pérdida de CO₂

Después de la postura, el dióxido de carbono (CO₂) contenido en el albúmen comienza a difundirse hacia el exterior a través de los poros de la cáscara, esta pérdida altera el equilibrio químico del sistema bicarbonato, favoreciendo cambios en la composición interna del huevo; la salida continua de CO₂ constituye uno de los primeros cambios

físicoquímicos durante el almacenamiento y desencadena modificaciones posteriores como el incremento del pH y el deterioro de la albúmina, afirman Obianwuna *et al.* (2022).

1.16.3 Incremento del pH

La pérdida progresiva de CO₂ provoca que el pH del albumen aumente durante el almacenamiento, pasando de valores cercanos a la neutralidad hasta niveles altamente alcalinos; en los huevos de codorniz, este incremento modifica la estructura de las proteínas del albumen, disminuye su viscosidad y acelera el deterioro de la calidad interna, a su vez las temperaturas elevadas favorecen un incremento más rápido del pH en comparación con el almacenamiento refrigerado, concluyen Obianwuna *et al.* (2022).

1.16.4 Licuefacción de albúmina

Una albúmina espesa pierde gradualmente su consistencia gelatinosa durante el almacenamiento a causa de la degradación del complejo ovomucina-lisozima, y a su vez con las modificaciones ocasionadas por el aumento del pH, consecuentemente la clara se vuelve más líquida y disminuye su capacidad para sostener la yema en posición central, reportan Obianwuna *et al.* (2022).

1.16.5 Debilitamiento de membranas vitelinas

Con el pasar del tiempo la membrana vitelina pierde su resistencia y elasticidad debido a los cambios de pH y al movimiento de agua desde el albumen hacia la yema, en los huevos de codorniz, este debilitamiento hace que la yema sea más susceptible a deformarse o romperse durante la manipulación, según Damaziak *et al.* (2026).

1.16.6 Migración de agua hacia la yema

Durante la conservación existe un gradiente osmótico que favorece el paso de agua desde el albumen hacia la yema, como resultado, la yema incrementa su volumen mientras que la albúmina pierde consistencia, en los huevos de codorniz, este fenómeno reduce el índice de yema y favorece el debilitamiento de la membrana vitelina, afectando la calidad interna y la estabilidad física del huevo, indican Kryeziu *et al.* (2026).

1.17 Influencia de la temperatura sobre la calidad del huevo

1.17.1 Temperatura ambiente

Según Octaviano *et al.* (2026), esta condición acelera el deterioro de la calidad interna del huevo, conforme aumenta el tiempo de almacenamiento, disminuyen progresivamente el índice de yema, el índice de albúmina y las Unidades Haugh, debido principalmente a la pérdida de agua y dióxido de carbono a través de la cáscara.

1.17.2 Refrigeración

Carvalho *et al.* (2023) evaluaron la calidad de huevos de codorniz japonesa almacenados a 10,9 °C (refrigeración) durante 30 días, los resultados mostraron que la refrigeración redujo significativamente el deterioro de la calidad interna del huevo, preservando la altura del albúmen, el índice de yema y las Unidades Haugh por más tiempo.

1.17.3 Conservación a largo plazo

Esto permite conservar durante más tiempo la calidad interna del huevo, reduciendo la pérdida de peso y manteniendo valores superiores de índice de albúmina, índice de yema, color de yema y Unidades Haugh, como resultado, el almacenamiento a temperatura ambiente acelera el deterioro de todos estos parámetros, afirman Kryeziu *et al.* (2026).

1.17.4 Efecto sobre Unidades Haugh

Octaviano *et al.* (2026) estudiaron la relación entre el tiempo de almacenamiento y las Unidades Haugh en huevos de codorniz mantenidos a temperatura ambiente, los autores reportaron que este parámetro disminuyó de 90,28 a 59,56 durante 60 días de almacenamiento, reflejando una pérdida progresiva de la calidad del albúmen; esta reducción se atribuye a la evaporación del agua y del dióxido de carbono a través de la cáscara, lo que provoca un albúmen más líquido y una menor altura del mismo.

1.17.5 Efecto sobre color de yema

Kryeziu *et al.* (2026) evaluaron el efecto de la temperatura y del tiempo de almacenamiento sobre la calidad interna de huevos de codorniz, los resultados evidenciaron que el color de la yema permaneció relativamente estable bajo refrigeración, mientras que el almacenamiento a temperatura ambiente produjo modificaciones graduales conforme

aumentaron los días de conservación; los autores concluyen que la refrigeración reduce las alteraciones fisicoquímicas responsables de los cambios en la pigmentación de la yema.

1.17.6 Efecto sobre índice de yema

El índice de yema disminuye progresivamente a medida que aumenta el tiempo de almacenamiento de los huevos de codorniz, siendo esta reducción mucho más marcada cuando se conservan a temperatura ambiente, la refrigeración retrasa el deterioro estructural de la yema y prolonga la calidad interna del huevo, concluyen Carvalho *et al.* (2023).

1.18 Estrés oxidativo y estabilidad de la yema

1.18.1 Radicales libres

Son considerados moléculas altamente reactivas capaces de iniciar procesos de oxidación en los lípidos presentes en la yema, en el transcurso del almacenamiento, especialmente cuando existen temperaturas elevadas y presencia de oxígeno, estas especies reactivas atacan los ácidos grasos insaturados, ocasionando cambios en el sabor, aroma, color y estabilidad nutricional de la yema, señalan Zhou *et al.* (2024).

1.18.2 Oxidación lipídica

Representa uno de los mecanismos más importantes que tiene que ver con el deterioro de la calidad de la yema de huevo de codorniz, a causa de la degradación de los lípidos, los cuales generan compuestos volátiles responsables de los cambios negativos en las propiedades sensoriales y nutricionales del producto, indican Ma *et al.* (2026).

1.18.3 Deterioro de pigmentos

Los pigmentos carotenoides que se encuentran presentes en la yema del huevo de codorniz son sensibles a la oxidación causada por el almacenamiento y el procesamiento térmico, la degradación de estos pigmentos disminuye la intensidad del color amarillo-anaranjado característico de la yema y reduce parte de su capacidad antioxidante, mencionan Zhou *et al.* (2024).

1.18.4 Antioxidantes naturales

Entre los antioxidantes presentes en los huevos de codorniz están: carotenoides, vitaminas liposolubles, fosfolípidos y proteínas funcionales, cada uno de estos ayudan a disminuir el estrés oxidativo, retrasan la oxidación de los lípidos y contribuyen a conservar la calidad nutricional y sensorial de la yema, señalan Ghassan *et al.* (2025).

1.19 Pigmentación natural de la yema

1.19.1 Carotenoides

Son los principales pigmentos responsables de la coloración amarilla, anaranjada y rojiza de la yema del huevo, estas moléculas liposolubles son absorbidas en el intestino de las aves y transportadas mediante lipoproteínas hasta el ovario, donde se depositan en la yema durante su formación, además de mejorar el color, poseen elevada actividad antioxidante y aumentan el valor nutricional del huevo, según Dansou *et al.* (2023).

1.19.2 Xantofilas

Constituyen un grupo de carotenoides oxigenados que incluyen pigmentos como luteína, zeaxantina y capsantina, en aves de postura, estas moléculas son las principales responsables de la intensidad del color de la yema debido a su eficiente absorción y depósito en los lípidos del huevo, sostienen Kennedy *et al.* (2021).

1.19.3 Capsantina

Es un carotenoide perteneciente al grupo de las xantofilas y representa el principal pigmento rojo presente en los frutos maduros del pimiento (*Capsicum annuum*), se caracteriza por su elevada capacidad antioxidante y por conferir tonalidades rojo intenso cuando es incorporada en la alimentación animal, señalan Kennedy *et al.* (2021).

1.19.4 Capsorrubina

Se atribuye a una xantofila roja característica del pimiento rojo (*Capsicum annuum*) y, junto con la capsantina, constituye uno de los principales carotenoides responsables de su intensa coloración, presenta una elevada capacidad antioxidante, ayudando a neutralizar especies reactivas de oxígeno y a proteger los lípidos frente a la oxidación, según Maeda *et al.* (2021).

1.19.5 Betalaínas

Considerados pigmentos hidrosolubles que están presentes principalmente en la remolacha (*Beta vulgaris*), cada uno de ellos contiene una elevada capacidad antioxidante y han despertado interés como colorantes naturales para alimentos y productos funcionales, afirman Kumorkiewicz *et al.* (2021).

1.19.6 Biodisponibilidad de pigmentos

Corresponde a la proporción que logra liberarse del alimento, ser absorbida en el intestino y posteriormente ser transportada hacia los tejidos, incluida la yema del huevo, este proceso depende de la naturaleza química del pigmento, la matriz alimenticia y de la presencia de grasas, concluyen Dansou *et al.* (2023).

1.20 Pigmentantes

1.20.1 Definición y uso

Los pigmentantes naturales son aditivos que se utilizan en la alimentación para realzar principalmente el color de la yema del huevo, sin necesidad de recurrir a colorantes sintéticos, cada uno de estos pigmentantes incluyen carotenos y xantofilas que se incorporan a la yema a través de la dieta de las aves, esto no solo mejora la coloración y la estabilidad antioxidante del huevo, sino que también ayuda a prolongar su vida útil, sin afectar la producción ni la alimentación diaria de las aves, comenta AVI (2024).

1.20.2 Harina de remolacha (*Beta vulgaris*)

Para Tuğçe *et al.* (2024), la harina de remolacha (*Beta vulgaris*), que es considerada rica en betalaínas, ha sido estudiada como un pigmento natural en las dietas de codornices ponedoras; en un estudio se observó que añadir betabel en cantidades de 0.2 a 0.8% no afectó la producción de huevos, pero sí mejoró la firmeza de la yema y legó a mostrar un efecto antioxidante, ya que redujo la capacidad de secuestro de radicales libres en la yema y concentraciones de 0.6% o más.

1.20.3 Harina de pimienta (*Capsicum annuum*)

La harina que proviene del pimienta, especialmente los residuos secos o el polvo de pimienta picante, ha demostrado tener un impacto positivo en la calidad de los huevos de

codorniz, un estudio reveló que al añadir entre 1 y 4 g/kg de harina de pimienta a la dieta de las aves incrementó el peso de los huevos, mejoró el índice de forma y el pH de la clara, y aumentó notablemente los valores a (rojizo) y b (amarillo) de la yema, realizando su color sin afectar la salud de las aves, mencionan Gül *et al.* (2023).

1.21 Abanico colorimétrico DSM

1.21.1 Historia

En la década de 1960 la compañía Hoffmann-La Roche desarrolló un estándar visual, conocido entonces como el Abanico Roche, para unificar los criterios de evaluación de la yema de huevo en la industria avícola; posteriormente cuando DSM adquirió la división y evolucionó corporativamente, la herramienta se digitalizó y optimizó bajo el nombre de DSM YolkFan™; la creación de esta herramienta respondió a la necesidad científica y comercial de medir con exactitud los niveles de transferencia de carotenoides desde el alimento balanceado hasta el producto final, comenta Cisneros (2021).

1.21.2 Escala de color

La escala tradicional del abanico estaba conformada por 15 niveles de pigmentación, pero en sus actualizaciones oficiales se expandió a una regla de 16 tonalidades consecutivas; el espectro numérico comienza en el valor 1, que representa un color amarillo pálido o blanquecino debido a dietas bajas en pigmentos, a medida que avanza de manera lineal, la escala transiciona por tonos amarillos intensos y anaranjados, hasta culminar en el valor 16, el cual indica una coloración naranja rojiza muy oscura y saturada, según Cisneros (2021).



Figura 5. Escala de roche para la determinación del color del vitelo de huevo.

1.21.3 Interpretación

Los puntajes obtenidos a través del abanico muestran de forma visual el tipo y la cantidad de carotenoides que el ave ha incorporado metabólicamente en la yema, los puntajes bajos (inferiores a 7) reflejan dietas de baja asimilación de nutrientes, los rangos intermedios

(9 a 12) son el estándar predilecto por los consumidores, mientras que valores altos (13 a 16) demuestran una alta adición de pigmentos y se asocian comercialmente con una percepción de óptima salud y bienestar en el ave, señalan Chhay *et al.* (2026).

1.21.4 Aplicaciones e investigación

En una investigación científica, el abanico es un método de control visual indexado de forma rutinaria para validar estudios de nutrición avícola y biodisponibilidad lipídica, permitiendo comparar la eficacia biológica entre pigmentos sintéticos y alternativas sostenibles naturales, y se emplea en laboratorios de control de calidad alimentaria para medir el impacto de las condiciones de almacenamiento y temperatura sobre la estabilidad oxidativa del huevo, reportan Rodríguez *et al.* (2024).

1.22 Conservación y vida útil del huevo de codorniz

1.22.1 Vida útil comercial

Northcutt *et al.* (2022) evaluaron la calidad de huevos comerciales de codorniz almacenados durante 120 días a 4 °C, los resultados demostraron que, aunque la altura del albúmen y las Unidades Haugh disminuyen gradualmente con el tiempo, los huevos mantienen valores superiores a los exigidos, lo que demuestra que la refrigeración prolonga significativamente la vida útil comercial del huevo sin comprometer su inocuidad ni su calidad interna.

1.22.2 Factores de deterioro

Araújo *et al.* (2023) indican que los principales factores responsables del deterioro del huevo de codorniz son la pérdida de agua y dióxido de carbono, el incremento del pH del albúmen, la proliferación microbiana y las altas temperaturas de almacenamiento, cada uno de estos factores reducen progresivamente las Unidades Haugh y el índice de yema, disminuyendo la calidad del huevo.

1.22.3 Conservación a temperatura ambiente

Durante la conservación a temperatura ambiente, los huevos de codorniz experimentan una rápida disminución de la calidad interna a causa del aumento del pH, la pérdida de humedad y el crecimiento microbiano, los huevos sin protección pueden llegar a

presentar un deterioro significativamente mayor que aquellos que se encuentren recubiertos, lo que evidencia la importancia de estrategias de conservación cuando no existe refrigeración, afirman Araújo *et al.* (2023).

