

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



**ESCUELA DE POSGRADO  
TESIS PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRA  
EN GERENCIA EN AGRONEGOCIOS**

**EVALUACIÓN DE CALIDAD DE HUEVO EN DOS  
SISTEMAS DE CRIANZA DE GALLINAS PONEDORAS**

**Autor:**

**Bach. Katerine Bobadilla Guadalupe**

**Asesor:**

**Dr. Segundo José Zamora Huamán**

**Registro: (...)**

**CHACHAPOYAS – PERÚ**

**2024**

## **DEDICATORIA**

A mis queridos padres Eny Guadalupe y Leovegildo Bobadilla, que me han dado la existencia y esa capacidad para superarme, por sus sabios consejos y su amor incondicional y su paciencia, todo lo que que soy es gracias a ellos.

A mis hermanos Maglorio, Jovany y Pedro, que, en el día a día con su presencia, respaldo y cariño me impulsan para salir adelante, para ellos mi amor y respeto.

A mi asesor, Ing. José Zamora Huamán, por sus puntuales consejos para mejorar y finalizar con éxito la presente investigación.

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM), por su apoyo en las actividades de investigación primordiales que se reflejan en mi formación profesional.

Al Instituto de Investigación en Ganadería y Biotecnología (IGBI), la Estación Experimental Chachapoyas y sus directivos por permitir la realización de la parte experimental.

Al Laboratorio de Nutrición Animal y Bromatología de Alimentos de la UNTRM y sus responsables, Ph.D. Ives Julian Yoplac Tafur y la M. Sc Flor Mejía, por sus apoyos en el análisis de muestras relacionadas con la investigación.

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ  
DE MENDOZA DE AMAZONAS**

Jorge Luis Maicelo Quintana Ph.D.

**Rector**

Dr. Oscar Andrés Gamarra Torres

**Vicerrector Académico**

Dra. María Nelly Luján Espinoza

**Vicerrectora de Investigación**

Dr. Efraín Manuelito Castro Alayo

**Director de la Escuela de Posgrado**

## JURADO EVALUADOR DE LA TESIS



---

Dr. Cesar Hugo García Torres  
Presidente



---

M.Sc. Hugo Frías Torres  
Secretario



---

Dr. M.Sc. William Bardales Escalante  
Vocal

# CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS



## ANEXO 3

### CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

Los suscritos, miembros del Jurado Evaluador del Proyecto de Tesis ( )/Tesis (X)/Tesis en formato de artículo científico ( ) titulado:

EVALUACIÓN DE CALIDAD DE HUEVO EN DOS SISTEMAS DE CRIANZA DE GALLINAS PONEDORAS

presentado por el Aspirante KATERINE BOBADILLA GUADALUPE para obtener el Grado Académico de Maestro (X)/Doctor ( ) en GERENCIA EN AGRONEGOCIOS de la Escuela de Posgrado de la UNTRM, hacemos constar que después de revisar la originalidad del Proyecto de Tesis ( )/Tesis (X)/Tesis en formato de artículo científico ( ) con el software de prevención de plagio **Turnitin**, verificamos:

- a) De acuerdo con el informe de originalidad, el Proyecto de Tesis ( )/Tesis (X)/Tesis en formato de artículo científico ( ) tiene 20 % de similitud, que es menor al 25% permitido en la UNTRM.
- b) La persona responsable de someter el trabajo al software de prevención de plagio **Turnitin** fue: Dr. CESAR HUGO GARCÍA TORRES, y pertenece al área ( ) / oficina ( ) / dependencia (X) de FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS



SE ADJUNTA:

- Resultado del informe del software **Turnitin**.

Chachapoyas, 23 de ABRIL del 2024

[Signature]  
PRESIDENTE  
Nombres y apellidos: Dr. Cesar Hugo García Torres  
DNI: 16643245

[Signature]  
VOCAL  
Nombres y apellidos: M.Sc. William Bardales Escudante  
DNI: 16804037

[Signature]  
SECRETARIO  
Nombres y apellidos: M.Sc. Hugo Frías Torres  
DNI: 33960796

OBSERVACIONES:

.....  
.....

## REPORTE DE TURNITIN

### EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE HUEVOS EN DOS SISTEMAS DE CRIANZA DE GALLINAS PONEDORAS

#### INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>20%</b>	<b>19%</b>	<b>7%</b>	<b>4%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

#### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>8%</b>
<b>2</b>	<b>repositorio.untrm.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>4%</b>
<b>3</b>	"TIPIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL HUEVO DE GALLINA ECOLÓGICO Y CONVENCIONAL.", 'Universitat Politecnica de Valencia' Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	Submitted to Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>www.agronomia.unal.edu.co</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>6</b>	<b>creativecommons.org</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>7</b>	<b>www.coursehero.com</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>

*Herrera*  
Géssir Hugo García Torres  
DNI: 6643295

# ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS



## ANEXO 5

### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En el Auditorio de la Escuela de Posgrado de la UNTRM - Chachapoyas, el día 08 de Mayo del año 2024, siendo las 4:30 horas, el Aspirante Katerine Bobadilla Guadalupe, cuyo asesor es Dr. Segundo José Zamora Huamán, defiende en sesión pública presencial la Tesis titulada: EVALUACIÓN DE CALIDAD DE HUEVO EN DOS SISTEMAS DE CRIOZA DE GOLLINOS PONEDORAS

para obtener el Grado Académico de Maestro () / Doctor ( ) en Gerencia en Agronegocios, a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas; ante el Jurado Evaluador, conformado por:

Presidente: Dr. Cesar Hugo Garcia Torres  
Secretario: Dr. Hugo Frías Torres  
Vocal: Msc. William Bardales Escalante



Luego de la sustentación y absueltas las preguntas del Jurado Evaluador se procedió a la calificación individual y secreta, teniendo el resultado de:

Aprobada () / Desaprobada ( ) por Unanimidad () / Mayoría ( ).

Otorgada la calificación, el Secretario del Jurado Evaluador lee la presente Acta en esta misma sesión pública. A continuación, se levanta la sesión.

Siendo las 5:45 horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis.

  
PRESIDENTE  
Nombres y apellidos: Cesar Hugo Garcia Torres  
DNI: 161643245

  
VOCAL  
Nombres y apellidos: William Bardales Escalante  
DNI: 16904037

  
SECRETARIO  
Nombres y apellidos: Hugo Frías Torres  
DNI: 33900798

## ÍNDICE GENERAL

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>ii</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>iii</b>
<b>AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS .....</b>	<b>iv</b>
<b>JURADO EVALUADOR DE LA TESIS.....</b>	<b>v</b>
<b>CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS.....</b>	<b>vi</b>
<b>REPORTE DE TURNITIN.....</b>	<b>vii</b>
<b>ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS.....</b>	<b>viii</b>
<b>ÍNDICE GENERAL .....</b>	<b>ix</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>x</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>xi</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>xii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xiii</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>14</b>
<b>II. MATERIAL Y MÉTODOS .....</b>	<b>19</b>
<b>2.1. Lugar de estudio.....</b>	<b>19</b>
<b>2.2. Población y muestra usada.....</b>	<b>19</b>
<b>2.3. Variables de estudio .....</b>	<b>19</b>
<b>2.4. Codificación de los tratamientos.....</b>	<b>20</b>
<b>2.5. Parámetros físico químicos de calidad de huevo.....</b>	<b>20</b>
<b>2.6. Análisis estadístico de datos .....</b>	<b>23</b>
<b>III. RESULTADOS .....</b>	<b>24</b>
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>32</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>33</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>34</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>38</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tratamientos experimentales .....	20
Tabla 2. Parámetros físico químicos de calidad externa de huevo en los diferentes sistemas productivos (convencional y libre) .....	24
Tabla 3. Parámetros físico químicos de calidad interna de huevo en los diferentes sistemas productivos (convencional y libre) .....	24
Tabla 4. Parámetros físico químicos de calidad interna de huevo (Unidad Haugh, albumen denso, pH albumen y yema, color en abanico) en los diferentes sistemas productivos.....	25
Tabla 5. Color de yema y de albumen en los diferentes sistemas productivos.....	25
Tabla 6. Composición química de huevo (proteína, lípidos en yema y en huevo, cenizas) en los diferentes sistemas productivos.....	26
Tabla 7. Perfil de ácidos grasos en yema de huevo en los diferentes sistemas productivos .....	26
Tabla 8. Análisis sensorial en los diferentes sistemas productivos .....	27

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Valor bruto de la producción avícola desde enero a octubre 2021. ....	14
Figura 2. Participación de los principales productos avícola que conforman el VBPA a octubre 2021.....	15

## RESUMEN

En las últimas décadas hay una creciente preocupación por los estilos de crianzas de las gallinas ponedoras y su influencia en la calidad de los huevos. El objetivo de la presente investigación fue evaluar la calidad de los huevos, tanto fisicoquímica como sensorial. Para ello, se emplearon huevos de diferentes sistemas de crianza: en jaula y libre con distintos colores de cáscara (verde, marrón y blanco). Se evaluaron: peso, área superficial, índice de forma, grosor de cáscara, peso (yema, albumen y cáscara), albumen suave y denso (%), manchas de sangre, color de yema, altura de albumen, unidades Haugh, pH (yema y albumen), perfil de ácidos grasos, contenido de proteína, grasa y ceniza. Además, se realizó una evaluación sensorial para color, aroma, flavor, sabores desagradables, aceptabilidad y gusto total. Los huevos de crianza en jaula cáscara blanca (HCBC) alcanzaron los valores más altos en cuanto a peso y área superficial, alcanzando la clasificación de grandes. El índice de forma ideal lo obtuvieron los huevos de crianza jaula cáscara blanca (HCJB). En lo referido al grosor de la cáscara, peso de yema, albumen y cáscara fueron mayores en el tratamiento de huevo cascara marrón de crianza libre de Amazonas (HCMLAm). Los huevos más frescos fueron los huevos de crianza libre cáscara marrón Amazonas ya que presentaron el mayor porcentaje de albumen denso, altura de albumen y mayor número de unidades Haugh. Los huevos con mayor porcentaje de manchas de sangre fueron los de cáscara marrón (HCJM y HCLM1). Los huevos con color de yema más intenso fueron los provenientes crianza libre cáscara marrón (HCLM1). Los valores de pH también indicaron que se trataba de huevos frescos. Los huevos de crianza libre cáscara verde (HCLV) presentaron mayor porcentaje de grasa, la proteína en yema fue mayor en HCJB y los porcentajes de ceniza fueron mayores en HCJM y HCJB(crianza en jaula de cáscara marrón y blanca). Los huevos de crianza en jaula cáscara marrón (HCJM) alcanzaron la mayor suma de ácidos grasos saturados, los huevos de HCLM1 tuvieron mayores concentraciones de ácidos grasos monoinsaturados y HCLV registró la mayor sumatoria de ácidos grasos poliinsaturados. Los huevos fueron calificados con olor moderado. HCLV recibió los mejores puntajes para color, aroma, flavor y aceptabilidad total. El análisis de componentes principales mostró relación inversa ente albumen suave y unidades Haugh y también entre índice de forma y pH en yema.

**Palabras clave:** gallina ponedora, perfil sensorial, calidad interna y externa, jaula

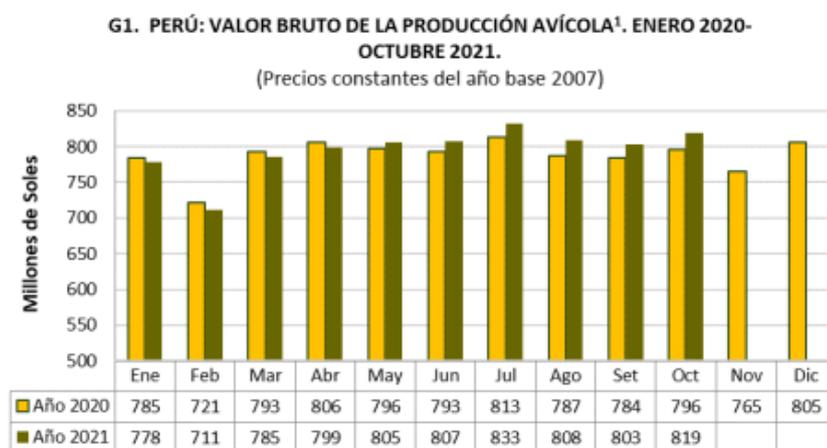
## ABSTRACT

In the last decades there is a growing concern about the rearing styles of laying hens and their influence on the quality of the eggs. The objective of the present investigation was to evaluate the quality of the eggs, both physicochemical and sensory. For this, eggs from different rearing systems were used: caged and free with different xiiináli colors (green, xiiináli and xiiináli). The following were evaluated: weight, xiiinálisi xiiinál, shape index, xiiináli thickness, weight (yolk, albumen and xiiináli), smooth and dense albumen (%), blood spots, yolk color, albumen height, Haugh units, pH ( yolk and albumen), fatty acid profile, protein, fat and ash content. In addition, a sensory evaluation was carried out for color, aroma, flavor, off-flavors, acceptability and total taste. Eggs reared in xiiináli xiiináli cages (HCBC) reached the highest values in terms of weight and xiiinálisi xiiinál, reaching the classification of large. The ideal shape index was obtained by the xiiináli-shell cage-reared eggs (HCJB). With regard to xiiináli thickness, yolk, albumen and xiiináli weight were higher in the Amazonas free-range xiiináli xiiináli egg treatment (HCMLam). The freshest eggs were the Amazon xiiináli xiiináli free-range eggs, since they presented the highest percentage of dense albumen, albumen height, and the highest number of Haugh units. The eggs with the highest percentage of blood spots were those with xiiináli shells (HCJM and HCLM1). The eggs with the most intense yolk color were those from xiiináli xiiináli free rearing (HCLM1). The pH values also indicated that they were fresh eggs. Green xiiináli free-range eggs (HCLV) had a higher fat percentage, yolk protein was higher in HCJB and ash percentages were higher in HCJM and HCJB (xiiináli and xiiináli xiiináli cage rearing). Eggs reared in xiiináli xiiináli cages (HCJM) reached the highest sum of saturated fatty acids, HCLM1 eggs had higher concentrations of monounsaturated fatty acids and HCLV registered the highest sum of polyunsaturated fatty acids. Eggs were rated as moderate odor. HCLV received the best scores for color, aroma, flavor, and overall acceptability. Principal component xiiinálisis showed an inverse relationship between soft albumen and Haugh units and also between shape index and yolk pH.

**Keywords:** laying hens, sensory profile, external quality, cage

## I. INTRODUCCIÓN

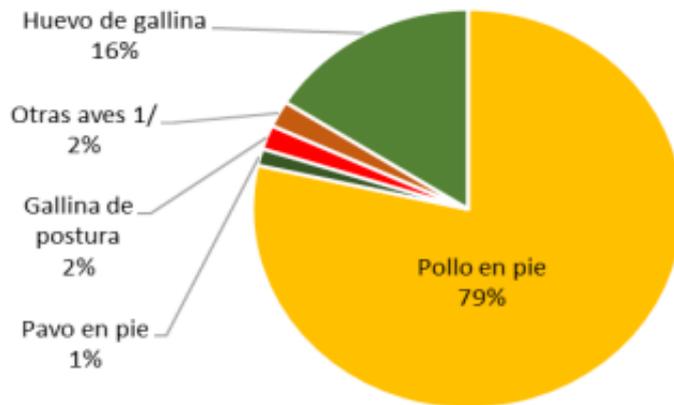
El sector avícola peruano es una actividad desarrollada con visión empresarial y altamente eficiente. Representa cerca de 28% del total de Valor Bruto de la producción agropecuaria del país (VBPA). Constituye el 65% de consumo de proteína de origen animal, creciendo en los últimos años a una tasa de 7.8% anual. Otra característica es la finalidad empresarial, con alta tecnificación, comprende etapas como: avances en genética, producción de abuelas y reproductoras, producción de alimentos balanceados, incubación, crianza de pollos, ponedoras, pavos, beneficio y comercialización del producto final: carne o huevo. El sector avícola peruano es uno de los más importantes de la economía peruana, ya que es uno de los principales productores y exportadores de carne de pollo en América Latina. La producción avícola se concentra principalmente en la costa peruana, en regiones como Lima, Ica y La Libertad. Sin embargo, todavía dependemos de la importación de los insumos usados en la alimentación y equipos haciéndola cada vez menos eficiente y más competitiva (PoultrylifeIA, 2023).



<sup>1</sup> Total ave más huevo de gallina.  
Fuente: SIEA

*Figura 1. Valor bruto de la producción avícola desde enero a octubre 2021.*

**G2. PERÚ. PARTICIPACIÓN DE LOS PRINCIPALES PRODUCTOS AVÍCOLAS EN LA FORMACIÓN DEL VBPA. OCTUBRE 2021.**



1/ Incluye reproductores, gallinas, gallos y patos de traspatio  
Fuente: SIEA

*Figura 2. Participación de los principales productos avícola que conforman el VBPA a octubre 2021.*

La avicultura nacional se concentra en las regiones de costa: Ica con un 36.4%, Lima con un 28.4% y La Libertad con un 18.2% (PoultrylifeIA, 2023). En Perú, la producción avícola es principalmente de carne de pollo, aunque también se produce una cantidad significativa de huevos. El sector avícola está compuesto principalmente por pequeñas y medianas empresas, aunque también existen algunas grandes empresas que dominan el mercado. Estos huevos en su mayoría son de gallinas de líneas color marrón y su huevo tienen el mismo color. La crianza comercial en jaulas predomina y se caracteriza por el uso de gallinas mejoradas livianas y seleccionadas por sus altos índices de producción. En las áreas rurales, los huevos proceden de gallinas híbridas cruzadas (criollas), que han sido adaptadas a las diferentes condiciones ambientales y resistentes a patógenos (Paredes et al., 2019), cuya producción es para autoconsumo, pero de haber excedente son vendidos en pequeños mercados o ferias. Su alimentación está basada en gusanos, insectos y plantas con un complemento en base a granos de maíz u otros. Los sistemas de producción en las zonas rurales varía desde crianza en corral sin jaula, hasta crianzas libres, con diferencias en los índices productivos (FAO, 2022).

Los consumidores prefieren consumir huevos porque son versátiles, fáciles en la preparación, palatables y son más baratos comparado con otras fuentes de proteína animal como las carnes rojas o el pescado (Avinews, 2019). Son considerados de interés nutricional debido a que son una fuente balanceada de nutrientes para niños y adultos y

proveen ácidos grasos esenciales y colesterol, proteína de alta calidad, minerales y vitaminas (calcio, hierro, fósforo y vitaminas), así como componentes biológicamente activos (Instituto de estudios del huevo, 2023).

Las preferencias de los consumidores de huevos van cambiando en estos últimos años principalmente por factores intrínsecos, extrínsecos y factores socio culturales (Rondoni et al., 2020a), generando demanda por huevos que provengan de sistemas más naturales, amigables con el medio ambiente y que brinde bienestar a los animales (Lemos Teixeira et al., 2018; Rondoni et al., 2020a), prefieren huevos más inocuos totalmente diferentes a la avicultura industrial tradicional (Lusk, 2019).

La calidad de huevo se ve afectada por muchos factores, entre ellos predomina: la genética de las aves, su estado fisiológico, el método de crianza, tipo de alimentación, procesamiento y condiciones de almacenamiento (Abebe et al., 2023). En base al método de crianza, el más común desde los años 50 fue la crianza en jaulas que fue la más tradicional durante muchos años y su propósito fue asegurar la salud de las aves, seguridad, minimizar carga de trabajo, maximizar la ganancia y producción, todo ello implicaba que las aves sean alojadas en pequeñas jaulas y no se le permita expresar su conducta natural (Giersberg & Rodenburg, 2023).

Uno de los parámetros de calidad externa del huevo es el peso de huevo, basado en legislación extranjera y que cataloga a los huevos para consumo directo humano. En Perú existe una clasificación de los huevos en función de su calidad y tamaño. Esta clasificación se utiliza para establecer estándares y garantizar la calidad de los huevos que se comercializan en el país. La clasificación de los huevos en Perú se basa principalmente en el peso del huevo (Yang et al., 2023). A continuación, te mencionaré las categorías más comunes:

1. Extra: Son huevos de mayor tamaño y peso. Por lo general, se clasifican como "Extra" aquellos huevos que pesan más de 73 gramos.
2. Jumbo: Son huevos grandes, pero ligeramente más pequeños que los de la categoría "Extra". Su peso suele oscilar entre los 68 y 73 gramos.
3. Grande: Son huevos de tamaño estándar y suelen pesar entre 58 y 68 gramos.
4. Mediano: Son huevos de tamaño más pequeño, con un peso que va desde los 53 hasta los 58 gramos.
5. Pequeño: Son huevos pequeños, con un peso inferior a los 53 gramos.

El precio de huevo es un factor determinante al concluir un proceso de compra, especialmente en países en vías de desarrollo, mientras que, en los países desarrollados, en que la diversificación de la demanda y vinculada con la idea de mejora en el bienestar de las aves y su relación con la calidad (Rondoni et al., 2020b), ha determinado que el método de producción es un sub factor relevante, de cual se hacen inferencias acerca de la salud y propiedades sensoriales de huevos y son los determinantes al realizar la compra (Rondoni et al., 2020a).