1.22.4 Conservación refrigerada

Northcutt et al. (2022) demostraron que almacenar huevos de codorniz conserva eficazmente la calidad física y microbiológica durante un periodo de hasta 120 días, aunque algunas características internas disminuyen gradualmente con el tiempo, la refrigeración puede llegar a reducir el crecimiento microbiano y mantener las Unidades Haugh dentro de rangos comerciales aceptables.

1.22.5 Pérdidas económicas

Estrada et al. (2023) concluyen que el deterioro de los huevos durante la conservación llega a ocasionar pérdidas económicas a causa de la disminución de la calidad; al aplicar métodos adecuados de conservación reduce el desperdicio, mantiene un valor comercial del producto y mejora la rentabilidad de los productores y comercializadores.

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Caracterización del área

El estudio se llevó a cabo en la comuna Palmar, perteneciente a la parroquia Colonche, provincia de Santa Elena. Esta localidad se encuentra en la región litoral del país, y presenta un ecosistema costero. Sus límites son los siguientes: Norte: Comuna Ayangué; Sur: Comuna Jambelí; Este: Comuna Manantial de Colonche; Oeste: Océano Pacífico, y tiene las siguientes coordenadas en el mapa: 2.028524° S; 80.735871° O.

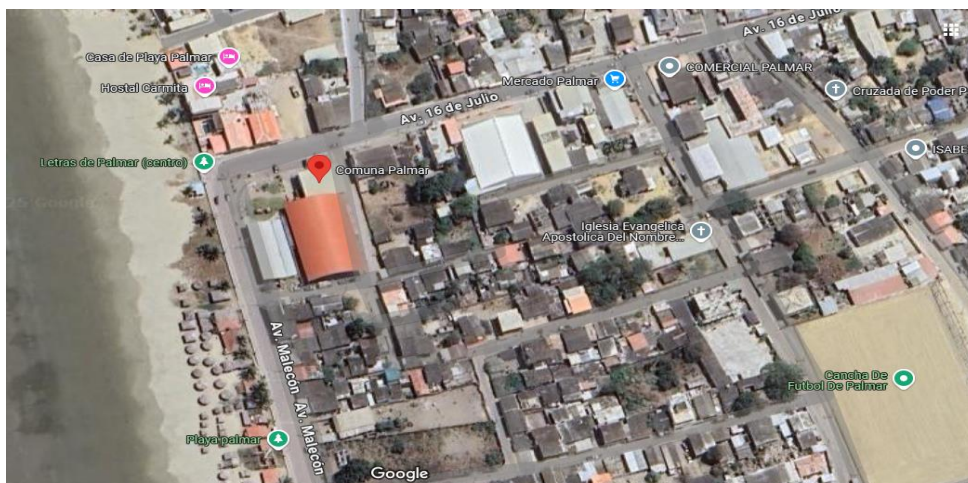


Figura 6. Ubicación geográfica del experimento.

Palmar resalta por poseer una playa de aproximadamente **2,5 km** de extensión, compuesta por arena fina de color gris y sectores de acantilados bajos con vegetación de bosques secos al norte y áreas rocosas al sur, el clima es cálido-húmedo, con temperaturas promedio que varían entre **18 °C** y **38 °C**, además de una humedad relativa cercana al **90%**, estas condiciones ambientales resultan importantes, pues influyen en el desempeño productivo de las aves (Cucalón, 2015).

2.2 Materiales, equipos e insumos

2.2.1 *Material biológico*

150 huevos de codorniz

2.2.2 *Material de campo*

- Cuaderno

- Esferográficos
- Cámara fotográfica
- Porta huevos de plástico

2.2.3 *Material de oficina*

- Laptop
- Impresora

2.2.4 *Equipos de laboratorio*

- Balanza
- Micrómetro o pie de rey
- Abanico colorimétrico

2.3 Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo descriptiva, debido a que permitió identificar y justificar los cambios que ocurrieron tanto en la calidad externa como interna de los huevos de codorniz, en base a los tratamientos y durante los diferentes días de almacenamiento, así como la relación existente entre las variables evaluadas.

2.4 Diseño de investigación

Para la presente investigación se empleó un diseño completamente al azar (DCA), compuesto de 3 tratamientos y 10 repeticiones, donde la U.E (unidad experimental) estuvo constituida por 1 huevo de codorniz por cada repetición, que a su vez correspondieron a los días de almacenamiento (1, 7, 14, 21, 28 días) a temperatura ambiental de la zona.

Se consideraron para la investigación dos factores de estudio, el primero correspondió a los tratamientos: T0 (Testigo: alimento balanceado para codornices), T1 (harina de *Beta vulgaris*) y T2 (harina de *Capsicum annuum*); y el segundo factor correspondió a los días de almacenamiento de los huevos de codorniz a temperatura ambiental de la zona: 1, 7, 14, 21, y 28, respectivamente. Ambos factores se evaluaron por separado en cuestión al análisis estadístico.

2.4.1 Diseño experimental

Tabla 1. Distribución de las unidades experimentales según el tratamiento y periodo de almacenamiento.

Tratamiento	Días de almacenamiento	Repeticiones	Unidad experimental	Total de huevos
Testigo	1	10	1 huevo	10
Testigo	7	10	1 huevo	10
Testigo	14	10	1 huevo	10
Testigo	21	10	1 huevo	10
Testigo	28	10	1 huevo	10
Remolacha	1	10	1 huevo	10
Remolacha	7	10	1 huevo	10
Remolacha	14	10	1 huevo	10
Remolacha	21	10	1 huevo	10
Remolacha	28	10	1 huevo	10
Pimiento	1	10	1 huevo	10
Pimiento	7	10	1 huevo	10
Pimiento	14	10	1 huevo	10
Pimiento	21	10	1 huevo	10
Pimiento	28	10	1 huevo	10

2.5 Manejo del experimento

El experimento se llevó a cabo en la comuna Palmar, parroquia Colonche, provincia de Santa Elena. La investigación tuvo una duración total de veintiocho días, donde se recolectaron 150 huevos de codorniz del centro de apoyo Río Verde, esta producción estuvo destinada al consumo y comercialización en el sector.

Los huevos recolectados fueron almacenados a temperatura ambiental de la zona, la cual osciló entre 26 y 28 °C, dentro de los porta huevos de plástico y se evaluaron durante cinco momentos específicos: 1, 7, 14, 21 y 28 días después de la recolección.

Se evaluó la calidad externa e interna de los huevos, para ello, se utilizaron instrumentos como balanza digital, micrómetro o pie de rey y el abanico colorimétrico para poder observar las variables específicas.

Este manejo experimental permitió identificar los cambios físicos y de frescura que experimentaron cada uno de los huevos de codorniz a lo largo del tiempo bajo las condiciones de conservación natural de la zona de estudio.

2.6 Variables a evaluar

2.6.1 Calidad externa de huevo de codorniz

Peso del huevo (g): Se tomó el peso, expresado en gramos, de cincuenta huevos de codorniz por cada tratamiento, utilizando una balanza digital cada siete días.

Ancho del huevo (mm): Se registró la anchura del huevo con ayuda del calibrador digital para saber el diámetro máximo de cada uno de los huevos.

Alto del huevo (mm): Se tomó mediante el uso del calibrador para saber la altura que tenía cada huevo.

Peso de cáscara (g): Se vació todo el contenido de cada huevo y seguido se procedió a pesar en una balanza pequeña para saber su peso exacto.

Grosor de la cáscara (mm): Se usó la herramienta pie de rey para medir el espesor de la cáscara en milímetros, tomándolo en la zona ecuatorial del huevo.

Índice de forma: Se tomó la anchura del huevo desde la zona céntrica y la longitud de extremo a extremo con la ayuda del calibrador digital. Estos dos resultados se multiplicaron por cien y se expresaron en porcentaje, como lo indica la fórmula:

$$\text{Índice de forma} = \text{ancho/largo} \times 100$$

Índice de la cáscara: Se dividió el peso de la cáscara entre el peso del huevo, multiplicado por cien y expresado en porcentaje:

$$\text{Fórmula: } \text{peso de la cáscara} / \text{peso del huevo} \times 100$$

2.6.2 Calidad interna del huevo de codorniz

Altura de yema (mm): Se usó un calibrador digital después de romper cada huevo en una superficie plana y se midió con el escalímetro la altura.

Ancho de yema (mm): Medimos con el escalímetro el ancho de cada yema para saber el diámetro máximo de cada una de las mismas.

Altura de albumina (mm): Se usó el calibrador digital para medir la altura de la parte más gruesa de la clara de huevo.

Ancho de albumina (mm): Se registró el diámetro de la albúmina con la ayuda del escalímetro digital, colocando en una superficie plana para así sacar su anchura.

Color de la yema: Para esta medición, se partió el huevo sobre un plato de plástico, en una zona con buena iluminación, y mediante el abanico de coloración de yema DSM se valoró la coloración, dicho instrumento tuvo un rango de 15 colores, desde el amarillo claro hasta el naranja rojizo.

Índice de yema: Se estableció el índice de la yema en relación con la altura y el diámetro, expresados en milímetros, utilizando la siguiente fórmula:

Fórmula: altura de yema / ancho de la yema

Índice de albumina: Implementamos la fórmula de índice de albúmina para conocer el valor proteico de cada clara de huevo:

Índice de albumina= altura de albúmina/ancho de albúmina *100

Unidades Haugh: Se calcularon midiendo la altura de la albúmina en correlación con el peso. A mayor valor, mejor fue la calidad de frescura, como lo indica la fórmula:

Fórmula= $100 \cdot \log (h - 1.7 W^{0.37} + 7.6)$

Donde:

h= Altura de la albumina

W= peso del huevo

Variable independiente: Tratamientos: T0 (Testigo), T1 (harina de *Beta vulgaris*) y T2 (harina de *Capsicum annuum*); tiempo de almacenamiento (Días): 1, 7, 14, 21, 28.

2.7 Análisis estadístico de los resultados

Todos los datos recolectados fueron organizados y tabulados en Microsoft Excel, y posteriormente procesados estadísticamente mediante el programa INFOSTAT.

Para determinar el efecto de los tratamientos se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de un factor, considerando como factor de análisis los tres tratamientos: T0 (testigo), T1 (harina de *Beta vulgaris*) y T2 (harina de *Capsicum annuum*).

De manera independiente, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de un factor para determinar el efecto del tiempo de almacenamiento, considerando cinco periodos de evaluación: 1, 7, 14, 21 y 28 días, bajo las condiciones de temperatura ambiente de la zona de estudio.

Cuando se detectaron diferencias significativas entre las medias, se aplicó la prueba de Tukey con un nivel de significancia de $p < 0,05$. Los resultados fueron expresados mediante medias, error estándar y valores de p.

Para la variable color de yema se utilizaron los valores obtenidos mediante el abanico colorimétrico y se presentaron los resultados correspondientes a los tratamientos y periodos de almacenamiento.

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Estudio de las características de los huevos de codorniz

En la Tabla 2 se muestran los resultados obtenidos de cada una de las características de los huevos de codorniz, evaluados bajo cada uno de los tratamientos durante el trabajo de investigación.

Tabla 2. Características de los huevos de codorniz evaluados bajo cada uno de los tratamientos.

Variables	T0	T1	T2	$\bar{x}$	E.E.	P-valor
Peso de Huevo (g)	11,46	11,58	11,56	11,53	0,16	0, 8493
Ancho de huevos (mm)	25,40	25,81	25,66	25,62	0,13	0, 0773
Alto de huevos (mm)	32,85	33,23	33,43	33,17	0,19	0, 0934
Peso de cáscara (g)	1,35	1,35	1,37	1,36	0,03	0, 8262
Grosor de cáscara (mm)	0,36	0,34	0,31	0,34	0,02	0, 1452
Altura de yema (mm)	6,97	7,42	7,59	7,33	0,11	0,0006
Ancho de yema (mm)	27,48	28,57	28,92	28,32	0,27	0,0005
Altura de albumina (mm)	3,23	3,75	3,82	3,60	0,07	<0, 0001
Ancho de albumina (mm)	43,54	45,95	46,22	45,24	0,52	0,0005
Color de yema	7,98	8,20	11,04	9,07	0,26	<0, 0001
Índice de forma	77,35	77,77	76,83	77,32	0,41	0, 2787
Índice de yema	0,26	0,27	0,27	0,27	4,93	0, 3912
Índice de albumina	7,70	8,28	8,37	8,12	0,20	0, 0391
Índice de cáscara	11,88	11,60	11,88	11,79	0,27	0, 6959
Unidades Haugh	82,10	85,30	85,71	84,37	0,44	<0, 0001

$\bar{x}$ = medias de los tratamientos

E.E. = error estándar de las medias

P-valor >0.05 = no existen diferencias estadísticas

P-valor <0.05 = existen diferencias significativas

P-valor <0.01= existen diferencias altamente significativas

En la Tabla 3 se muestran los resultados obtenidos de cada una de las características de los huevos de codorniz, evaluados durante los diferentes días de almacenamiento.

Tabla 3. Características de los huevos de codorniz evaluados durante los diferentes días de almacenamiento.

Variables	Día 1	Día 7	Día 14	Día 21	Día 28	$\bar{x}$	E.E.	P-valor
Peso de Huevo (g)	11,87	12,13	11,63	11,27	10,77	11,53	0,21	0,0001
Ancho de huevos (mm)	25,40	25,81	25,78	25,69	25,43	25,62	0,17	0,2713
Alto de huevos (mm)	32,86	33,40	33,42	32,96	33,20	33,17	0,25	0,3703
Peso de cáscara (g)	1,79	1,40	1,24	1,21	1,16	1,36	0,04	<0, 0001
Grosor de cáscara (mm)	0,34	0,37	0,31	0,34	0,32	0,34	0,02	0,5268
Altura de yema (mm)	8,27	7,92	7,62	6,55	6,28	7,33	0,15	<0, 0001
Ancho de yema (mm)	24,67	26,40	28,61	30,09	31,84	28,32	0,34	<0, 0001
Altura de albumina (mm)	4,02	3,82	3,62	3,34	3,20	3,60	0,09	<0, 0001
Ancho de albumina (mm)	40,02	42,65	45,61	47,73	50,17	45,24	0,68	<0, 0001
Color de yema	6,93	8,83	9,67	9,93	10,00	9,07	0,34	<0, 0001
Índice de forma	77,37	77,30	77,23	77,98	76,71	77,32	0,54	0,5849
Índice de yema	0,34	0,30	0,27	0,22	0,20	0,27	0,01	<0, 0001
Índice de albumina	10,16	9,00	7,95	7,03	6,42	8,11	0,26	<0, 0001
Índice de cáscara	15,12	11,53	10,81	10,69	10,79	11,79	0,35	<0, 0001
Unidades Haugh	86,60	85,23	84,44	83,04	82,55	84,37	0,57	<0, 0001

$\bar{x}$ = medias de los tratamientos

E.E. = error estándar de las medias

P-valor >0.05 = no existen diferencias estadísticas

P-valor <0.05 = existen diferencias significativas

P-valor <0.01= existen diferencias altamente significativas

3.1.1 *Peso de huevos*

El peso del huevo no presentó diferencias significativas entre tratamientos ($p=0,8493$), con medias de 11,46 g para T0, 11,58 g para T1 y 11,56 g para T2. En cambio, el factor Día presentó diferencias altamente significativas ($p<0,0001$). La prueba de Tukey mostró que el mayor peso se registró en el día 7, con 12,13 g, mientras que el menor correspondió al día 28, con 10,77 g, los días 21 y 28 no presentaron diferencias significativas entre sí.

Los resultados coinciden con lo reportado por Şengül (2021), este autor sostiene que la inclusión de harina de remolacha en la dieta de codornices no alteró el peso del huevo de codorniz. Del mismo modo Tuğçe *et al.* (2024), afirmaron que la suplementación con pimienta roja tampoco alteró el peso del huevo, pero la reducción que se observó durante el almacenamiento podría ser atribuida a la pérdida progresiva de agua y dióxido de carbono a través de los poros de la cáscara del huevo.

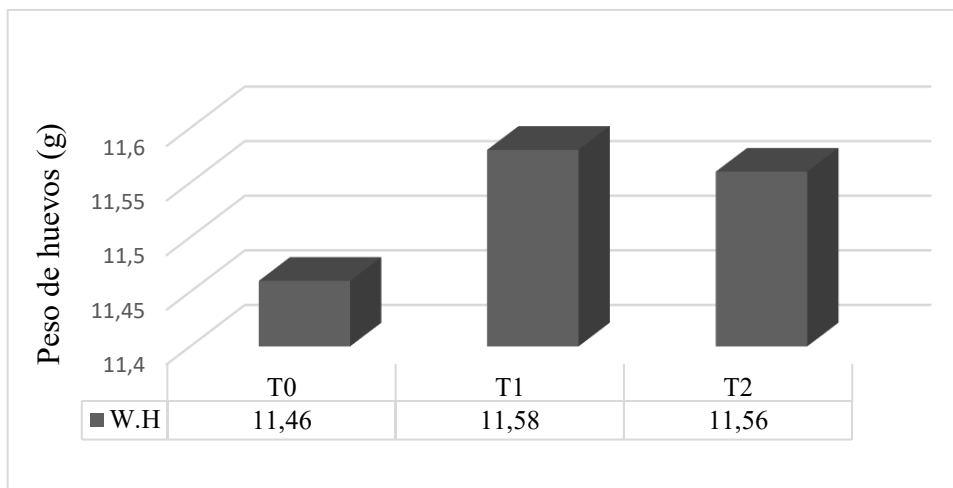


Figura 7. Peso de huevos de codorniz (Tratamientos).

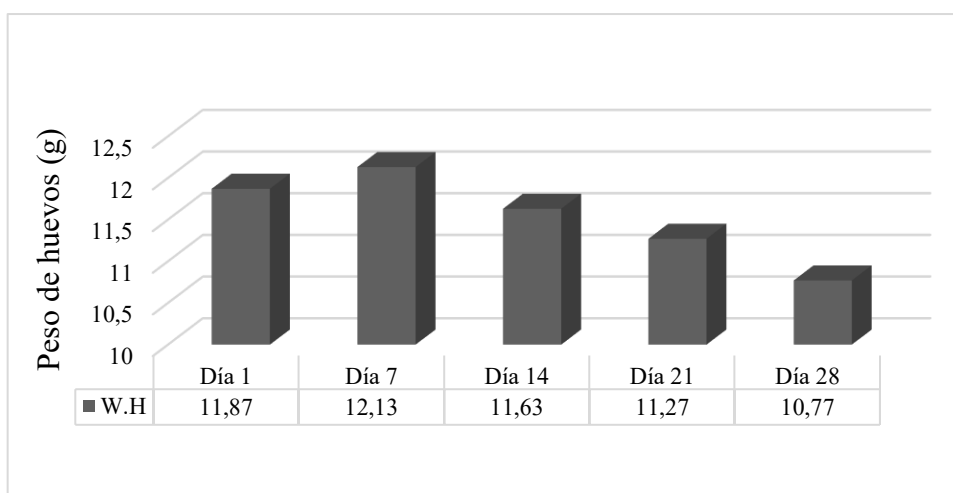


Figura 8. Peso de huevos de codorniz (Días de almacenamiento).

3.1.2 Ancho de huevos (mm)

El ancho del huevo no presentó diferencias significativas entre tratamientos ($p=0,0773$) ni entre los días de almacenamiento ($p=0,2713$). Las medias fueron de 25,40 mm para T0, 25,81 mm para T1 y 25,66 mm para T2. Durante el almacenamiento, los valores oscilaron entre 25,40 y 25,81 mm. Por lo tanto, bajo las condiciones evaluadas, no se detectaron diferencias estadísticamente significativas asociadas al tratamiento ni al tiempo de almacenamiento.

Şengül (2021) manifiesta que no encontró cambios en las dimensiones externas del huevo tras la inclusión de harina de remolacha en la dieta de codornices. Asimismo, Tuğçe *et al.* (2024), reportaron que la suplementación con pimienta roja no alteró el diámetro del

huevo, por lo que se evidencia similitud con nuestros resultaos obtenidos de nuestra investigación.

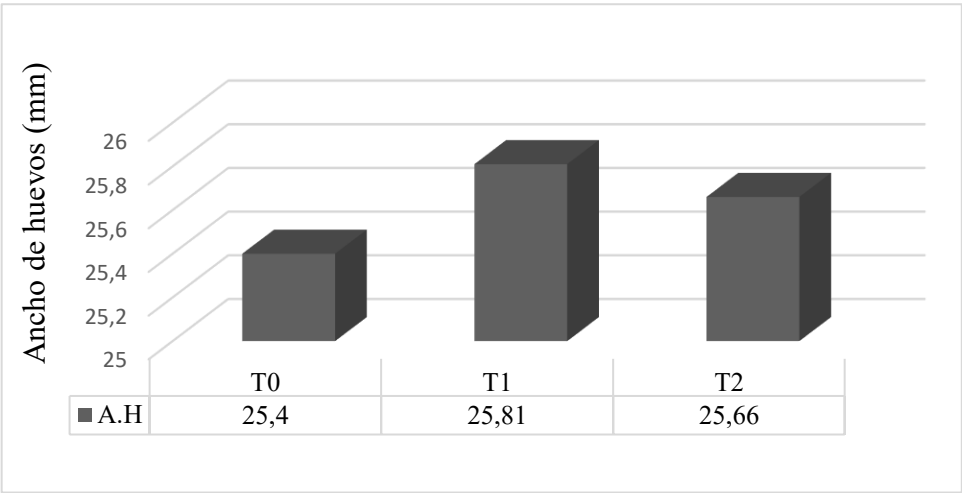


Figura 9. Ancho de huevos de codorniz (Tratamientos).

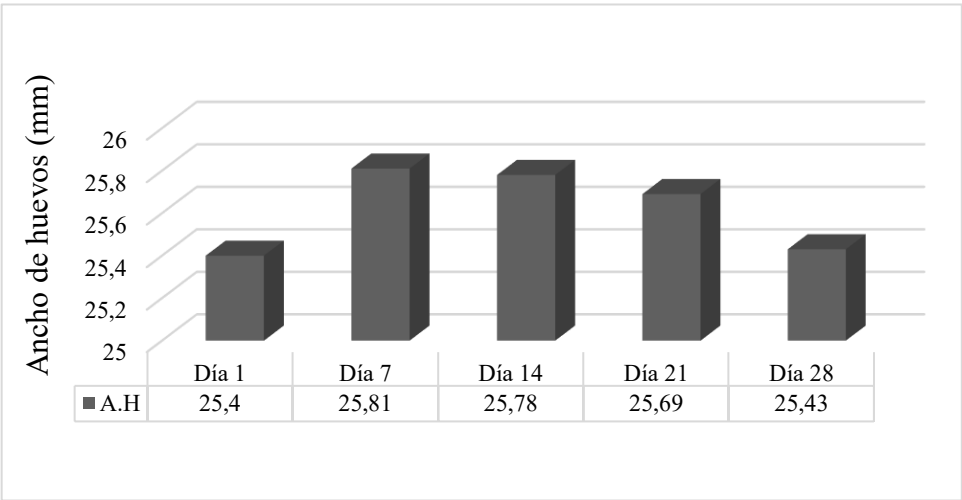


Figura 10. Ancho de huevos de codorniz (Días de almacenamiento).

3.1.3 Alto de huevos (mm)

El alto del huevo no presentó diferencias significativas entre tratamientos ($p=0,0934$) ni entre los días de almacenamiento ($p=0,3703$). Las medias fueron de 32,85 mm para T0, 33,23 mm para T1 y 33,43 mm para T2. Durante el almacenamiento, las medias oscilaron entre 32,86 y 33,42 mm. En consecuencia, no se detectaron diferencias estadísticamente significativas para esta variable en función del tratamiento ni del día de almacenamiento.

Según Şengül (2021), no detectó cambios en la longitud del huevo mediante a consecuencia de la inclusión de remolacha como suplemento, lo cual coincide con los resultados obtenidos por nosotros. De igual forma, Tuğçe *et al.* (2024), sostienen que los

pigmentantes naturales no modifican la longitud del huevo, asegurando que se mantiene estable en periodos moderados de conservación.

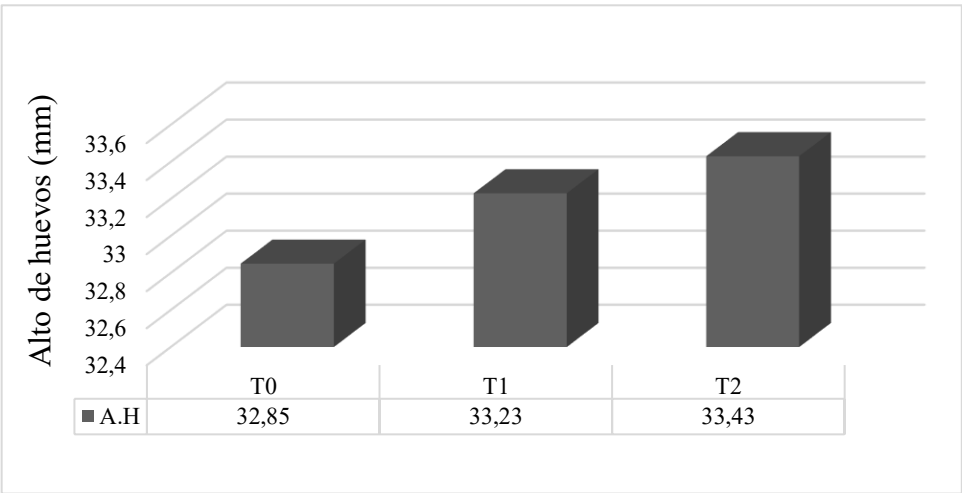


Figura 11. Alto de huevos de codorniz (Tratamientos).

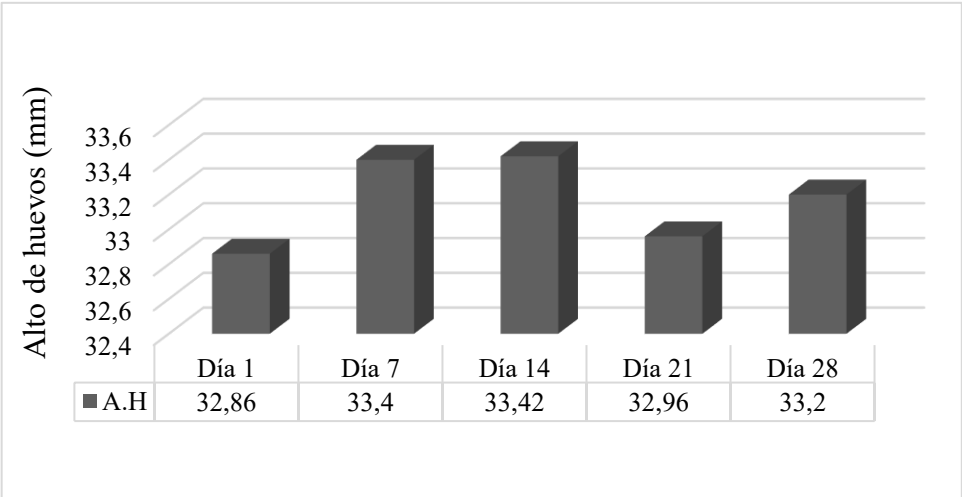


Figura 12. Alto de huevos de codorniz (Días de almacenamiento).

3.1.4 Peso de cáscara (g)

El peso de la cáscara no presentó diferencias significativas entre tratamientos ($p=0,8262$), registrándose medias de 1,35 g para T0, 1,35 g para T1 y 1,37 g para T2. En contraste, el factor Día presentó diferencias altamente significativas ($p<0,0001$). Según la prueba de Tukey, el peso de la cáscara fue mayor en el día 1 (1,79 g) y disminuyó hasta 1,16 g en el día 28.