Por ello, otros sistemas como crianza de gallinas en libertad implican que las aves tengan acceso a libre en campo. Por otro lado, la crianza orgánica implica una serie de restricciones o estándares de producción que debe tener provisión de alimento orgánico, el cual debe estar libre de aditivos sintéticos u organismos modificados genéticamente (Kennedy, 2024). Pero también esta heterogeneidad de manejo puede afectar la composición nutricional en los huevos. Por ejemplo, en las gallinas criadas de manera libre y con el uso de forrajes, insectos, gusanos, implica huevos con composiciones diferentes (Réhault-Godbert et al., 2019). Por otro lado, los huevos de crianzas tradicionales (jaulas) podrían contener mayor composición en vitaminas y carotenoides, debido principalmente a la inclusión de aditivos en la dieta (Réhault-Godbert et al., 2019).

Por ello Dalle Zotte et al. (2021), evaluaron la calidad de huevos de diferentes sistemas de crianza (jaulas, orgánico y semi libre) y en diferentes periodos de venta. Los mejores resultados físico químicos se obtuvieron en los huevos orgánicos, específicamente en intensidad de color de yema, composición proximal, perfil de ácidos grasos y sin variación en los rasgos sensoriales. Los huevos procedentes de jaula y semi libres presentaron características similares; el periodo de venta de huevo (junio-Julio; setiembre-octubre) revelaron que los huevos orgánicos mantienen la calidad a lo largo del estudio (aspectos físicos), comparado con los huevos de gallina en jaula y semi libre quienes tuvieron mucha variabilidad.

En otra investigación, Castillo et al., (2024) evaluó las características físicas y químicas de huevos provenientes de gallinas criadas bajo diferentes sistemas de crianza (jaulas, semi libres, libres, orgánicas y de razas nativas). Los resultados indicaron que el color de yema fue más claro en huevos orgánicos y más oscuro en gallinas enriquecidas con ácidos grasos omega 3 en su dieta. Gallinas en jaula produjeron huevos con mayor contenido proteico, mientras que en huevos orgánicos se encontró y se obtuvo el menor nivel de

proteína en albumen. El estudio concluye que la elección de compra de un huevo podría no ser garantía de la calidad de producto y refiere que existen otras características como el genotipo (raza o línea), edad y el tipo de dieta podrían alterar sus propiedades, siendo de calidad superior los huevos procedentes de dietas enriquecidas.

Los hábitos y preferencias para ciertas características específicas tales como color de cáscara difieren entre los países y consumidores en esos países. Por ejemplo en Japón, América del Norte y Central, India, Taiwán y Filipinas prefieren los huevos con cáscara de color blanco y en la mayoría de países de América Latina, Europa y China prefieren el color marrón en la cáscara (Chen et al., 2023). En otra investigación sobre calidad de huevo se pudo evidenciar que el color de la yema de huevo, es uno de los atributos que prefieren los consumidores. De igual manera, se prefieren los huevos que proceden de granjas familiares o de crianzas alternativas, aunque continúen comprando huevos convencionales (jaula), siendo el precio más barato, su principal razón. Al evaluar el análisis sensorial en huevos, se concluye que los encuestados prefieren huevos con yemas más oscuras (amarillo); de igual manera prefieren huevos de granjas con cáscaras marrón y azuladas en comparación a los huevos de origen industrial (Berkhoff et al., 2020a).

En la actualidad, sobre todo en las provincias de Perú se realiza la compra de huevos a granel o convencional (salvo en las grandes ciudades) desconociendo información importante como por ejemplo la incorporación de componentes nutritivos en la dieta de las aves para producir huevos funcionales enriquecidos con ácidos grasos poli insaturados omega 3 (AGPI n-3) provenientes de aves alimentadas con insumos altos en AGPI n-3 como aceites de pescado, linaza, sacha inchi o microalgas (Réhault-Godbert et al., 2019). Algunas marcas tradicionales y presente en grandes centros de abastos de la costa (Lima, Trujillo o Chiclayo), sobre todo en supermercados, se puede observar que los huevos que se venden empacados, todavía no proveen información mínima relacionado como la genética de las aves, edad o tipo de dieta usada en su crianza (Alsobayel et al., 2020).

Por ello, el objetivo del presente estudio pretende evaluar la calidad físico química y análisis sensorial en huevos provenientes de dos sistemas de crianza (libre y en jaula) de gallinas ponedoras.

## **II. MATERIAL Y MÉTODOS**

### **2.1. Lugar de estudio**

El análisis de los parámetros físico – químicos y sensorial se realizaron en el Laboratorio de Nutrición y Bromatología de los alimentos de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM). Los huevos fueron adquiridos de locales de expendio (Metro para huevos de Lima, cáscara blanca y marrón), productor local de Jumbilla (Bongará, Amazonas), para huevos de granja local se adquirió de la Unidad de Investigación en Aves de la Facultad de Ingeniería Zootecnista, Agronegocios y Biotecnología de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

### **2.2. Población y muestra usada**

La determinación del tamaño de muestra estuvo definida por el método no probabilístico a criterio usando el programa informático G\*Power (Versión 3.1) (principalmente por un tema de costos en análisis de laboratorio). En la presente investigación se emplearon 250 huevos (tamaño de muestra), dividido en 5 tratamientos. Cada tratamiento tuvo 10 repeticiones, cada repetición estuvo conformado por el promedio de 5 huevos. El muestreo de huevos lo conformó la adquisición aleatoria de huevos, mismos que provienen de anaqueles de mercados o centros de crianza, de aves sanas (determinada en base a certificación en caso de supermercados y constatación in situ en caso de crianzas familiares y de la UNTRM).

### **2.3. Variables de estudio**

#### **A. V. Independiente:**

- Huevos procedentes de 2 sistemas de crianza (en jaula, libres)

#### **B. V. Dependiente:**

- Parámetros físicos y químicos relacionados con la calidad de huevo
- Análisis sensorial relacionado con la calidad de huevo

## 2.4. Codificación de los tratamientos

Se utilizaron 5 tratamientos, tal como se detalla en la Tabla 1.

Tabla 1. Tratamientos experimentales

<b>Tratamiento</b>	<b>Descripción de tratamientos</b>	<b>Código</b>
T1	Huevo proveniente de crianza libre (cascara verde)	HCVL
T2	Huevo proveniente de crianza libre (cascara marrón Amazonas)	HCMLAm
T3	Huevo convencional de crianza en jaula (cascara marrón)	HCMC
T4	Huevo convencional de crianza en jaula (cascara blanca)	HCBC
T5	Huevo proveniente de crianza libre (cascara marrón Lima)	HCMLLi

## 2.5. Parámetros físico químicos de calidad de huevo

Los huevos una vez adquiridos fueron puestos a temperaturas de 4 °C para luego ser analizados dentro de los 7 días posteriores a la compra.

### *Calidad externa de huevo*

#### **Peso de huevo**

El total de huevos por tratamiento fueron pesados y registrados usando una balanza analítica electrónica ( $\pm 0.1$  g).

#### **Índice de forma de huevo**

Se determinó en base a la metodología propuesta por Khalafalla y Bessei (1995) en base a la ecuación (1). El diámetro del huevo y la altura fueron medidos usando un calibrador tipo vernier manual.

$$IF = \frac{\text{Diámetro de huevo}}{\text{Altura de huevo}} \times 100 \quad (1)$$

#### **Grosor de cáscara**

Se determinaron 16 repeticiones por categoría, después de un proceso de lavado y secado (80°C x 12 horas) en estufa. Se calculó como el promedio de medido en región media y con el uso de micrómetro digital.

## ***Calidad interna***

### **Peso de yema, albumen y cáscara**

Los huevos fueron lavados (6 unidades por tratamiento), para luego ser quebrado y retirados de la albumina (uso de colador), luego la yema, con el uso en papel servilleta fue limpiada para luego su peso registrado en una balanza analítica ( $\pm 0.1$  g; Modelo JA3000C, Xing Yun, China). Al final, las cáscaras fueron colocadas en estufa ( $80^{\circ}$  C x 12 h). Los cálculos para determinar los pesos se hicieron siguiendo la metodología de Anderson et al., (2003).

### **Porcentaje de huevos con manchas de sangre**

Con los huevos analizados en el proceso anterior, se evaluó por inspección visual en aquellos huevos quebrados y que presentaron manchas de sangre (SI o NO) (Sutcliffe, 1998).

### **Unidad Haugh**

La altura de albumen se midió en 16 huevos por repetición y la metodología se fundamenta en quebrar sobre una superficie plana, con el uso de micrómetro de 0.01 mm de sensibilidad (Baxlo, Barcelona España).

### **Albumen denso**

En la determinación del porcentaje de albumen denso, se separa el albumen de la yema, con un separador de yema, y el albumen se deposita sobre un tamiz de 2 mm durante 3 minutos. El albumen fluido pasa por el tamiz y se queda retenido el albumen denso. Se pesan ambos tipos de albúmenes según lo reportado por Rodríguez (2016).

### **Medición de color en albumen, yema y cáscara**

Las funciones de color usadas en el presente estudio fueron medidas con un colorímetro CR-400 (Konica Minolta Co., Ltd., Osaka, Japón) que se estudió con el espacio y las funciones  $L^*$   $a^*$   $b^*$ , en la que  $L^*$  representa el grado entre negro (0) y color blanco (100). El valor de  $a^*$  hacia el extremo positivo indica rojo y un valor hacia el extremo negativo indica verde. De igual manera, el nivel  $b^*$  mide la clasificación de color entre azul y

amarillo con el amarillo hacia el extremo positivo y azul hacia el extremo negativo de la escala de medición (Samiullah et al., 2016). Se usó como fondo uniforme a un pedazo de cartulina blanca y que también fue medido con el colorímetro. Del mismo modo, se evaluó el color de yemas en base al abanico Roche (DSM, 2005-MB, 51548, Switzerland).

### **Potencial de hidrógeno (pH)**

Los huevos evaluados (6 por repetición y tratamiento de manera semanal), separados en yema y albúmina fueron puestos en un tubo de ensayo de 50 ml cada uno y se evaluó pH con el uso de un analizador de pH (HI-99161, Hanna, USA)(Hidalgo et al., 2008).

### ***Calidad nutricional***

#### **Contenido de proteína y cenizas en huevo**

Se realizó la evaluación de contenido de proteína se determinó calculando contenido de nitrógeno y multiplicado por el factor 6.25 y según metodología 925.30 (AOAC, 1995). Posteriormente se coloca en mufla (500°C x 6h) para la determinación de cenizas (AOAC, 1995).

#### **Lípidos en yema**

Se separan 8 yemas por categoría y que luego fueron homogenizadas en vortex, para extraer el total de lípidos presentes según metodología de Folch *et al.* (1957).

#### **Perfil de ácidos grasos (AG)**

Se realizaron siguiendo la metodología propuesta de Síntesis Directa de FAME (del inglés Fatty Acid Methyl Ester) adaptada de O'Fallon *et al* (2007), con modificaciones. Se empezó con muestras liofilizadas, pesadas en función del porcentaje de grasa bruta, o lo correspondiente a 20 y 30 mg de grasa (40 µl si es un aceite).

Se adicionó 0,7 ml de KOH 10 N en agua y 5,3 ml de metanol (MeOH) y 1 ml de la solución de patrón interno (0,5 mg/ml de C13:0 en MeOH) en un tubo de 15 mL y se mezcló con un vortex. Incubar en baño de agua o termoblock a 55 °C durante 1,5 h, agitando vigorosamente durante 5 s cada 20 min. Se añadió 0,58 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 24 N, mezclando el tubo por inversión e incubó en baño de agua o termoblock a 55 °C durante 1,5 h, agitando vigorosamente durante 5 s cada 20 min. Se enfrió con agua corriente del

grifo a temperatura ambiente añadiendo 1,5 ml de hexano (calidad HPLC) y agitado en vortex durante 5 min. Se centrifugó a 3000 rpm durante 5 min, se recogió la fase orgánica para introducirla en un vial, luego se realizó la determinación del perfil de AG en cromatografía de gases (GC) (7890B GC System, Agilent technologies, USA), equipado con un detector de espectrómetro de masas (Modelo 5977B, Agilent technologies, USA).

### ***Análisis sensorial***

Se utilizó un total de 30 huevos por cada sistema de crianza y puestos a refrigeración (5°C) por un periodo de 14 días (facilitar el pelado), luego fueron hervidos por un tiempo de 15 minutos y bajados a temperatura de 37°C, para mantenerlos antes de ser degustados. Treinta panelistas no entrenados, en edad mayor a los 18 años fueron consultados para evaluar cada mitad de huevo (tratamiento). Se usó agua y galletas sin sal por cada cambio de tratamiento. Cada tratamiento fue ubicado de manera aleatoria y etiquetado usando tres números aleatorios. Se evaluó la intensidad del color de yema, intensidad de aroma (olor de todo el huevo), dulzor, acidez, amargo, sabor (sensación producida en la lengua y paladar causado por el huevo en la boca), consistencia de albumen y aceptabilidad general. Las encuestas fueron presentadas con una breve referencia e indicación de cada atributo usando una línea de 0 a 15 cm, en la que 0 significó disgusto o falta de aceptabilidad y el valor de 15 implicó gusto total o alta aceptabilidad (Dalle Zotte et al., 2021).

### **2.6. Análisis estadístico de datos**

Los resultados de diferentes parámetros físico químicos en los huevos fueron evaluados con un análisis de varianza (ANOVA) de 1 vía. A pesar de que los huevos fueron de la misma categoría de peso, y de encontrar efecto significativo en relación al peso de huevo con el sistema de crianza, el peso de huevo fue considerado como covariable (ANCOVA). En ANOVA o ANCOVA, cuando se detecte un efecto significativo ( $p < 0.05$ ) se aplicará la prueba de comparación múltiple de Tukey.

Los resultados se analizarán estadísticamente mediante el programa estadístico SPSS (versión 25).

### III. RESULTADOS

#### 3.1. Parámetros físico químicos de calidad de huevo

En la tabla 2, existe diferencias de peso en huevos con mayor peso en huevos de tratamiento HCBC y con rangos que fluctúan entre 58,57 – 67,00 g. Para el índice de forma (IF) se puede evidenciar mayores valores para el tratamiento HCMLLi, con una mayor calidad para anaquel (más redondeado). En grosor de cáscara se encontró menores valores en huevos de crianza libre en amazonas con valores de 0,35 mm.

Tabla 2. Parámetros físico químicos de calidad externa de huevo en los diferentes sistemas productivos (convencional y libre)

<b>Factor</b>	<b>Peso de huevo (g)</b>	<b>Índice de forma de huevo</b>	<b>Grosor de cáscara (mm)</b>
HCVL	58,57 b ± 4,99	77,33a ± 2,66	0,36bc ± 0,04
HCMLAm	60,80 b ± 5,30	74,25b ± 3,23	0,35c ± 0,04
HCMC	60,23 b ± 4,13	76,76a ± 1,77	0,38a ± 0,06
HCBC	67,00 a ± 5,06	76,43a ± 1,52	0,38ab ± 0,03
HCMLLi	61,33 b ± 5,12	77,47a ± 2,44	0,37abc ± 0,03
P valor	<0.0001	<0.0001	<0.0001

P valor < 0.05

En la tabla 3 los pesos de yema hubo diferencias a favor de los tratamientos HCBC y HCMLAm con valores de 18,99 y 18,19 g, para peso de albumen se pudo encontrar mayores pesos a nivel de huevos de HCBC y HCMLLi con pesos de 41,3 y 38,7 g respectivamente. Finalmente, los pesos de cáscara se pudo evidenciar mayores pesos en huevos provenientes de HCBC y HCMLLi con pesos de cáscara de 6,69 y 6,15 g respectivamente.

Tabla 3. Parámetros físico químicos de calidad interna de huevo en los diferentes sistemas productivos (convencional y libre)

<b>Factor</b>	<b>Peso de yema (g)</b>	<b>Peso de albumen (g)</b>	<b>Peso de cáscara (g)</b>
HCVL	16,93b ± 1,83	36,28c ± 3,86	5,37c ± 0,53
HCMLAm	18,19a ± 2,10	38,09bc ± 4,72	5,53c ± 0,62
HCMC	16,20b ± 1,01	37,97bc ± 3,61	6,06b ± 0,55
HCBC	18,99a ± 1,88	41,30a ± 4,21	6,69a ± 0,52
HCMLLi	16,48b ± 1,17	38,70b ± 4,65	6,15b ± 0,49
P valor	<0.0001	<0.0001	<0.0001

La tabla 4 muestra los valores de calidad interna en relación a las unidades Haugh que se asocian con una mayor frescura de huevos, encontrándose valores más altos en el tratamiento HCMLAm con valores de 89,18, pero todos los valores fueron considerados mayores a 70 (frescos). El peso de albumen denso es otro indicador de frescura, considerando de igual manera al tratamiento HCMLAm con el valor mayor. Los valores de pH en yema y albumen estuvieron en los rangos de 9,34-9,87 y 6,02-6,41 respectivamente. Finalmente, el color de yema medido bajo la metodología de abanico de color arroja que el tratamiento HCMLLi y HCMLAm tienen la mejor aceptación y valores más altos.

Tabla 4. Parámetros físico químicos de calidad interna de huevo (Unidad Haugh, albumen denso, pH albumen y yema, color en abanico) en los diferentes sistemas productivos

<b>Factor</b>	<b>Unidad Haugh</b>	<b>Albumen denso (g)</b>	<b>pH albumen</b>	<b>pH yema</b>	<b>Color abanico</b>
HCVL	84,36b	21,82c	9,61b	6,23b	10,62b
HCMLAm	89,18a	27,13a	9,55b	6,41a	11,04a
HCMC	83,18b	24,77ab	9,34c	6,02c	10,18b
HCBC	78,33c	25,97ab	9,37c	6,35ab	8,57c
HCMLLi	76,52c	23,58bc	9,83a	6,25b	11,32a
P valor	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

P valor < 0.05

La tabla 5 el color de yema y de albumen medido con el colorímetro, revela mas claridad (espacio de color L\*) en los tratamientos HCMC y HCBC para yema, de igual manera, los valores más altos se encontraron en HCBC y HCVL para albumen. En el espacio de color a\* se puede evidenciar mayores valores en los tratamientos HCMLLi y HCMLAm para yema, mientras que en el espacio de color b\*, los tratamientos HCMC y HCBC para yema con mejores valores de color y en albumen se obtuvo mejores valores en los tratamientos HCMC y HCBC.

Tabla 5. Color de yema y de albumen en los diferentes sistemas productivos

<b>Factor</b>	<b>Color de yema</b>			<b>Color de albumen</b>		
	<b>L*</b>	<b>a*</b>	<b>b*</b>	<b>L*</b>	<b>a*</b>	<b>b*</b>
HCVL	60,27b	10,47 ab	39,69 ab	70,87a	-5,85bc	19,05c
HCMLAm	60,05b	11,08 a	37,60b	67,33bc	-5,37a	15,73c
HCMC	64,45a	9,20b	44,52 a	68,77b	-5,57ab	29,35a
HCBC	65,00a	4,73c	43,61 a	71,60a	-5,77abc	24,83b
HCMLLi	60,17b	11,45 a	35,72b	66,37c	-6,18c	17,22c
P valor	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

P valor < 0.05

La tabla 6 encuentra valores de composición mas altos en grasa para los tratamientos HCMLLi, mientras que en proteína de albumen y yema se encontró valores más altos en los tratamientos HCVL (88,22%) y HCBC (34,62%) respectivamente. Finalmente, los valores de cenizas en albumen y cenizas se encontró en los tratamientos HCMC con valores para albumen de 5,23% y 3,83%.

Tabla 6. Composición química de huevo (proteína, lípidos en yema y en huevo, cenizas) en los diferentes sistemas productivos

<b>Factor</b>	<b>Grasa (%)</b>	<b>Proteína en albumen (%)</b>	<b>Proteína en yema (%)</b>	<b>Ceniza en albumen (%)</b>	<b>Ceniza en yema (%)</b>
HCVL	53,06a	88,22a	33,17ab	4,84b	3,46
HCMLAm	52,70a	87,29a	33,13ab	4,80b	3,42
HCMC	52,53a	86,19ab	30,67b	5,23 a	3,83
HCBC	49,06b	78,49b	34,62a	5,07 ab	3,52
HCMLLi	51,70a	85,26ab	31,58ab	4,87b	3,44
P valor	<0.000	0.021	0.06	0.009	0.441

P valor < 0.05

En la tabla 7 podemos mencionar que elevados niveles de AGPI en los huevos provenientes de HCVL, respecto a los AGS no se encontró reales diferencias a comparación de huevos HCVL. De igual manera, los huevos con mayores AGPI de tipo poliinsaturado como C18:3n-3 y C22:6n-3 se pudo encontrar en el tratamiento HCVL.