Şengül (2021) manifiesta que la inclusión de harina de remolacha no afecta las características externas del huevo, caso parecido al de Tuğçe *et al.* (2024), estos autores señalaron que la suplementación con pimienta roja no modifica el peso de la cáscara en las

codornices, lo cual coincide con nuestros resultados obtenidos en los tratamientos de nuestra investigación.

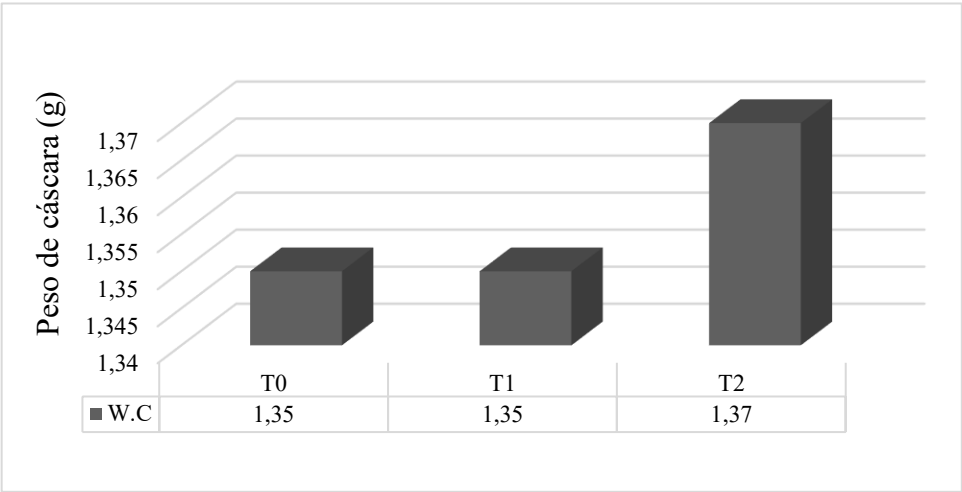


Figura 13. Peso de cáscara de huevos (Tratamientos).

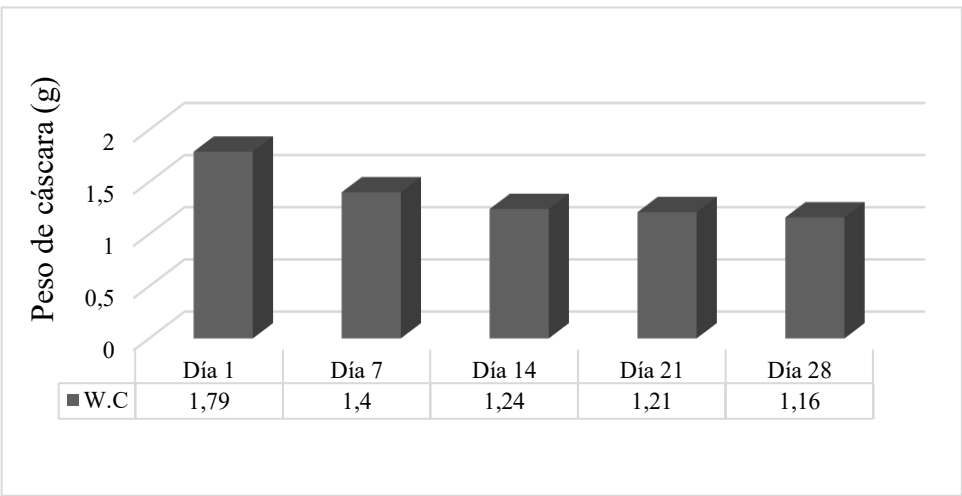


Figura 14. Peso de cáscara de huevos (Días de almacenamiento).

3.1.5 Grosor de cáscara (mm)

El grosor de la cáscara no presentó diferencias significativas entre tratamientos ($p=0,1452$) ni entre los días de almacenamiento ($p=0,5268$). Las medias fueron de 0,36 mm para T0, 0,34 mm para T1 y 0,31 mm para T2, mientras que durante el almacenamiento los valores oscilaron entre 0,31 y 0,37 mm. Por lo tanto, no se detectaron diferencias estadísticamente significativas asociadas a ninguno de los dos factores evaluados.

Şengül (2021) y Tuğçe et al. (2024) argumentan que la suplementación con remolacha y pimiento rojo no altera el proceso metabólico del calcio ni en los procesos de

mineralización de la cáscara, esto indica que los pigmentantes naturales utilizados no perjudican la calidad estructural externa del huevo.

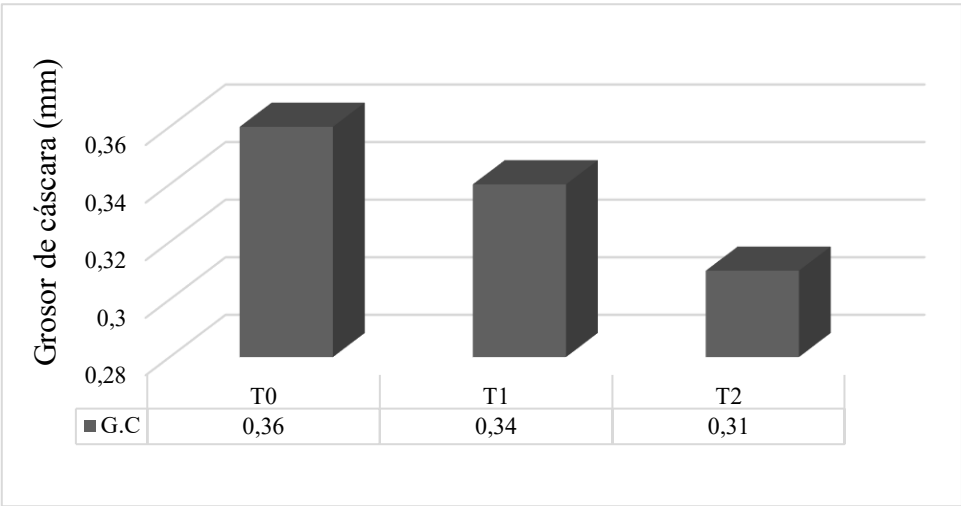


Figura 15. Grosor de cáscara de huevos (Tratamientos).

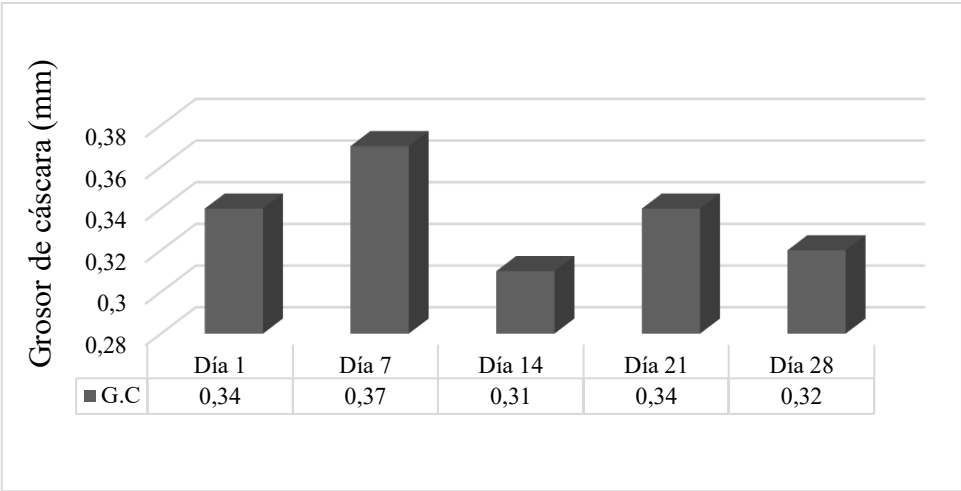


Figura 16. Grosor de cáscara de huevos (Días de almacenamiento).

3.1.6 Altura de yema (mm)

La altura de la yema presentó diferencias altamente significativas entre tratamientos ($p=0,0006$) y entre los días de almacenamiento ($p<0,0001$). Las medias de los tratamientos fueron de 6,97 mm para T0, 7,42 mm para T1 y 7,59 mm para T2. De acuerdo con la prueba de Tukey, T1 y T2 no presentaron diferencias significativas entre sí, pero ambos tratamientos difirieron significativamente de T0. Durante el almacenamiento, la altura de la yema disminuyó de 8,27 mm en el día 1 a 6,28 mm en el día 28.

Resultados similares fueron reportados por Octaviano *et al.* (2026) y Kryeziu *et al.* (2026), quienes indicaron que la pérdida de firmeza de la yema se debe al debilitamiento de la membrana vitelina y a la migración de agua que va desde la albúmina hacia la yema.

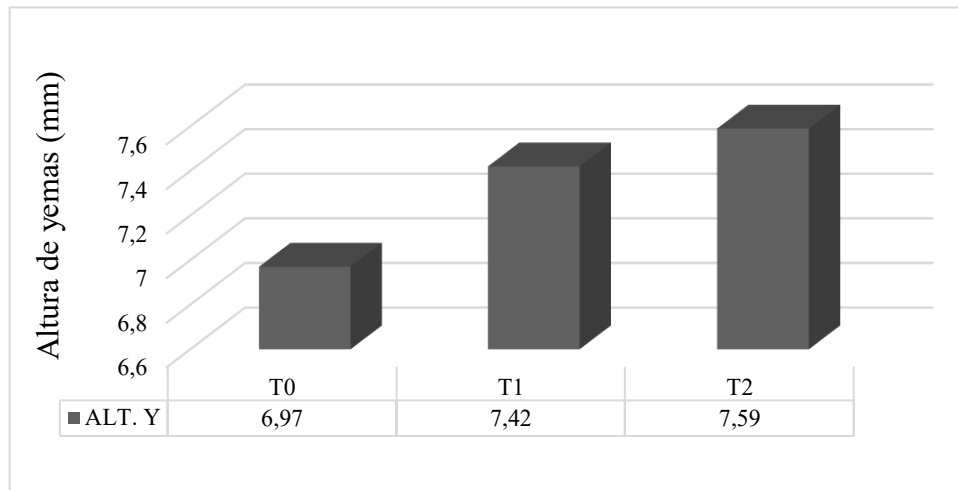


Figura 17. Altura de yema de huevos (Tratamientos).

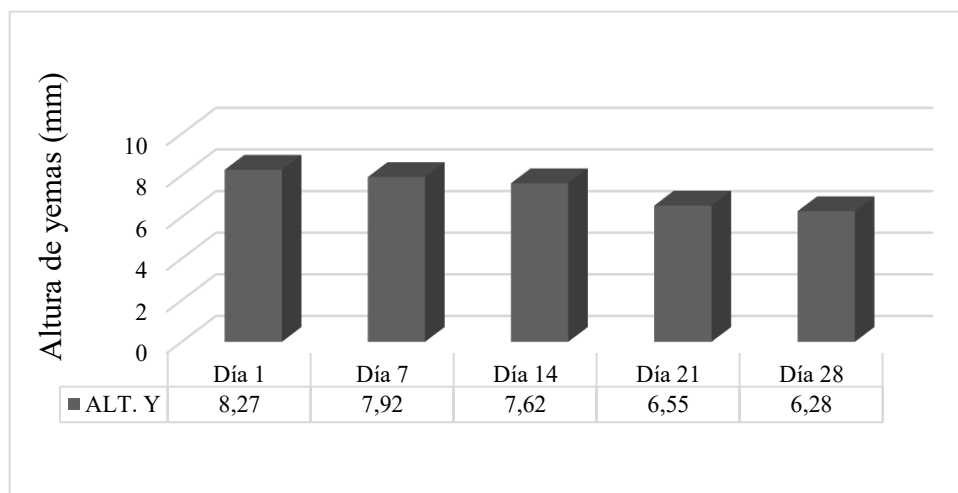


Figura 18. Altura de yema de huevos (Días de almacenamiento).

3.1.7 Ancho de yema (mm)

El ancho de la yema presentó diferencias significativas entre tratamientos ($p=0,0005$) y diferencias altamente significativas entre los días de almacenamiento ($p<0,0001$). Las medias fueron de 27,48 mm para T0, 28,57 mm para T1 y 28,92 mm para T2. Según la prueba de Tukey, T1 y T2 no difirieron significativamente entre sí, mientras que ambos presentaron diferencias significativas respecto a T0. Durante el almacenamiento, el ancho de la yema aumentó progresivamente de 24,67 mm en el día 1 a 31,84 mm en el día 28.

Los resultados coinciden con lo descrito por Octaviano *et al.* (2026) y Kryeziu *et al.* (2026), los cuales concluyeron que el almacenaje prolongado favorece la difusión que existe del agua hacia la yema, dando lugar a su expansión y reduciendo la firmeza de la membrana vitelina; esto justifica el aumento del diámetro de la yema conforme va pasando el tiempo de almacenamiento.

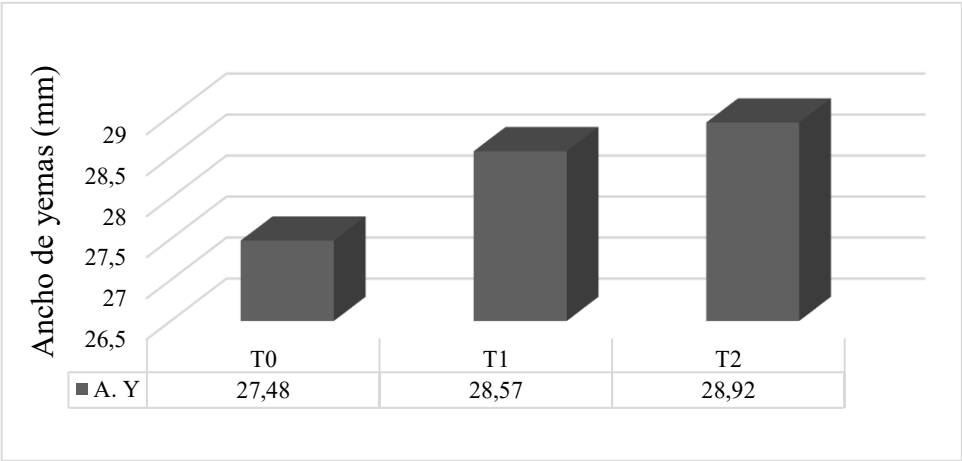


Figura 19. Ancho de yema de huevos (Tratamientos).

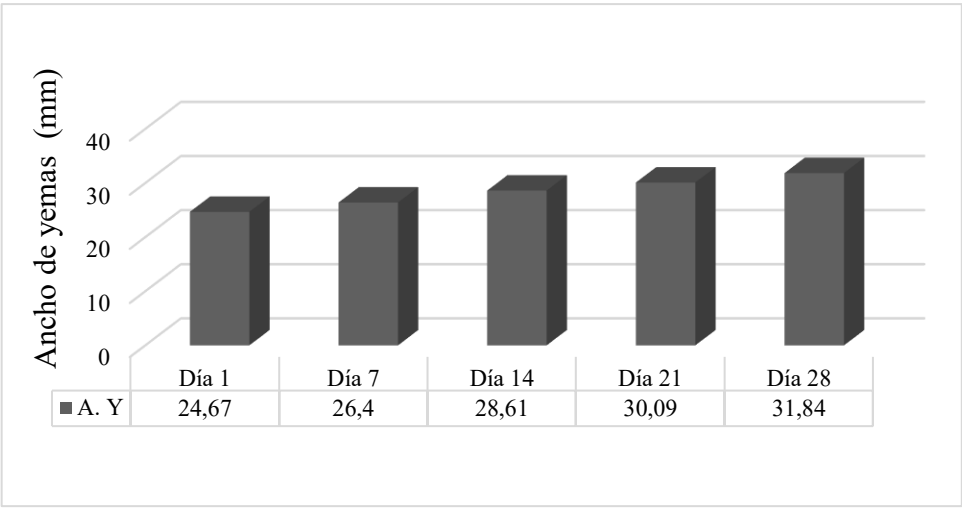


Figura 20. Ancho de yema de huevos (Días de almacenamiento).

3.1.8 Altura de albúmina (mm)

La altura de la albúmina presentó diferencias altamente significativas entre tratamientos ($p < 0,0001$) y entre los días de almacenamiento ($p < 0,0001$). Las medias fueron de 3,23 mm para T0, 3,75 mm para T1 y 3,82 mm para T2. La prueba de Tukey indicó que T1 y T2 no presentaron diferencias significativas entre sí, pero ambos difirieron significativamente de T0. Durante el almacenamiento, la altura de la albúmina disminuyó de 4,02 mm en el día 1 a 3,20 mm en el día 28.

La disminución observada en los resultados durante el almacenaje coincide con lo obtenido por Octaviano *et al.* (2026) y Kryeziu *et al.* (2026), ellos atribuyen este comportamiento a la degradación de la estructura de la ovomucina y a la pérdida de viscosidad de la albúmina conforme aumenta el tiempo de almacenamiento.

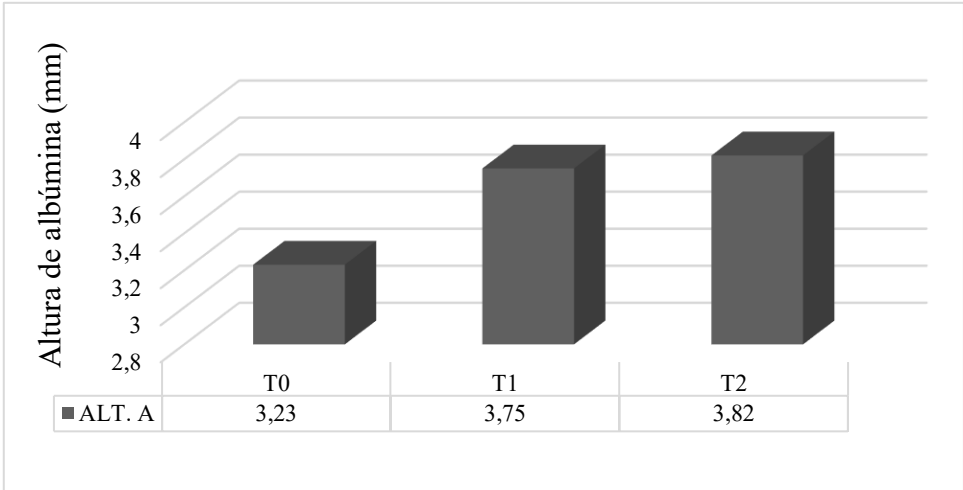


Figura 21. Altura de albúmina de huevos (Tratamientos).

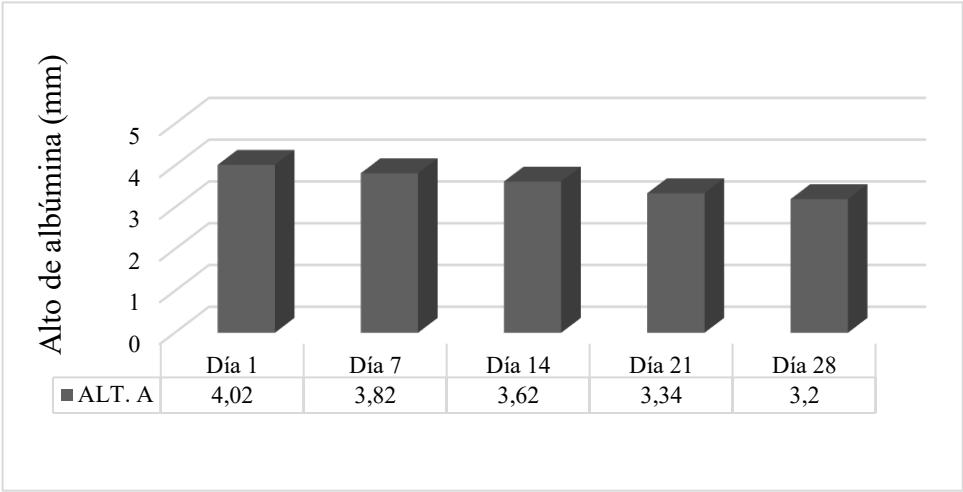


Figura 22. Altura de albúmina de huevos (Días de almacenamiento).

3.1.9 Ancho de albúmina (mm)

El ancho de la albúmina presentó diferencias significativas entre tratamientos ($p=0,0005$) y diferencias altamente significativas entre los días de almacenamiento ($p<0,0001$). Las medias fueron de 43,54 mm para T0, 45,95 mm para T1 y 46,22 mm para T2. Según la prueba de Tukey, T1 y T2 no difirieron significativamente entre sí, pero ambos tratamientos presentaron diferencias significativas respecto al tratamiento T0. Durante el

almacenamiento, el ancho de la albúmina aumentó de 40,02 mm en el día 1 a 50,17 mm en el día 28.

La expansión de la albúmina durante el almacenaje coincide con los hallazgos obtenidos por Kryeziu *et al.* (2026) y Octaviano *et al.* (2026), quienes indicaron que la disminución de la viscosidad de la clara produce una elevada expansión de la albúmina en la superficie evaluada, lo cual resulta en una disminución en la calidad interna del huevo.

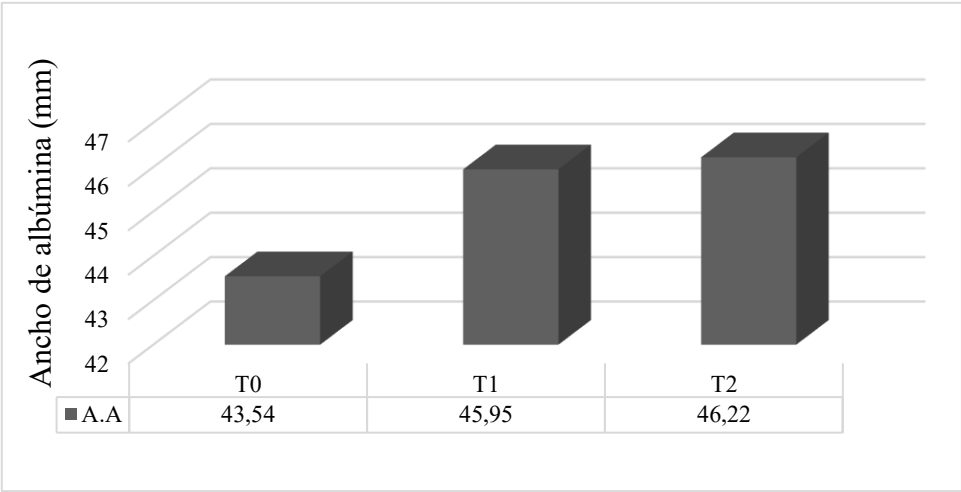


Figura 23. Ancho de albúmina de huevos (Tratamientos).

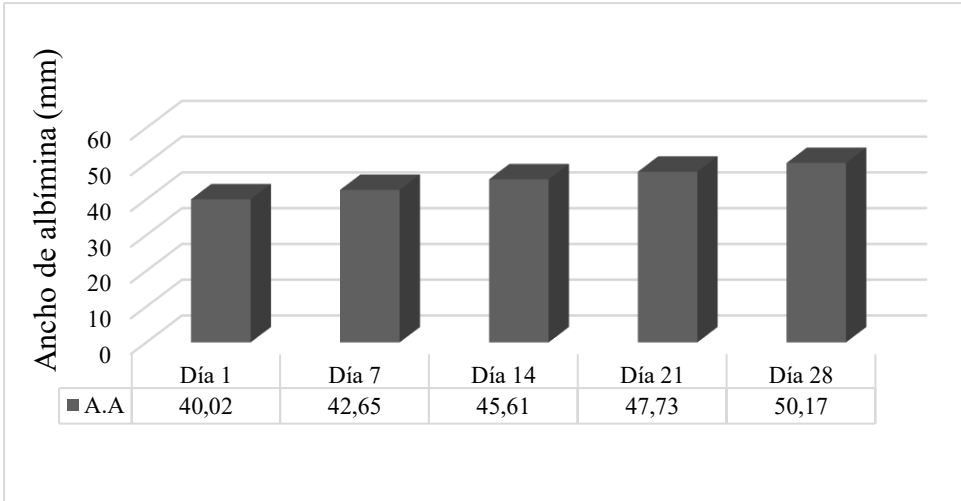


Figura 24. Ancho de albúmina de huevos (Días de almacenamiento).

3.1.10 Color de yema

El color de la yema presentó diferencias altamente significativas entre tratamientos ($p < 0,0001$) y entre los días de almacenamiento ($p < 0,0001$). El tratamiento T2 presentó la

mayor media de coloración, con 11,04 unidades, mientras que T0 y T1 registraron 7,98 y 8,20 unidades, respectivamente. De acuerdo con la prueba de Tukey, T0 y T1 no presentaron diferencias significativas entre sí, mientras que T2 difirió significativamente de ambos tratamientos. Durante el almacenamiento, la coloración aumentó de 6,93 unidades en el día 1 a 10,00 unidades en el día 28.

El tono del color de la yema, específicamente en el tratamiento con pimienta roja, concuerda con lo reportado por Tuğçe *et al.* (2024), encontraron una mejora significativa en la pigmentación de las yemas de los huevos de codorniz al suplementar la dieta con polvo de pimienta roja. Por otra parte, Reda *et al.* (2022), manifestaron que la incorporación de ingredientes ricos en carotenoides en la dieta de codornices contribuye a la absorción de estos pigmentos en la yema, mejorando notablemente su intensidad de color.

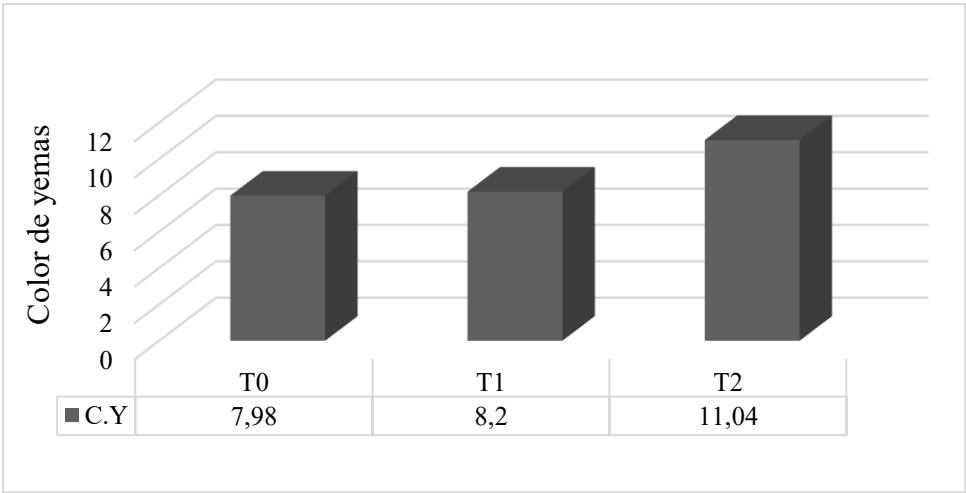


Figura 25. Color de yema en huevos (Tratamientos).

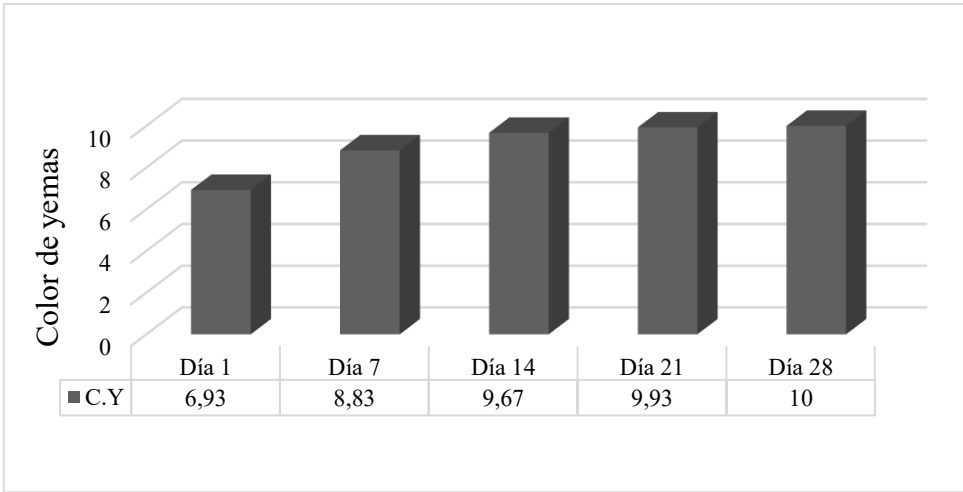


Figura 26. Color de yema en huevos (Días de conservación).