Tabla 7. Perfil de ácidos grasos en yema de huevo en los diferentes sistemas productivos

<b>Factor</b>	<b>HCVL</b>	<b>HCMLAm</b>	<b>HCMC</b>	<b>HCBC</b>	<b>HCMLLi</b>	<b>P valor</b>
C14:0	0,20c	0,37ab	0,41a	0,30bc	0,36ab	<0.000
C16:0	20,04c	25,08ab	27,28a	24,95b	25,30b	<0.000
C16:1	2,16c	3,32b	4,11a	2,32c	2,38c	<0.000
C17:0	0,21	0,19	0,16	0,14	0,18	0.244
C18:0	7,40d	8,29c	8,92b	9,34b	10,44a	<0.000
C18:1n-9	33,20c	39,93b	39,33b	43,19a	43,29a	<0.000
C18:1n-7	1,28c	2,14a	2,14a	1,53bc	1,70b	<0.000
C18:2n-6	23,16a	13,89b	12,90c	11,79d	11,59d	<0.000
C18:3n-3	6,72a	0,33b	0,22b	0,28b	0,32b	<0.000
C20:1n-9	0,16ab	0,21ab	0,24ab	0,25a	0,15b	0.014
C20:2	0,17a	0,20a	0,13ab	0,12ab	0,07b	0.003

C20:3n-6	0,10b	0,16ab	0,19a	0,16ab	0,14ab	0.044
C20:4n-6	1,08c	1,78b	1,81b	2,25a	1,91b	<0.000
C22:5n-3	0,27a	0,12b	0,14b	0,09b	0,11b	<0.000
C22:6n-3	1,34a	0,95b	0,39c	0,79b	0,54c	<0.000
AGS <sup>1</sup>	27,85b	33,93a	36,77a	34,73a	36,28a	<0.000
AGMI <sup>2</sup>	36,80b	45,60a	45,82a	47,29a	47,52a	<0.000
AGPI <sup>3</sup>	32,84a	17,43b	15,78b	15,48b	14,68c	<0.000

<sup>1</sup>AGS: Ac. grasos saturados; <sup>2</sup>AGMI: Ac. grasos monoinsaturados; <sup>3</sup>AGPI: Ac. grasos poliinsaturados

En la tabla 8, se puede percibir mayores valores para aceptación en color para el tratamiento de HCVL (10,18) y menor valor para los huevos de HCMC (3,6). Un mejor aroma percibido en huevos HCMC (8,61); en flavor se puede evidenciar mayores valores en HCVL y HCMC. Sabores desagradables se pueden encontrar en HCMLLi con valor de 4,26. Para finalizar, la aceptabilidad y gusto total fue demostrada en la percepción de huevos provenientes de HCVL y HCBC.

Tabla 8. Análisis sensorial en los diferentes sistemas productivos

<b>Factor</b>	<b>HCVL</b>	<b>HCMLAm</b>	<b>HCMC</b>	<b>HCBC</b>	<b>HCMLLi</b>	<b>P valor</b>
Color	10,18a	9,13a	3,60b	9,81a	5,11b	<0.000
Aroma	6,42	5,80	8,61	7,31	7,93	0.072
Flavor	10,62a	8,54ab	8,76ab	8,34ab	7,39b	0.038
Sabor desagradable	1,84	3,37	3,26	3,36	4,26	0.369
Aceptabilidad y gusto total	10,95a	9,36ab	9,15ab	9,64ab	7,23b	0.033

## IV. DISCUSIÓN

### 4.1. Parámetros físicos y químicos relacionados con la calidad de huevo

Los **pesos de huevos** de procedencia convencional presentan mayor peso (HCBC, 67 g) comparado con los huevos de procedencia libre (58,57 g). Al clasificarlos, se puede encontrar huevos grandes (G) y jumbo (J), mientras que los huevos de procedencia libre estarán dentro del grupo de huevo mediano (M). Resultados similares se encontraron en los estudios de Egg Safety Center, (2022).

El **índice de forma de huevo (IF)** óptimo está en valores con rangos entre 73 y 76, aquellos huevos que tienen valores IF superiores a 76 son considerados redondos, mientras que, aquellos huevos con valores inferiores a 73 son considerados alargados. Los huevos provenientes del tipo de crianza libre y en la región Amazonas (HCMLAm) son considerados dentro de la categoría óptimo (~74,25), mientras que el resto de categorías estarían considerados como redondos (>76). De acuerdo a lo sustentado por Mfondou et al., (2016). En la presente investigación no hubo diferencias entre las crianzas libre y convencional, salvo el tratamiento HCMLAm.

El **grosor de cáscara** se determinó en los diferentes tratamientos, encontrando diferencias con mayor grosor en los huevos provenientes de crianza convencional (Crianza en jaula en huevos de color de cascara marrón y cáscara blanca) con menores valores en huevos de crianza libre. Pires et al., (2021) encontró diferencias con mayor grosor de cáscara en huevos criados bajo sistemas de crianza libre (ecológica) comparado a una crianza convencional (jaula). Respecto al **peso de cáscara** se encontró un mayor valor en los huevos criados bajo sistemas convencionales (jaula) comparado con un 24.58% menor en huevos criados de manera libre. La proporción de cáscara de huevo de igual manera se encontró en los huevos criados bajo modalidad convencional, siendo el tratamiento HCBC el mayor valor (9,98%) y 10,06% para HCMC, comparado con 9,17% en huevos de tipo HCVL, valores que concuerda con Alfonso-Carrillo et al., (2021), al mencionar que la proporción de cáscara en un huevo fluctúa entre 10-11%.

Respecto a las variables **peso de albumen** y **peso de albumen denso**, mayores valores en huevos blancos (HCBC) con un 13,84% mas pesado y comparado con el HCVL. En crianzas libres, los huevos procedentes de Lima (HCMLLi) presentaron mayor peso de albumen en relación a HCVL y HCMLAm. Sin embargo, en albumen

denso los huevos procedentes de crianzas libres de Amazonas mostraron valores superiores comparado con el resto de huevos evaluados, coincidiendo con Rodriguez, (2016), al concluir que las gallinas en producción ecológica producen huevos con mayor índice de albumen denso en comparación con los de producción convencional. De igual manera, los huevos de cascara marrón presentaron mayor peso de albumen denso en comparación con los huevos de cascara blanca y verde, coincidiendo con Hisasaga et al., (2020) al concluir que los huevos marrones tienen mayor cantidad de albumen que el resto de huevos.

La calidad de albumen de huevo medido a través de las **Unidades Haugh** se encontraron valores desde 76,52 hasta 89,18 evidenciando frescura, siendo superiores los valores encontrados en los huevos HCMLAm (crianza libre de la región Amazonas) y en menor valor se encontró en los huevos de tratamiento HCMLLi (crianza libre de Lima). Es necesario mencionar la interacción entre estirpe (genética) y edad de la gallina son influyentes en incrementar los niveles de UH, coincidiendo con los resultados de Pires et al., (2021), quien encontró valores superiores de UH en huevos que provienen de gallinas enjauladas comparado con los huevos de gallina ecológica, aduciendo probablemente a la frescura de dichos huevos. Por otro lado, los resultados coinciden con lo reportado por (Soria et al., 2013) al mencionar que los huevos marrones presentan mayor cantidad de albumen en comparación con huevos de cáscara color blanca.

En relación al **color de yema**, el rango de variación está en función a nivel de pigmentantes (de tipo xantofilas principalmente) en la dieta, tanto naturales (maíz) como artificiales (marigol u otros). Se evaluaron mediante el abanico de color y mediante el colorímetro con valores significativos para ambos parámetros. El índice de color medido con el **abanico de color** resultó en valores que van desde 8,57 para huevos de color blanco (HCBC) y van hasta valores de 11,32 para huevos de cáscara marrón (HCMLLi). Existe evidencia que los consumidores asocian el color con la calidad de huevo (Berkhoff et al., 2020b) y en la presente prueba se cuenta con mayor coloración en yemas provenientes de crianza libre versus crianza convencional (jaula), coincide con lo presentado por Hammershøj & Johansen (2016) al mencionar que las gallinas del tratamiento HCBC (gallinas blancas) presentaron la menor coloración posiblemente por ser de diferente color (blanco) y de raza diferente. Los tonos naranja dorado en las yemas de huevo fueron de interés para esta investigación, por ello, solo se incluyó el espacio de color del eje verde/rojo

o  $a^*$  debido a que incluye desde el color -60(verde) hasta +60 (rojo) (Ortiz et al., 2021). Existe mayores valores en los huevos de crianzas libres, sugiriendo mayores niveles de pigmentos de tipo xantofilas comparado con las yemas de crianza convencional (jaula) (Ortiz et al., 2021).

Con respecto al **color de albumen y valores de pH en albumen y yema**, se pudo encontrar valores más altos en huevos provenientes de HCMLLi (9,83) y HCVL (9,61), ambos de crianza libre de gallinas. Sin embargo, Nematina & Abdanan Mehdizadeh (2018) menciona que estos valores para pH en yema y albumen probablemente se deba a huevos con edad de almacenamiento por encima de 20 días, considerando en su investigación que un huevo recién puesto tiene un pH que oscila en ~6,41. En relación al color de albumen, las yemas más claras se pudo identificar en los tratamientos HCVL y HCBC con valores de 70,87 y 71,60 respectivamente. El espacio de color  $a^*$  arrojó valores más negativo (más verdosos) con los tratamientos como HCMLLi, HCVL y HCBC; finalmente, en el espacio de color  $b^*$ , los tratamientos HCMC y HCBC presentan las coloraciones más amarillentos.

Los valores de **proteína en huevo (albumen y yema)** fueron más altos en tratamiento HCVL con valores de 88,29% y 33,17% respectivamente. De igual manera HCBC se pudo obtener valores más altos para proteína en yema (34,62%). Las diferencias no coinciden con lo reportado por (Xia et al., 2022), que hizo notoria la diferencia de contenido de proteína menor en un huevo de crianza convencional comparado con el contenido en proteína en huevos de crianza libre y orgánica. De igual manera, los niveles de grasa se encontró en mayor cantidad a nivel de HCVL comparado con el resto de tratamientos evaluados. El nivel de **cenizas** fue superior a nivel de HCMC y HCBC, posiblemente a que provienen de crianzas de tipo convencional con un criterio en la adición de suplementos minerales en la dieta.

En relación al contenido de **ácidos grasos** en yema de huevo se presentó una mayor cantidad fue el ácido palmítico con su mayor valor promedio en huevos del tratamiento (HCMC, huevo de crianza en jaula cáscara marrón) con un valor de 27,28 g/100 g difiriendo notablemente de los demás tratamientos (Tabla 5, figura 3D). Hernández-Guzmán *et al.* (2021) obtuvieron un promedio similar para el ácido palmítico (26,48 g/100g) en huevos azules de gallinas Araucanas.

Respecto a los ácidos grasos monoinsaturados el que se encontró en mayor cantidad fue el ácido oleico para huevos en el tratamiento HCLM (huevos de crianza libre cáscara marrón) con un promedio de 43,28 g/100 g (Tabla 5, figura 3G). Este valor

es superior a lo reportado por Hernández-Guzmán *et al.* (2021) para huevos de cáscara marrón de gallinas Marans que registraron valores de ácido oleico de 39,40 g/100g. Jaramillo (2018) también reportó al ácido oleico en mayor cantidad dentro del grupo de los monoinsaturados, con una mayor concentración (43,12 g/100g) para los huevos procedentes de sistemas de pastoreo de gallinas Babcock Brown.