3.1.11 Índice de forma

El índice de forma no presentó diferencias significativas entre tratamientos ($p=0,2787$) ni entre los días de almacenamiento ($p=0,5849$). Las medias fueron de 77,35 para T0, 77,77 para T1 y 76,83 para T2. Durante el almacenamiento, los valores oscilaron entre 76,71 y 77,98. Por lo tanto, no se detectaron diferencias estadísticamente significativas para esta variable asociadas al tratamiento ni al tiempo de almacenamiento.

La ausencia de diferencias significativas en esta variable coincide con lo reportado por Şengül (2021) y Tuğçe *et al.* (2024), quienes no encontraron modificaciones en la morfología externa del huevo tras la suplementación con pigmentantes naturales, esto confirma que dicha variable depende principalmente de factores genéticos y fisiológicos más que del tipo de alimentación o del tiempo de almacenamiento.

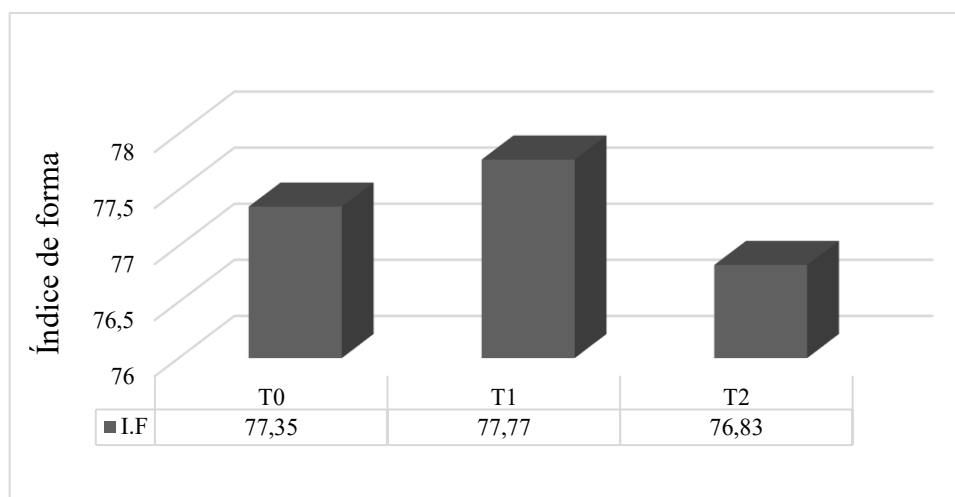


Figura 27. Índice de forma de huevos (Tratamientos).

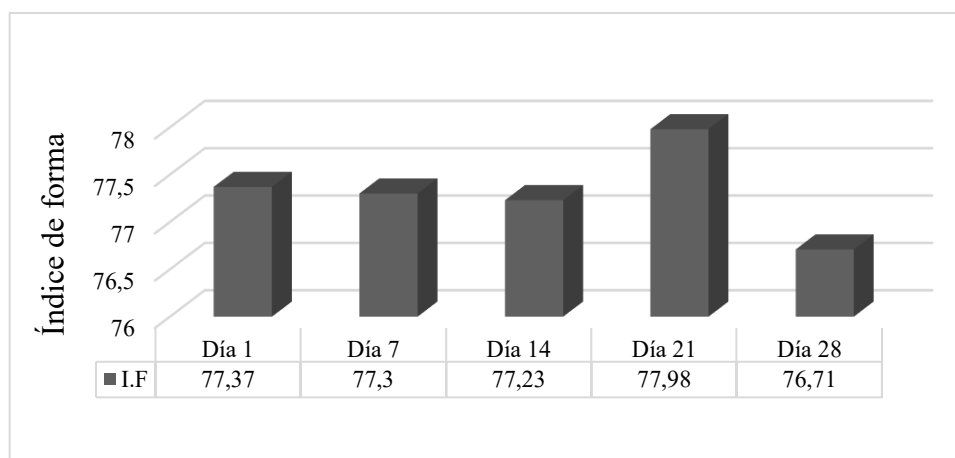


Figura 28. Índice de forma de huevos (Días de almacenamiento).

3.1.12 Índice de cáscara

El índice de cáscara no presentó diferencias significativas entre tratamientos ($p=0,6959$), con medias de 11,88 para T0, 11,60 para T1 y 11,88 para T2. En contraste, el factor Día presentó diferencias altamente significativas ($p<0,0001$). La prueba de Tukey indicó que el día 1 presentó un valor significativamente mayor (15,12) respecto a los días 7, 14, 21 y 28, los cuales no presentaron diferencias significativas entre sí.

Aunque el índice de cáscara no presentó diferencias significativas entre tratamientos, sí disminuyó conforme iban pasando los días de almacenamiento, estos resultados similares fueron descritos por Kryeziu *et al.* (2026) y Ondrušíková *et al.* (2018), reportaron que la pérdida de humedad y las modificaciones en la proporción de los componentes del huevo ocasionan cambios graduales en este parámetro durante la conservación.

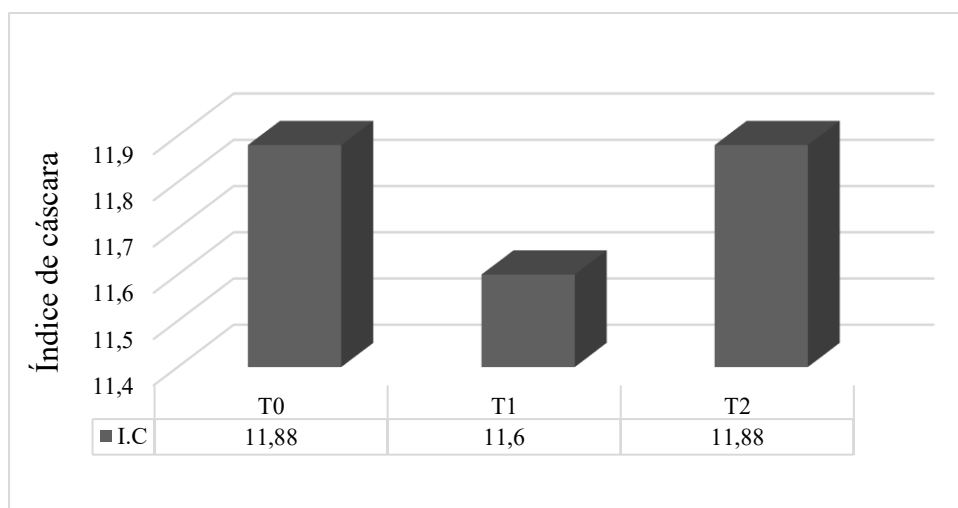


Figura 29. Índice de cáscara de huevos (Tratamientos).

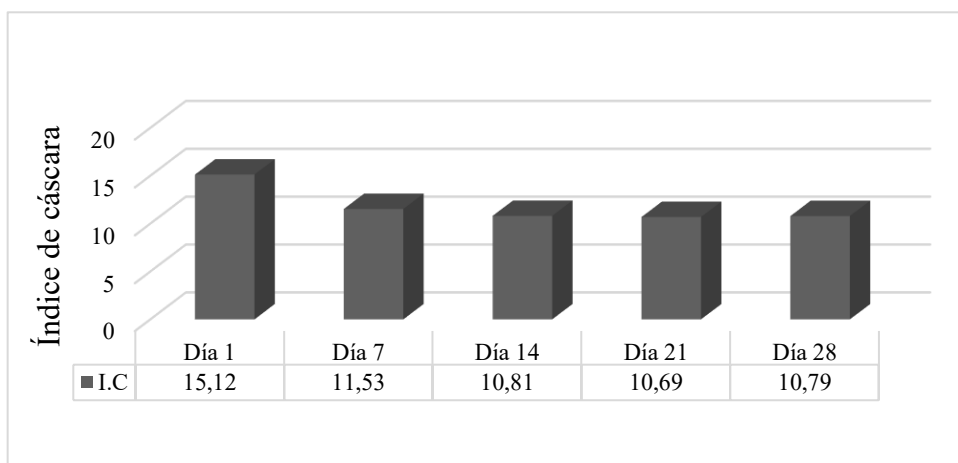


Figura 30. Índice de cáscara de huevos (Días de almacenamiento).

3.1.13 Índice de yema

El índice de yema no presentó diferencias significativas entre tratamientos ($p=0,3912$). Las medias fueron de 0,2588 para T0, 0,2660 para T1 y 0,2679 para T2, y la prueba de Tukey agrupó los tres tratamientos con la misma letra, indicando que no existieron diferencias significativas entre ellos. Por otro lado, el factor Día presentó diferencias altamente significativas ($p<0,0001$), el índice de yema disminuyó progresivamente de 0,3372 en el día 1 a 0,1981 en el día 28.

La disminución observada durante el almacenamiento coincide con lo reportado por Octaviano *et al.* (2026) y Kryeziu *et al.* (2026), atribuyeron este comportamiento al debilitamiento progresivo de la membrana vitelina y a la transferencia de agua desde la albúmina hacia la yema, afectando la frescura del huevo.

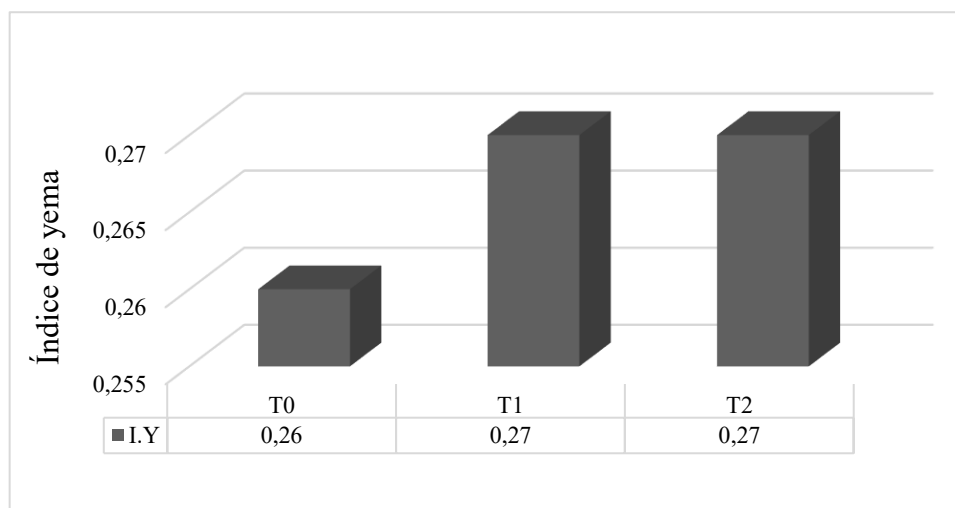


Figura 31. Índice de yema de huevos (Tratamientos).

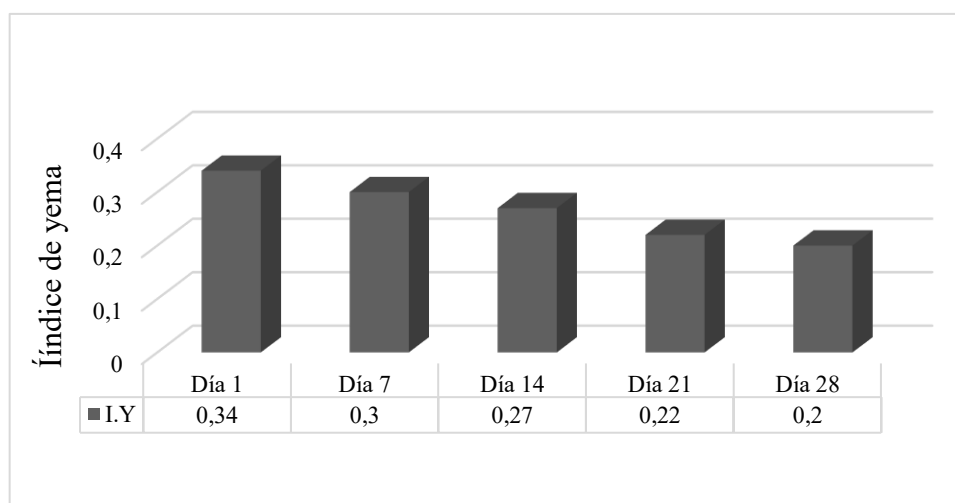


Figura 32. Índice de yema de huevos (Días de almacenamiento).

3.1.14 Índice de albúmina

El índice de albúmina presentó diferencias significativas entre tratamientos ($p=0,0391$) y diferencias altamente significativas entre los días de almacenamiento ($p<0,0001$). Las medias de los tratamientos fueron de 7,70 para T0, 8,28 para T1 y 8,37 para T2. Según la prueba de Tukey, T0 y T2 presentaron diferencias significativas entre sí, mientras que T1 presentó un comportamiento intermedio y no difirió significativamente de T0 ni de T2. Durante el almacenamiento, el índice de albúmina disminuyó progresivamente de 10,16 en el día 1 a 6,42 en el día 28.

La reducción progresiva durante el almacenaje coincide con los hallazgos de Octaviano *et al.* (2026) y Kryeziu *et al.* (2026), ellos concluyeron que la pérdida de dióxido de carbono y el incremento del pH favorecen la licuefacción de la albúmina, disminuyendo este indicador de calidad.