En los ácidos grasos poliinsaturados, hubo mayor cantidad de ácido linoleico en huevos del tratamiento HCVL (huevos de crianza libre de cáscara verde) con un promedio de 23,16 g/100g. Este valor es superior al registrado por Chavarría-Zamora *et al.* (2021) para huevos procedentes de gallinas Sex Link con acceso a pastoreo con los que obtuvo un valor promedio de 15,98 g/100g

Los huevos de crianza libre con cáscara verde (HCVL) reportaron la mayor suma de ácidos grasos poliinsaturados con 32,57 g/100g. Estos ácidos grasos poliinsaturados se consideran como ácidos grasos esenciales, que si se consumen en las proporciones adecuadas traen múltiples beneficios para la salud humana como la reducción del colesterol, disminución de la presión arterial, prevención de enfermedades cardíacas, entre otras (Shahidi & Ambigaipalan, 2018).

La tendencia general fue que los huevos procedentes de crianza en jaula tengan mayor concentración de grasas saturadas mientras que los huevos que procedían de sistemas libres presentaron mayor contenido de grasas monoinsaturadas y poliinsaturadas, esto podría estar asociado a factores como la alimentación y el tipo de crianza de las gallinas (Mateos *et al.*, 2015; Gavarrete, 2019; Chavarría-Zamora *et al.*, 2021).

#### **4.2. Análisis sensorial**

En el **análisis sensorial** no hubo diferencias significativas para aroma de huevo, pero todos los tratamientos estuvieron en un rango medio, indicando un aroma moderado. Se pudo observar que el tratamiento HCLV (crianza libre cáscara verde) fue el que mejores puntajes recibió para la mayoría de variables, se calificó con un color de yema intenso (10,18 puntos), aroma moderado (6,42 puntos), flavor agradable (10,62 puntos) y con buena aceptabilidad (10,95 puntos). Sin embargo, presentó sabores desagradables (4,26 puntos). Esta mayor aceptación y gusto general por los huevos procedentes de crianza libre coincide con lo encontrado por Jaramillo (2018) para las variables flavor y color de yema para huevos procedentes de gallinas Babcock Brown bajo sistemas de pastoreo suplementados con linaza.

## V. CONCLUSIONES

- Los huevos convencionales (jaula) con mejores pesos, mejores valores en calidad de cascara (peso y grosor).
- La calidad de albumen (denso) y Unidades Haugh fueron superiores en aquellos huevos procedentes de crianza libre, dentro de ellos resalta los huevos de cascara marron mejorando sustancialmente a los huevos blancos en cascara.
- El color de yema expresado como abanico de color fue mejor en huevos de crianza libre. En colorímetro de igual manera, los huevos provenientes de crianza libre obtuvieron los mejores resultados en el espacio de color  $a^*$  (de mayor importancia en pigmentación de yema).
- El color de albumen no tiene parámetros muy definidos pero si se asocian con el almacenamiento con huevos de tipo crianza libre, es decir los huevos de crianza libre son más verdosos.
- Los valores químicos de proteína en albumen, yema y cenizas fueron importantes y no hubo una desviación bien definida, al parecer la crianza convencional y su suplementación hace prevalecer en superioridad frente a los de crianza libre.
- Los ácidos grasos en los distintos tipos de huevo pudieron evidenciar mayor cantidad de ácidos grasos de tipo poliinsaturado en comparación con los saturados presentes en mayor cantidad a nivel de los huevos de crianza convencional.
- Todos los huevos demostraron un valor moderado, sin rechazos relevantes tanto en crianza libre como convencional.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Es necesario mayor investigación en huevos de crianza libre y su relación con la calidad en función al tiempo.
- Este tipo de investigaciones involucra mejorar la percepción del público objetivo y sus preferencias en la relación a un mayor abanico de percepciones por el consumidor
- Mejorar las investigaciones en calidad de huevo con equipamiento que la Facultad de Ingeniería Zootecnista, Agronegocios todavía carece, debiendo brindar mayor apoyo en su adquisición por parte de la alta dirección.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abebe, F., Mulatu, H., & Kelemework, S. (2023). Review of Factors Affecting Egg Quality and Its Effect Review of Factors Affecting Egg Quality and Its Effect. *Journal of Animal Health*, 3, 17-32.
- Alfonso-Carrillo, C., Benavides-Reyes, C., De Los Mozos, J., Dominguez-Gasca, N., Sanchez-Rodríguez, E., Garcia-Ruiz, A. I., & Rodriguez-Navarro, A. B. (2021). Relationship between Bone Quality, Egg Production and Eggshell Quality in Laying Hens at the End of an Extended Production Cycle (105 Weeks). *Animals*, 11(3), 623. <https://doi.org/10.3390/ani11030623>
- Alsobayel, A. A., Alshaikhi, A. M., & Al-Abdullatif, A. A. (2020). Quality and weight grades classification of stored commercial Table eggs marketed in supermarket and grocery stores in Riyadh city during winter and summer seasons according to GCC standard. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 19(5), 339-352. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2020.03.004>
- Anderson, K. E. A., J.B. Tharrington, J. B. T., P.A. Curtis, P. A. C., & F.T. Jones, F. T. J. (2003). Shell Characteristics of Eggs from Historic Strains of Single Comb White Leghorn Chickens and the Relationship of Egg Shape to Shell Strength. *International Journal of Poultry Science*, 3(1), 17-19. <https://doi.org/10.3923/ijps.2004.17.19>
- AOAC. (1995). *Official methods of analysis of AOAC international*. Association of Official Analytical Chemists.
- Avinews. (2019, mayo 2). *Avicultura de Perú continúa creciendo este año 2019*. aviNews, la revista global de avicultura. <https://avicultura.info/avicultura-de-peru-continua-creciendo-este-ano-2019/>
- Berkhoff, J., Alvarado-Gilis, C., Keim, J. P., Alcalde, J. A., Vargas-Bello-Pérez, E., & Gandarillas, M. (2020a). Consumer preferences and sensory characteristics of eggs from family farms. *Poultry Science*, 99(11), 6239-6246. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.06.064>
- Berkhoff, J., Alvarado-Gilis, C., Keim, J. P., Alcalde, J. A., Vargas-Bello-Pérez, E., & Gandarillas, M. (2020b). Consumer preferences and sensory characteristics of eggs from family farms. *Poultry Science*, 99(11), 6239-6246. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.06.064>
- Castillo, A., Salvucci, S., Mancini, S., Serra, A., Cappucci, A., Schiavone, A., Soglia, D., Zaniboni, L., Buccioni, A., Mannelli, F., Castellini, C., Cartoni Mancinelli, A., Cassandro, M., Iaffaldano, N., Cecchi, F., Russo, C., Cerolini, S., & Marzoni Fecia Di Cossato, M. (2024). Physical and chemical characteristics of eggs from eight Italian chicken breeds. *Italian Journal of Animal Science*, 23(1), 342-347. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2024.2314149>
- Char, C., Yoplac, I., & Escalona, V. H. (2017). Microbiological and Functional Quality of Ready-to-Eat Arugula as Treated by Combinations of UV-C and

- Nonconventional Modified Atmospheres: Ready-to-eat arugula as treated by UV-C and novel modified atmospheres. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(3), e12978. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12978>
- Chen, R., Jiang, C., Li, X., Shi, X., Zhuang, L., Zhou, W., Zhou, C., Xuan, L., Xu, G., & Zheng, J. (2023). Research on Chinese consumers' shell egg consumption preferences and the egg quality of functional eggs. *Poultry Science*, 102(10), 103007. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.103007>
- Dalle Zotte, A., Cullere, M., Pellattiero, E., Sartori, A., Marangon, A., & Bondesan, V. (2021). Is the farming method (cage, barn, organic) a relevant factor for marketed egg quality traits? *Livestock Science*, 246, 104453. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104453>
- Di Pierro, P., Sorrentino, A., Mariniello, L., Giosafatto, C. V. L., & Porta, R. (2011). Chitosan/whey protein film as active coating to extend Ricotta cheese shelf-life. *LWT - Food Science and Technology*, 44(10), 2324-2327. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.11.031>
- Egg Safety Center. (2022). *All about egg sizes, types, grades and more* –. <https://eggsafety.org/fact-sheet-types-of-eggs/>
- FAO. (2022). *Producción avícola familiar | Producción y productos avícolas | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. <https://www.fao.org/poultry-production-products/production/production-systems/family-poultry-production/es/>
- Folch, J., Lees, M., & Stanley, G. H. S. (1957). A Simple Method for the Isolation and Purification of Total Lipides from Animal Tissues. *Journal of Biological Chemistry*, 226(1), 497-509.
- Giersberg, M. F., & Rodenburg, T. B. (2023). Advances in keeping laying hens in various cage-free systems: Part I rearing phase. *World's Poultry Science Journal*, 79(3), 535-549. <https://doi.org/10.1080/00439339.2023.2234343>
- González-Esquerra, R., & Leeson, S. (2001). Alternatives for enrichment of eggs and chicken meat with omega-3 fatty acids. *Canadian Journal of Animal Science*, 81(3), 295-305. <https://doi.org/10.4141/A00-092>
- Hammershøj, M., & Johansen, N. F. (2016). Review: The effect of grass and herbs in organic egg production on egg fatty acid composition, egg yolk colour and sensory properties. *Livestock Science*, 194, 37-43. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2016.11.001>
- Hidalgo, A., Rossi, M., Clerici, F., & Ratti, S. (2008). A market study on the quality characteristics of eggs from different housing systems. *Food Chemistry*, 106(3), 1031-1038. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.07.019>
- Hisasaga, C., Griffin, S. E., & Tarrant, K. J. (2020). Survey of egg quality in commercially available table eggs. *Poultry Science*, 99(12), 7202-7206. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.09.049>

- Instituto de estudios del huevo. (2023). *EL HUEVO EN LA DIETA Y LA SALUD / Instituto de Estudios del Huevo*. <https://www.institutohuevo.com/el-huevo-en-la-dieta-y-la-salud/>
- Kennedy, N. (2024, enero 26). *Organic Poultry Farming: A Comprehensive Guide*. The Farming Insider. <https://thefarminginsider.com/organic-poultry-farming/>
- Khalafalla, M. K., & Bessei, W. (1995, septiembre 25). Reliability of quasi-static compression as an indicator of eggshell quality. *In Proceeding of the VI European Symposium of the Quality of Egg and Egg Products*, 67-71.
- Lemos Teixeira, D., Larraín, R., & Hötzel, M. J. (2018). Are views towards egg farming associated with Brazilian and Chilean egg consumers' purchasing habits? *PLOS ONE*, 13(9), e0203867. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203867>
- Lusk, J. L. (2019). Consumer preferences for cage-free eggs and impacts of retailer pledges. *Agribusiness*, 35(2), 129-148. <https://doi.org/10.1002/agr.21580>
- Molnár, A., Maertens, L., Ampe, B., Buyse, J., Kempen, I., Zoons, J., & Delezie, E. (2016). Changes in egg quality traits during the last phase of production: Is there potential for an extended laying cycle? *British Poultry Science*, 57(6), 842-847. <https://doi.org/10.1080/00071668.2016.1209738>
- Nematinia, E., & Abdanan Mehdizadeh, S. (2018). Assessment of egg freshness by prediction of Haugh unit and albumen pH using an artificial neural network. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12(3), 1449-1459. <https://doi.org/10.1007/s11694-018-9760-1>
- O'Fallon, J. V., Busboom, J. R., Nelson, M. L., & Gaskins, C. T. (2007). A direct method for fatty acid methyl ester synthesis: Application to wet meat tissues, oils, and feedstuffs. *Journal of Animal Science*, 85(6), 1511-1521. <https://doi.org/10.2527/jas.2006-491>
- Ortiz, D., Lawson, T., Jarrett, R., Ring, A., Scoles, K. L., Hoverman, L., Rocheford, E., Karcher, D. M., & Rocheford, T. (2021). Biofortified orange corn increases xanthophyll density and yolk pigmentation in egg yolks from laying hens. *Poultry Science*, 100(7), 101117. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101117>
- Paredes A, M., Romero C, A., Torres R, M., Vallejos F, L., & Mantilla G, J. (2019). Crecimiento y comportamiento reproductivo de la gallina criolla de huevos con cáscara verde de la provincia de Chota, Cajamarca. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 30(2), 733-744. <https://doi.org/10.15381/rivep.v30i2.16070>
- Pires, P. G. D. S., Bavaresco, C., Prato, B. S., Wirth, M. L., & Moraes, P. D. O. (2021). The relationship between egg quality and hen housing systems—A systematic review. *Livestock Science*, 250, 104597. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104597>
- PoultrylifeIA. (2023, febrero 5). *La avicultura actual en Perú*. Poultry Life avicultura moderna. <https://poultrylife.com/articulos-tecnicos/la-avicultura-actual-en-peru/>

- Réhault-Godbert, S., Guyot, N., & Nys, Y. (2019). The Golden Egg: Nutritional Value, Bioactivities, and Emerging Benefits for Human Health. *Nutrients*, *11*(3), 684. <https://doi.org/10.3390/nu11030684>
- Rodriguez, A. (2016). *Tipificación de la calidad de huevo de gallina ecológico y convencional*. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/71437/RODR%20GUEZ%20-%20TIPIFICACION%20DE%20LA%20CALIDAD%20DEL%20HUEVO%20DE%20GALLINA%20ECOLOGICO%20Y%20CONVENCIONAL..pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rondoni, A., Asioli, D., & Millan, E. (2020a). Consumer behaviour, perceptions, and preferences towards eggs: A review of the literature and discussion of industry implications. *Trends in Food Science & Technology*, *106*, 391-401. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.10.038>
- Rondoni, A., Asioli, D., & Millan, E. (2020b). Consumer behaviour, perceptions, and preferences towards eggs: A review of the literature and discussion of industry implications. *Trends in Food Science & Technology*, *106*, 391-401. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.10.038>
- Samiullah, S., Roberts, J., & Chousalkar, K. (2016). Oviposition time, flock age, and egg position in clutch in relation to brown eggshell color in laying hens. *Poultry Science*, *95*(9), 2052-2057. <https://doi.org/10.3382/ps/pew197>
- Shahidi, F., & Ambigaipalan, P. (2018). Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids and Their Health Benefits. *Annual Review of Food Science and Technology*, *9*(1), 345-381. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-111317-095850>
- Soria, M. A., Bueno, D. J., & Bernigaud, I. I. C. (2013). Comparison of Quality Parameters in Hen's Eggs According to Egg Shell Color. *International Journal of Poultry Science*, *12*(4), 224-234. <https://doi.org/10.3923/ijps.2013.224.234>
- Sutcliffe, C. C. (1998). Incidence of blood spots in yolks from phosphorus-deficient hens. *British Poultry Science*, *39*(sup001), 58-59. <https://doi.org/10.1080/00071669888412>
- Xia, F., Zhao, Y., Xing, M., Sun, Z., Huang, Y., Feng, J., & Shen, G. (2022). Discriminant Analysis of the Nutritional Components between Organic Eggs and Conventional Eggs: A <sup>1</sup>H NMR-Based Metabolomics Study. *Molecules*, *27*(9), 3008. <https://doi.org/10.3390/molecules27093008>
- Yang, X., Bist, R. B., Subedi, S., & Chai, L. (2023). A Computer Vision-Based Automatic System for Egg Grading and Defect Detection. *Animals*, *13*(14), 2354. <https://doi.org/10.3390/ani13142354>

## ANEXOS

### Anexo A. Tablas auxiliares sobre procesamiento estadístico sobre la evaluación de diferentes tipos de huevo en los indicadores productivos de gallinas ponedoras

Tabla A.1. Datos descriptivos, Análisis de varianza (ANOVA) y pruebas post hoc para el peso en huevos de diferente procedencia

**Descriptivos**

peso\_huevo

	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% de intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
HCVL	65	58,5691	4,99310	,61932	57,3318	59,8063	46,03	69,85
HCMLAm	88	61,9155	5,30302	,56530	60,7919	63,0391	49,28	71,79
HCMC	55	60,2273	4,12746	,55655	59,1115	61,3431	51,29	72,85
HCBC	70	66,9909	5,05763	,60450	65,7849	68,1968	54,19	75,75
HCMLLi	49	61,3331	5,12040	,73149	59,8623	62,8038	51,06	72,53
Total	327	61,9655	5,72617	,31666	61,3426	62,5885	46,03	75,75

**ANOVA**

peso\_huevo

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	2703,613	4	675,903	27,254	,000
Dentro de grupos	7985,625	322	24,800		
Total	10689,238	326			

**peso\_huevo**

Duncan<sup>a,b</sup>

tipo de huevo	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
HCVL	65	58,5691		
HCMC	55	60,2273	60,2273	
HCMLLi	49		61,3331	
HCMLAm	88		61,9155	
HCBC	70			66,9909
Sig.		,063	,073	1,000

Tabla A.2. Datos descriptivos, Análisis de varianza (ANOVA) y pruebas post hoc para el peso de yema, albumen y cascara en huevos de diferente procedencia (libre y convencional)

		Descriptivos							
		N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% de intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
						Límite inferior	Límite superior		
peso_yema	HCVL	65	16,9283	1,82762	,22669	16,4754	17,3812	12,63	21,62
	HCMLAm	88	18,1920	2,10077	,22394	17,7469	18,6372	13,25	23,42
	HCMC	55	16,1964	1,00920	,13608	15,9235	16,4692	13,36	18,40
	HCBC	70	18,9933	1,88471	,22527	18,5439	19,4427	14,90	22,55
	HCMLLi	49	16,4776	1,17036	,16719	16,1414	16,8137	13,90	19,69
	Total	327	17,5198	2,01803	,11160	17,3002	17,7393	12,63	23,42
peso_cascara	HCVL	65	5,3658	,53028	,06577	5,2345	5,4972	3,94	6,54
	HCMLAm	88	5,5250	,61554	,06562	5,3946	5,6554	4,40	6,90
	HCMC	55	6,0573	,54899	,07403	5,9089	6,2057	4,37	7,64
	HCBC	70	6,6937	,51809	,06192	6,5702	6,8172	5,39	8,43
	HCMLLi	49	6,1520	,48816	,06974	6,0118	6,2923	5,07	7,19
	Total	327	5,9270	,73570	,04068	5,8470	6,0071	3,94	8,43
Peso_albumen	HCVL	65	36,2754	3,85249	,47784	35,3208	37,2300	26,28	45,90
	HCMLAm	88	38,0850	4,72023	,50318	37,0849	39,0851	24,49	47,93
	HCMC	55	37,9740	3,61218	,48707	36,9975	38,9505	29,32	50,14
	HCBC	70	41,3040	4,20641	,50276	40,3010	42,3070	31,73	49,15
	HCMLLi	49	38,7035	4,64990	,66427	37,3679	40,0391	29,68	48,76
	Total	327	38,4884	4,55235	,25175	37,9931	38,9836	24,49	50,14

		ANOVA				
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
peso_yema	Entre grupos	364,050	4	91,013	30,414	,000
	Dentro de grupos	963,566	322	2,992		
	Total	1327,617	326			
peso_cascara	Entre grupos	79,254	4	19,813	65,641	,000
	Dentro de grupos	97,194	322	,302		
	Total	176,448	326			
Peso_albumen	Entre grupos	904,406	4	226,101	12,442	,000
	Dentro de grupos	5851,573	322	18,173		
	Total	6755,979	326			

		peso_yema			
Duncan <sup>a,b</sup>		Subconjunto para alfa = 0.05			
tipo de huevo	N	1	2	3	4
HCMC	55	16,1964			
HCMLLi	49	16,4776	16,4776		
HCVL	65		16,9283		
HCMLAm	88			18,1920	
HCBC	70				18,9933
Sig.		,363	,145	1,000	1,000

**peso\_cascara**

Duncan<sup>a,b</sup>

tipo de huevo	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
HCVL	65	5,3658		
HCMLAm	88	5,5250		
HCMC	55		6,0573	
HCMLLi	49		6,1520	
HCBC	70			6,6937
Sig.		,106	,335	1,000

**Peso\_albumen**

Duncan<sup>a,b</sup>

tipo de huevo	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
HCVL	65	36,2754		
HCMC	55		37,9740	
HCMLAm	88		38,0850	
HCMLLi	49		38,7035	
HCBC	70			41,3040
Sig.		1,000	,370	1,000

Tabla A.3. Datos descriptivos, Análisis de varianza (ANOVA) y pruebas post hoc para el albumen denso, índice de forma, unidades haugh de diferente procedencia (libre y convencional)

**Descriptivos**

		N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% de intervalo de confianza para la media			
						Límite inferior	Límite superior	Mínimo	Máximo
alb_denso	HCVL	65	21,8246	4,61918	,57294	20,6800	22,9692	11,64	33,00
	HCMLAm	88	27,1266	6,85346	,73058	25,6745	28,5787	6,30	39,23
	HCMC	55	24,7653	3,83256	,51678	23,7292	25,8014	15,38	36,54
	HCBC	70	25,9720	5,78796	,69179	24,5919	27,3521	8,80	37,19
	HCMLLi	49	23,5771	4,96134	,70876	22,1521	25,0022	12,32	37,21
	Total	327	24,8965	5,79729	,32059	24,2658	25,5272	6,30	39,23
indice_forma	HCVL	65	77,3260	2,65645	,32949	76,6678	77,9842	71,32	83,94
	HCMLAm	88	74,2518	3,22465	,34375	73,5686	74,9351	58,00	81,10
	HCMC	55	76,7620	1,77140	,23886	76,2831	77,2409	72,97	81,17
	HCBC	70	76,4326	1,51826	,18147	76,0706	76,7946	69,37	79,59
	HCMLLi	49	77,4710	2,43717	,34817	76,7710	78,1711	72,20	82,85
	Total	327	76,2343	2,76161	,15272	75,9339	76,5347	58,00	83,94
unidad_haugh	HCVL	65	84,3600	6,36980	,79008	82,7816	85,9384	63,70	96,65
	HCMLAm	88	89,1753	8,14706	,86848	87,4491	90,9015	62,23	100,46
	HCMC	55	83,1767	2,41334	,32541	82,5243	83,8291	78,13	87,96
	HCBC	70	78,3304	8,73127	1,04359	76,2485	80,4123	54,84	88,47
	HCMLLi	49	76,5102	7,68422	1,09775	74,3030	78,7174	56,97	89,39
	Total	327	82,9898	8,55301	,47298	82,0594	83,9203	54,84	100,46