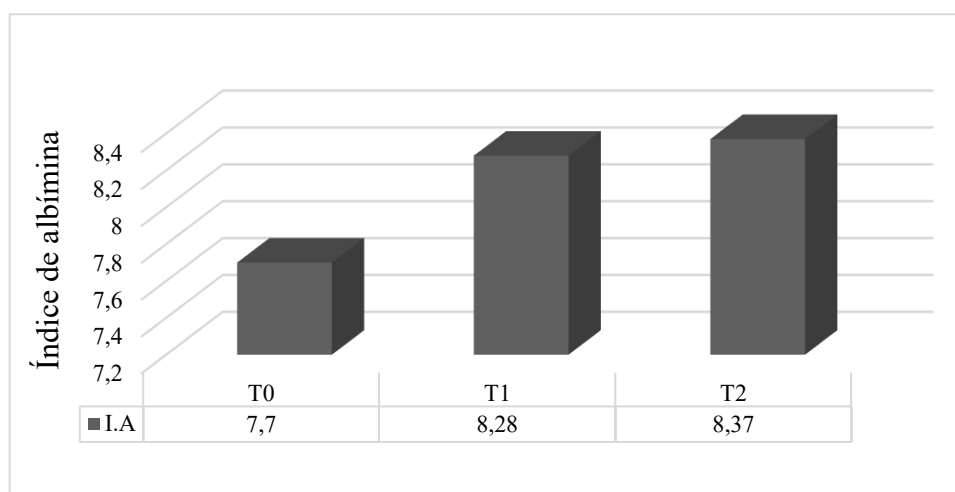


Figura 33. Índice de albúmina de huevos (Tratamientos).

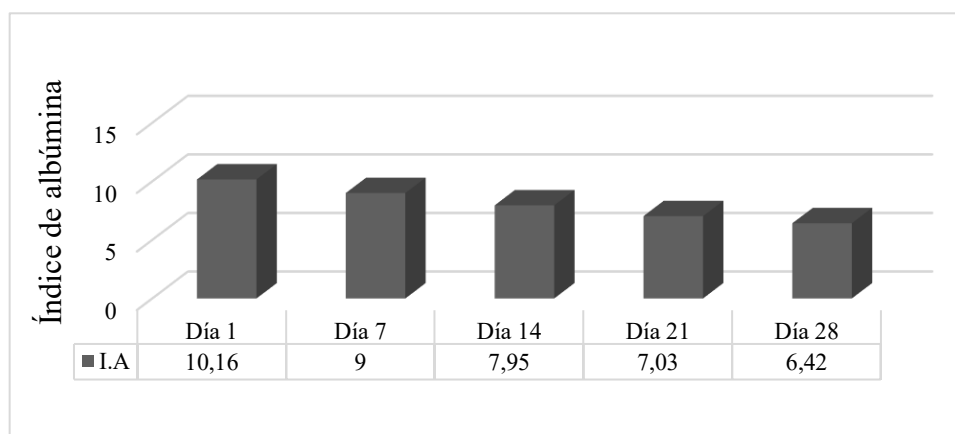


Figura 34. Índice de albúmina de huevos (Días de almacenamiento).

3.1.15 Unidades Haugh

Las Unidades Haugh presentaron diferencias altamente significativas entre tratamientos ($p<0,0001$) y entre los días de almacenamiento ($p<0,0001$). Las medias fueron de 82,10 para T0, 85,30 para T1 y 85,71 para T2. De acuerdo con la prueba de Tukey, T1 y T2 no presentaron diferencias significativas entre sí, pero ambos tratamientos difirieron significativamente de T0. Durante el almacenamiento, las Unidades Haugh disminuyeron de 86,60 en el día 1 a 82,55 en el día 28.

Resultados similares fueron reportados por Octaviano *et al.* (2026) y Kryeziu *et al.* (2026), los cuales concluyeron que la pérdida de viscosidad de la albúmina y el deterioro natural de las proteínas de la clara reducen significativamente las Unidades Haugh conforme aumenta el tiempo de almacenamiento.

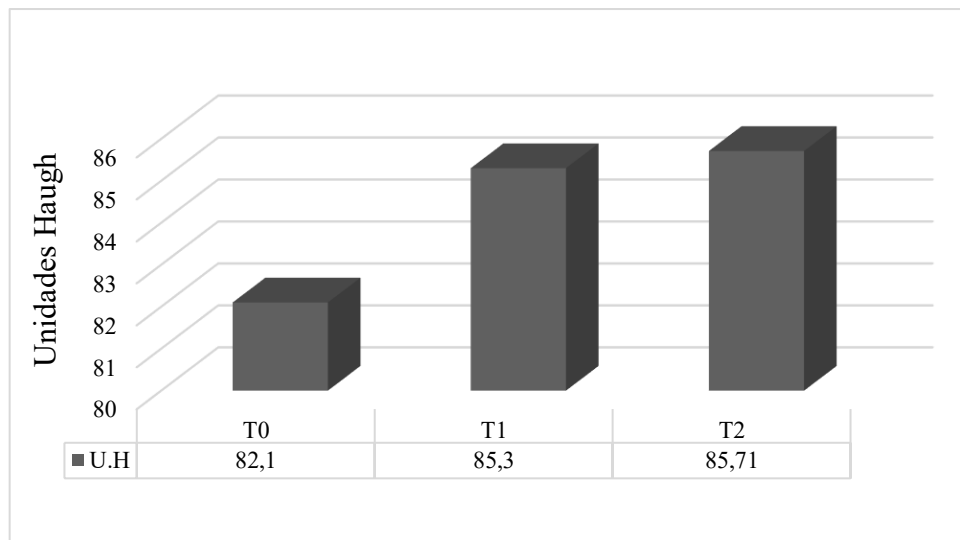


Figura 35. Unidades Haugh (Tratamientos).

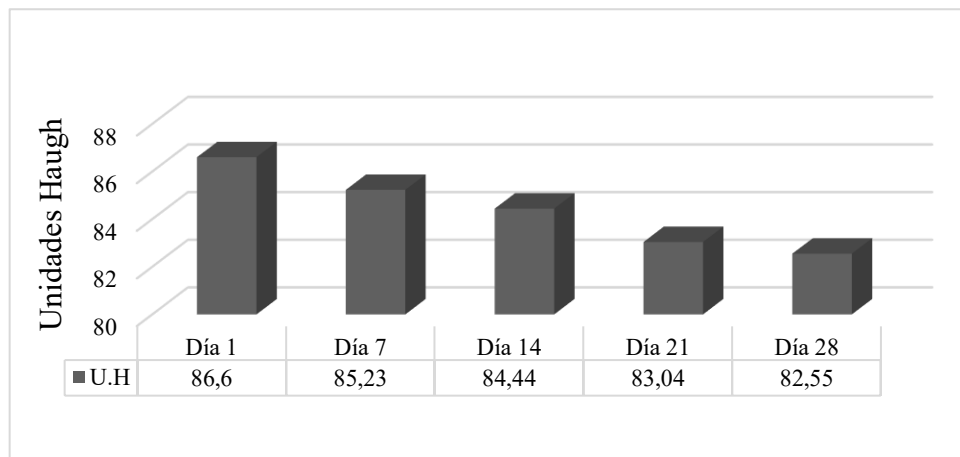


Figura 36. Unidades Haugh (Días de almacenamiento).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

De acuerdo al análisis estadístico, las características físicas y de calidad externa de los huevos de codorniz dentro del factor Tratamiento no presentaron diferencias significativas tales como, el peso del huevo ($p=0,8493$), grosor de cáscara ($p=0,1452$) e índice de forma ($p=0,2787$), mientras que el factor Día presentó diferencias significativas en el peso del huevo ($p=0,0001$), pero no en el índice de forma ($p=0,5849$) ni en el grosor de la cáscara ($p=0,5268$). Por lo tanto, bajo las condiciones evaluadas, la inclusión de estos dos pigmentantes no modificó significativamente las características externas del huevo en comparación con el tratamiento testigo.

La frescura interna de los huevos de codorniz, determinada mediante las Unidades Haugh, índice de yema y altura de la albúmina, presentó cambios durante los diferentes periodos de almacenamiento. El análisis estadístico evidenció diferencias altamente significativas ($p<0,0001$) para el factor Día en las variables evaluadas, evidenciando cambios en la calidad interna conforme avanzó el tiempo de almacenamiento. En cuanto al factor Tratamiento, se presentaron diferencias significativas en algunos de los indicadores de frescura interna, de acuerdo con el ANOVA y la prueba de comparación de medias de Tukey ($p<0,05$), mientras que en las variables sin significancia estadística no se evidenció efecto de la suplementación.

La inclusión de harina de remolacha (*Beta vulgaris*) y pimiento rojo (*Capsicum annuum*) presentó diferencias altamente significativas ($p<0,0001$), sobre la coloración de la yema, evaluada mediante el abanico colorimétrico. La prueba de Tukey mostró que el tratamiento con pimiento rojo (T2) presentó una coloración significativamente superior al tratamiento testigo (T0) y al tratamiento con remolacha (T1), mientras que T0 y T1 no presentaron diferencias significativas entre sí. Asimismo, el factor Día presentó diferencias altamente significativas ($p<0,0001$), evidenciándose variaciones en la coloración de la yema a lo largo del periodo de almacenamiento.

Recomendaciones

Se recomienda realizar investigaciones posteriores sobre la suplementación con harina de *Beta vulgaris* y *Capsicum annuum* en huevos de codorniz, evaluando diferentes niveles de inclusión y condiciones de almacenamiento, con el propósito de determinar su comportamiento sobre las características físicas, la calidad externa y los indicadores de frescura interna durante periodos de conservación más prolongados.

Se recomienda ampliar el estudio de la calidad interna de los huevos mediante el seguimiento de las Unidades Haugh, índice de yema y altura de la albúmina, incorporando periodos de almacenamiento adicionales y diferentes condiciones de conservación, a fin de obtener mayor información sobre los cambios de frescura durante el almacenamiento.

Debido a la respuesta observada en la coloración de la yema, se recomienda continuar evaluando la utilización de harina de *Beta vulgaris* y *Capsicum annuum* como fuentes de pigmentación natural, considerando diferentes niveles de inclusión y realizando mediciones mediante el abanico colorimétrico y, de ser posible, métodos instrumentales de color, para establecer con mayor precisión su capacidad pigmentante.

Por último, se recomienda que futuras investigaciones incorporen otros factores relacionados con las condiciones de conservación, como diferentes temperaturas de almacenamiento y condiciones de refrigeración, con el fin de comparar su influencia sobre la calidad externa, frescura interna y coloración de la yema de los huevos de codorniz.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbas, R. J., & Thamer Al-Jrrah, I. A. (2022). Influencia de la alimentación con licopeno natural y sintético en el rendimiento, la calidad del huevo y los parámetros séricos de las ponedoras de codornices japonesas. *Asian Journal of Dairy and Food Research*, 41(4), 474–479.
- Abumandour, M., Shukry, M., Lashen, S., Kassab, M., Kandyle, R., Gewaily, M., El-Mansi, A., El Askary, A., Hamoda, H., & Farrag, F. (2022). Desarrollo ultraestructural del techo de la cavidad orofaríngea después de la eclosión en cinco estadios de edad de *Coturnix coturnix*. *Microscopy Research and Technique*, 85(1), 71–91.
- Alcibar Cobeña, J. L., Salazar Salazar, L. V., Morán Morán, J. J., & Salazar Moran, A. L. (2026). Influencia del fotoperiodo sobre el desempeño productivo y económico de codornices japonesas (*Coturnix japonica*). *Revista Científica de La Facultad de Ciencias Veterinarias*, 36(1), 5–5.
- Andrade, K. G., Cruz, F. K., Kaneko, I. N., Nascimento, M. C., Iwaki, L. C. V., & Santos, T. C. (2023). Ciclo diario de huevos en codornices japonesas: bioquímica sérica, huesos y cambios en el oviducto. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 25(2), eRBCA-2021-1599.
- Antonelli, M., Mazzoleni, E., & Donelli, D. (2025). Quail Egg-Based Supplements in Allergic Rhinitis: A Systematic Review of Clinical Studies. *Nutrients* 2025, Vol. 17, Page 712, 17(4), 712.
- AVI. (2024, December 18). Coloración de la yema: Aditivos naturales para intensificarla. Disponible en: <https://avinews.com/la-ciencia-detras-del-color-de-la-yema-como-la-alimentacion-de-las-aves-puede-afectar-la-calidad-del-huevo-2/> Consultado: 5/7/2025
- Carranza Miranda, Á. A., & Ortiz Flores, J. G. (2019). Aplicación del huevo de codorniz (*coturnix coturnix*) como sustituto del huevo de gallina (*Gallus gallus domesticus*) en la pastelería. Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Química. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/46751> Consultado: 5/7/2025
- Carvalho, D. C. de O., Nunes, K. R. B., Gois, G. C., Moraes, E. A., Gonçalves-Gervásio, R. de C. R., Borges, M. C. R. Z., Rodrigues, R. T. de S., & Brito, C. O. (2023). Quality of Japanese quail eggs according to different storage periods and temperatures. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 45(1), e61040.
- Cheng, X., & Ning, Z. (2022). Research progress on bird eggshell quality defects: a review. *Poultry Science*, 102(1), 102283.
- Chhay, C., Lohitnawin, M., Wongphatcharachai, M., Jariyahattakij, P., Jensen, A. N., Srichana, P., & Jensen, L. T. (2026). Enhanced lycopene fortification in eggs using poultry feed containing a carotenoid-oil preparation derived from metabolically engineered baker's yeast. *Scientific Reports* 2026 16:1, 16(1), 7354-.
- Chuim Satan, J. R. (2020). Comportamiento productivo y calidad del huevo de la codorniz (*Coturnix coturnix japonica*) en etapa de postura en condiciones del

CIPCA. Disponible en: <https://repositorio.uea.edu.ec/handle/123456789/735>
Consultado: 5/7/2026

- Cisneros, F. (2021, July 13). The Evolution of the YolkFan™ as the Standard for Measuring Poultry Pigmentation. Disponible en: <https://www.dsm-firmenich.com/anh/news/feed-talks/articles/the-evolution-of-the-yolkfan-as-the-standard-for-measuring-poultry-pigmentation.html> Consultado: 6/7/2026
- Cruvinel, J. M., Urayama, P. M. G., dos Santos, T. S., Denadai, J. C., Muro, E. M., Dornelas, L. C., Pasquali, G. A. M., Neto, A. C. C., Zanetti, L. H., Netto, R. G. F., Sartori, J. R., & Pezzato, A. C. (2021). Diferentes valores del balance electrolítico dietético en el rendimiento, la calidad del huevo y los huesos de la codorniz japonesa (*Coturnix Coturnix Japonica*) bajo estrés térmico. *Tropical Animal Health and Production*, 53(1).
- Cucalón Gonzabay, J. S. (2015). Plan de asociatividad para fortalecer la actividad productiva de las modistas de la Comuna Palmar, Provincia de Santa Elena año 2015. Disponible en: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/3573>
Consultado: 5/7/2025
- Damaziak, K., Wójcik, W., Marzec, A., Riedel, J., & Niemiec, J. (2026). Effects of autosomal recessive gene (ce) on quail egg shell properties. *British Poultry Science*.
- Dansou, D. M., Zhang, H., Yu, Y., Wang, H., Tang, C., Zhao, Q., Qin, Y., & Zhang, J. (2023). Carotenoid enrichment in eggs: From biochemistry perspective. *Animal Nutrition*, 14, 315–333.
- De Araújo, M. V., Oliveira, G. da S., McManus, C., Vale, I. R. R., Salgado, C. B., Pires, P. G. da S., de Campos, T. A., Gonçalves, L. F., Almeida, A. P. C., Martins, G. dos S., Leal, I. C. R., & dos Santos, V. M. (2023). Preserving the Internal Quality of Quail Eggs Using a Corn Starch-Based Coating Combined with Basil Essential Oil. *Processes* 2023, Vol. 11, Page 1612, 11(6), 1612.
- Estrada Cadillo, Á. E., Tirado Malaver, R. H., Fernández Herrera, F., Caro Degollar, E. M., Campos Julca, Á., Tirado-Lara, R., Paredes Martínez, R., Nacional, U., Faustino, J., Carrión, S., Gallo, P. R., & Lambayeque, P. (2023). Analysis of Quality and Shelf Life of Quail Eggs (*Coturnix Coturnix Japonica*) in Sauce of Beta Vulgaris "Beterraga". *Chemical Engineering Transactions*, 101, 247–252.
- Game Cruz, W. F. (2021). Evaluación de un prototipo de incubadora artesanal para huevos de codornices, *Coturnix coturnix japónica*, implementada con tecnología arduino. Disponible en: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/6377>
Consultado: 5/7/2025
- Gautron, J., Stapane, L., Le Roy, N., Nys, Y., Rodriguez-Navarro, A. B., & Hincke, M. T. (2021). Biomineralización de la cáscara de huevo de ave: una actualización sobre su estructura, mineralogía y conjunto de herramientas proteicas. *BMC Molecular and Cell Biology* 2021 22:1, 22(1), 1–17.
- Ghassan, S., & Nada Sonji. (2025). Systematic review: Quail egg powder: Nutraceutical, therapeutic, pharmaceutical, and sustainability potential. *Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism*.

- Gök, İ., & Kurşun, K. (2025). Modelo de predicción del índice y la altura de la albúmina en huevos de codorniz japonesa mediante características de calidad externa. *International Journal of Agriculture Environment and Food Sciences*, 9(2), 493–501.
- González, P., Robustillo, P., & Caravaca, F. P. (2023). Effects of Long-Term Storage on Hatchability and Incubation Length of Game Farmed Quail Eggs. *Animals* 2023, Vol. 13, Page 2184, 13(13), 2184.
- Grimaldos Pereira, D. O. (2020). Guía para la producción de codornices y sus derivados. Disponible en: <https://es.slideshare.net/slideshow/codorniz-de-limapdf/251700762> Consultado: 5/7/2025
- Guevara Parreño, J. G. (2023). Inclusión de varios niveles de cáscara de huevo como fuente de calcio en la producción de huevos de codorniz. Disponible en: <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/5288> Consultado: 6/7/2026
- Gül, İ., & Cufadar, Y. (2023). Efecto de la adición de aceite de pimienta roja (*Capsicum annum* L.) a dietas de codornices en crecimiento sobre el rendimiento, el sacrificio y algunas características séricas. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 11(2), 318–322.
- Gutiérrez, E., Ordaz, G., Pérez, R. E., Ortiz, R., & Juárez, A. (2021). Effect of the pigmentation, shine, weight, and shape index of the quail egg (*Coturnix coturnix japonica*) on the hatchability rate. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*, 8(4), 629.
- Inca, J. S., Martinez, D. A., & Vilchez, C. (2022). Phenotypic correlation between external and internal egg quality characteristics in 85-week-old laying hens. *International Journal of Poultry Science*, 19(8), 346–355.
- Kennedy, L. E., Abraham, A., Kulkarni, G., Shettigar, N., Dave, T., & Kulkarni, M. (2021). Capsanthin, a Plant-Derived Xanthophyll: a Review of Pharmacology and Delivery Strategies. *AAPS PharmSciTech*, 22(5).
- Kotchikpa, J., Osseyi, G. E., Dossou, J., & Ahyi, V. (2022). Comparative Study of the Physicochemical and Microbiological Quality of Liquid, Freeze-Dried, Hot Air-Dried, and Pasteurized Quail Eggs Produced in Benin. *International Journal of Food Science*, 2022.
- Kryeziu, A. J., Ramadani, X., & Kamberi, M. A. (2026). Changes related to storage conditions in the quality of quail eggs of different sizes. *Agronomy Research*, 24(1), 124–139.
- Kumorkiewicz, J. A., Świergosz, T., Sutor, K., Spórna-Kucab, A., & Wybraniec, S. (2021). Multi-colored shades of betalains: recent advances in betacyanin chemistry. *Natural Product Reports*, 38(12), 2315–2346.
- Lindao Vera, E. E. (2023). Análisis sobre la rentabilidad de la producción y comercialización de la codorniz en la región Costa del Ecuador. *BABAHYO: UTB*, 2023. Disponible en: <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/14946> Consultado: 6/7/2026
- Lukanov, H., & Pavlova, I. (2020). Cambios en la domesticación de la codorniz japonesa (*Coturnix japonica*). *World's Poultry Science Journal*, 76(4), 787–801.

- Ma, C., Yu, X., Zhang, H., Pu, Y., Pi, J., & Wu, Y. (2026). Comprehensive multi-omics analysis reveals key metabolites and lipids driving flavor development in quail egg yolk. *Food Chemistry*, 518, 149557.
- Maeda, H., Nishino, A., & Maoka, T. (2021). Biological Activities of Paprika Carotenoids, Capsanthin and Capsorubin. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 1261, 285–293.
- Martínez, V. (2025). Comportamiento productivo y calidad de huevo de la codorniz japonesa con la utilización de Proceatin 7 y Safmannan *Saccharomyces cerevisiae*. La Libertad, Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2025. Disponible en: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/13014> Consultado: 5/7/2025
- Northcutt, J. K., Buyukyavuz, A., & Dawson, P. L. (2022). Quality of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) eggs after extended refrigerated storage. *Journal of Applied Poultry Research*, 31(3), 100280.
- Obianwuna, U. E., Oleforuh-Okoleh, V. U., Wang, J., Zhang, H. J., Qi, G. H., Qiu, K., & Wu, S. G. (2022). Potential Implications of Natural Antioxidants of Plant Origin on Oxidative Stability of Chicken Albumen during Storage: A Review. *Antioxidants*, 11(4), 630.
- Octaviano, N., Marwa, S., Sujana, E., & Garnida, D. (2026). Relationship between Storage Duration and Yolk Index, Albumen Index and Haugh Unit of Padjadjaran Quail Eggs in Peak Production Phase. *Jurnal Produksi Ternak Terapan*, 7(1), 12–20.
- Ondrušíková, S., Nedomová, Š., Pytel, R., Cwíková, O., & Kumbár, V. (2018). Effect of different storage times on Japanese quail egg quality characteristics. *Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 12(1), 560–565.
- Preciado Sánchez, G. D. (2025). Alimentación de la codorniz *Coturnix coturnix japonica* a base de suplementos nutricionales para la producción de huevos en la provincia de Santa Elena. La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2025. Disponible en: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/14195> Consultado: 6/7/2026
- Ramírez Sánchez, A., Aleman Ceruto, A., Andrade Yucailla, V., & Satán Chuim, J. (2025). Indicadores productivos, calidad y conservación del huevo de codorniz (*coturnix coturnix japónica*) en condiciones amazónicas, *Revista multidisciplinaria de desarrollo agropecuario, tecnológico, empresarial y humanista*.
- Reda, F. M., Madkour, M., El-Azeem, N. A., Aboelazab, O., Ahmed, S. Y. A., & Alagawany, M. (2022). Tomato pomace as a nontraditional feedstuff: productive and reproductive performance, digestive enzymes, blood metabolites, and the deposition of carotenoids into egg yolk in quail breeders. *Poultry Science*, 101(4), 101730.
- Rodríguez, A., Rodríguez, L., Segovia, S., Hernández, F., Martínez, A., & Estrada, M. de la L. (2024). Effect of annatto and alfalfa on egg yolk pigmentation in Creole hens. *Agro Productividad*.

- Romero Laínez, L. J. (2022). Análisis documental del sistema de producción coturnicultura en el Ecuador. La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2022. Disponible en: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/7597> Consultado: 6/7/2026
- Sandoval, L. (2025). Rendimiento productivo de codornices reproductoras alimentadas con harina de moringa, *Moringa oleífera*. La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2025. Disponible en: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/14177> Consultado: 6/7/2026
- Schoch, C. L., Ciufu, S., Domrachev, M., Hotton, C. L., Kannan, S., Khovanskaya, R., Leipe, D., McVeigh, R., O'Neill, K., Robbertse, B., Sharma, S., Soussov, V., Sullivan, J. P., Sun, L., Turner, S., & Karsch-Mizrachi, I. (2020). NCBI Taxonomy: A comprehensive update on curation, resources and tools. Database, 2020.
- Şengül, A. Y. (2021). Efecto de la suplementación con polvo de remolacha roja en dietas para codornices. *The Indian Journal of Animal Sciences*, 91(1), 58–62.
- Tuğçe Gül, E., Engin Tüzün, A., Olgun, O., Yıldız, A., Üniversitesi, S., Fakültesi, Z., Bölümü, Z., Yeme Kapsa Biberi Tozu İlavesinin Bıldırcınlarda Performans, K., Kalitesi ve Yumurta Sarısı Rengi Üzerine Etkisi, Y., & Makalesi, A. (2024). Efecto de la adición de polvo de pimienta Capija (*Capsicum annum* cv. Kapija) a la dieta sobre el rendimiento, la calidad del huevo y el color de la yema en codornices. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 12(9), 1571–1576.
- Umera, A. E., Ejezie, F. E., Ibegbu, M. D., Ikekpeazu, J. E., Onyekwelu, K. C., & Ejezie, C. S. (2018). Efectos de la dieta con huevos de codorniz (*Coturnix japonica*) sobre el azúcar en sangre y el perfil lipídico de ratas albinas diabéticas inducidas con aloxano. *Biomedical Research*, 29(19), 3599–3604.
- Zhou, Z., Jiang, H., Sun, H., Huang, X. H., Cui, S., Zhou, D., & Qin, L. (2024). Comprehensive lipidomics and flavoromics analysis reveals the formation mechanism of the unique flavor in quail egg yolks during thermal treatment. *Food Production, Processing and Nutrition*, 6(1), 57-.

ANEXOS



Figura 1A. Recolección de huevos de codorniz.



Figura 2A. Almacenamiento de los huevos de codorniz.



Figura 3A. Medición del peso del huevo de codorniz.



Figura 4A. Medición de ancho y alto del huevo de codorniz.



Figura 5A. Medición de peso y grosor de cáscara.



Figura 6A. Medición de alto y ancho de yema y albumina.



Figura 7A. Medición del color de la yema

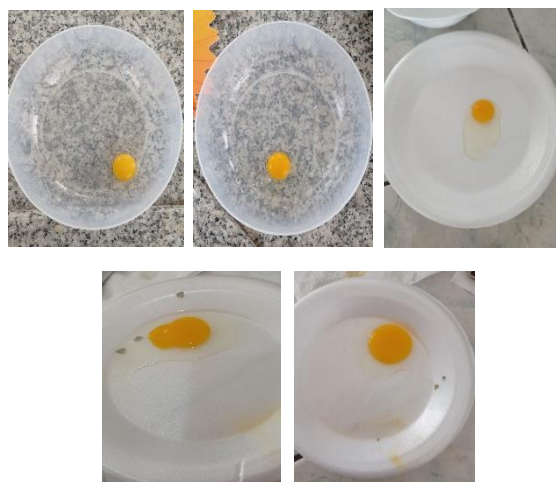


Figura 8A. Coloración de yemas (días de almacenamiento), tratamiento testigo.

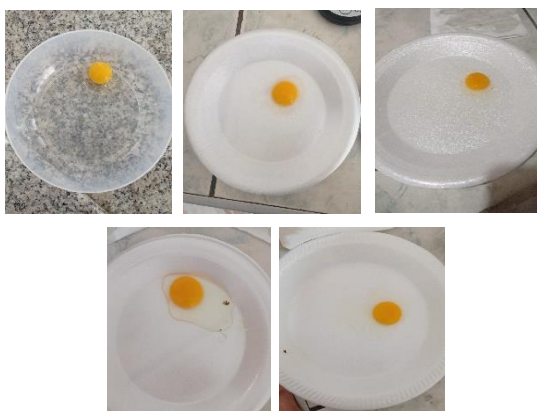


Figura 9A. Coloración de yemas (días de almacenamiento), tratamiento con harina de remolacha.



Figura 10A. Coloración de yemas (días de almacenamiento), tratamiento con harina de pimienta rojo.