**ANOVA**

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
alb_denso	Entre grupos	1218,232	4	304,558	10,070	,000
	Dentro de grupos	9738,174	322	30,243		
	Total	10956,407	326			
indice_forma	Entre grupos	516,340	4	129,085	21,100	,000
	Dentro de grupos	1969,898	322	6,118		
	Total	2486,238	326			
unidad_haugh	Entre grupos	7067,872	4	1766,968	33,907	,000
	Dentro de grupos	16780,336	322	52,113		
	Total	23848,208	326			

**alb\_denso**

Duncan<sup>a,b</sup>

tipo de huevo	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
HCVL	65	21,8246			
HCMLLi	49	23,5771	23,5771		
HCMC	55		24,7653	24,7653	
HCBC	70			25,9720	25,9720
HCMLAm	88				27,1266
Sig.		,075	,227	,220	,240

**indice\_forma**

Duncan<sup>a,b</sup>

tipo de huevo	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
HCMLAm	88	74,2518		
HCBC	70		76,4326	
HCMC	55		76,7620	76,7620
HCVL	65		77,3260	77,3260
HCMLLi	49			77,4710
Sig.		1,000	,056	,131

**unidad\_haugh**

Duncan<sup>a,b</sup>

tipo de huevo	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
HCMLLi	49	76,5102		
HCBC	70	78,3304		
HCMC	55		83,1767	
HCVL	65		84,3600	
HCMLAm	88			89,1753
Sig.		,159	,359	1,000

Tabla A.4. Datos descriptivos, Análisis de varianza (ANOVA) y pruebas post hoc para el color de yema en el espacio de color CIELAB (L\*a\*b\*) de diferente procedencia (libre y convencional)

		Descriptivos							
		N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% de intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
						Límite inferior	Límite superior		
yema_colorL	HCVL	65	60,2672	3,18642	,39523	59,4777	61,0568	53,62	70,34
	HCMLAm	88	60,0525	2,61028	,27826	59,4994	60,6056	54,61	69,64
	HCMC	55	64,4460	5,07282	,68402	63,0746	65,8174	60,36	75,91
	HCBC	70	64,9977	4,10756	,49095	64,0183	65,9771	52,50	75,13
	HCMLLi	49	60,1733	3,77748	,53964	59,0882	61,2583	52,51	66,73
	Total	327	61,9109	4,33605	,23978	61,4391	62,3826	52,50	75,91
yema_colorA	HCVL	65	10,4749	3,10378	,38498	9,7058	11,2440	5,30	19,51
	HCMLAm	88	11,0797	1,91884	,20455	10,6731	11,4862	7,81	17,44
	HCMC	55	9,1985	1,44224	,19447	8,8087	9,5884	7,74	13,70
	HCBC	70	4,7254	1,80579	,21583	4,2949	5,1560	,91	9,97
	HCMLLi	49	11,4543	6,04397	,86342	9,7183	13,1903	1,17	20,28
	Total	327	9,3390	3,95077	,21848	8,9092	9,7688	,91	20,28
yema_colorB	HCVL	65	39,6922	9,31408	1,15527	37,3842	42,0001	30,15	70,54
	HCMLAm	88	37,6018	8,56317	,91284	35,7875	39,4162	29,53	70,49
	HCMC	55	44,5191	14,28439	1,92611	40,6575	48,3807	30,33	72,84
	HCBC	70	43,6079	10,92530	1,30582	41,0028	46,2129	34,15	74,04
	HCMLLi	49	35,7169	4,75156	,67879	34,3521	37,0817	25,69	45,55
	Total	327	40,1840	10,46528	,57873	39,0455	41,3226	25,69	74,04

		ANOVA				
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
yema_colorL	Entre grupos	1647,938	4	411,984	29,603	,000
	Dentro de grupos	4481,299	322	13,917		
	Total	6129,237	326			
yema_colorA	Entre grupos	2060,787	4	515,197	54,793	,000
	Dentro de grupos	3027,616	322	9,403		
	Total	5088,402	326			
yema_colorB	Entre grupos	3434,467	4	858,617	8,568	,000
	Dentro de grupos	32269,717	322	100,217		
	Total	35704,184	326			

		yema_colorL	
Duncan <sup>a,b</sup>		Subconjunto para alfa = 0.05	
tipo de huevo	N	1	2
HCMLAm	88	60,0525	
HCMLLi	49	60,1733	
HCVL	65	60,2672	
HCMC	55		64,4460
HCBC	70		64,9977
Sig.		,764	,408

**yema\_colorA**

Duncan<sup>a,b</sup>

tipo de huevo	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
HCBC	70	4,7254		
HCMC	55		9,1985	
HCVL	65			10,4749
HCMLAm	88			11,0797
HCMLLi	49			11,4543
Sig.		1,000	1,000	,092

**yema\_colorB**

Duncan<sup>a,b</sup>

tipo de huevo	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
HCMLLi	49	35,7169		
HCMLAm	88	37,6018	37,6018	
HCVL	65		39,6922	
HCBC	70			43,6079
HCMC	55			44,5191
Sig.		,292	,243	,610

Tabla A.5. Datos descriptivos, Análisis de varianza (ANOVA) y pruebas post hoc para el color de albumen en el espacio de color CIELAB (L\*a\*b\*) de diferente procedencia (libre y convencional)

**Descriptivos**

		N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% de intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
						Límite inferior	Límite superior		
albumen_colorL	HCVL	65	70,8663	2,83997	,35226	70,1626	71,5700	64,75	78,05
	HCMLAm	88	67,3303	3,78084	,40304	66,5293	68,1314	59,58	74,42
	HCMC	55	68,7656	3,63945	,49074	67,7818	69,7495	59,28	78,14
	HCBC	70	71,6024	2,36908	,28316	71,0375	72,1673	67,36	78,87
	HCMLLi	48	66,3696	4,64050	,66980	65,0221	67,7170	58,55	74,31
	Total	326	69,0534	3,98246	,22057	68,6195	69,4873	58,55	78,87
albumen_colorA	HCVL	65	-5,8522	,88565	,10985	-6,0716	-5,6327	-7,88	-4,56
	HCMLAm	88	-5,3517	1,10407	,11769	-5,5856	-5,1178	-7,33	-3,61
	HCMC	55	-5,5749	1,02927	,13879	-5,8532	-5,2967	-6,90	-3,78
	HCBC	70	-5,7730	,60832	,07271	-5,9180	-5,6280	-7,07	-4,43
	HCMLLi	49	-6,1767	,81173	,11596	-6,4099	-5,9436	-7,41	-4,31
	Total	327	-5,7025	,95153	,05262	-5,8061	-5,5990	-7,88	-3,61
albumen_colorB	HCVL	65	19,0542	7,73005	,95880	17,1387	20,9696	10,26	42,58
	HCMLAm	88	15,7264	8,21208	,87541	13,9864	17,4663	2,62	40,00
	HCMC	55	29,3502	13,83996	1,86618	25,6087	33,0916	8,94	70,50
	HCBC	70	24,8300	8,50053	1,01601	22,8031	26,8569	13,55	34,74
	HCMLLi	49	17,2200	3,04794	,43542	16,3445	18,0955	11,50	22,87
	Total	327	20,8519	10,16954	,56238	19,7456	21,9583	2,62	70,50

**ANOVA**

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
albumen_colorL	Entre grupos	1280,018	4	320,004	26,512	,000
	Dentro de grupos	3874,466	321	12,070		
	Total	5154,484	325			
albumen_colorA	Entre grupos	24,548	4	6,137	7,302	,000
	Dentro de grupos	270,618	322	,840		
	Total	295,166	326			
albumen_colorB	Entre grupos	8248,189	4	2062,047	26,073	,000
	Dentro de grupos	25466,555	322	79,089		
	Total	33714,744	326			

**albumen\_colorL**

Duncan<sup>a,b</sup>

tipo de huevo	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
HCMLLi	48	66,3696		
HCMLAm	88	67,3303		
HCMC	55		68,7656	
HCVL	65			70,8663
HCBC	70			71,6024
Sig.		,123	1,000	,237

**albumen\_colorA**

Duncan<sup>a,b</sup>

tipo de huevo	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
HCMLLi	49	-6,1767		
HCVL	65		-5,8522	
HCBC	70		-5,7730	
HCMC	55		-5,5749	-5,5749
HCMLAm	88			-5,3517
Sig.		1,000	,111	,173

**albumen\_colorB**

Duncan<sup>a,b</sup>

tipo de huevo	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
HCMLAm	88	15,7264			
HCMLLi	49	17,2200	17,2200		
HCVL	65		19,0542		
HCBC	70			24,8300	
HCMC	55				29,3502
Sig.		,347	,249	1,000	1,000

Tabla A.6. Datos descriptivos, Análisis de varianza (ANOVA) y pruebas post hoc para el pH de yema y albumen en huevos de diferente procedencia (libre y convencional)

		Descriptivos							
		N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% de intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
						Límite inferior	Límite superior		
pH_albumen	HCVL	65	9,6051	,33860	,04200	9,5212	9,6890	8,94	10,10
	HCMLAm	88	9,5526	,33267	,03546	9,4821	9,6231	8,86	10,08
	HCMC	55	9,3353	,35213	,04748	9,2401	9,4305	8,91	9,99
	HCBC	70	9,3693	,48992	,05856	9,2525	9,4861	8,15	10,10
	HCMLLi	49	9,8290	,22094	,03156	9,7655	9,8924	9,18	10,14
	Total	327	9,5287	,39650	,02193	9,4855	9,5718	8,15	10,14
pH_yema	HCVL	65	6,2323	,42920	,05324	6,1260	6,3387	6,05	9,54
	HCMLAm	88	6,4103	,26046	,02776	6,3552	6,4655	5,91	6,99
	HCMC	55	6,0215	,11446	,01543	5,9905	6,0524	5,77	6,22
	HCBC	70	6,3473	,35150	,04201	6,2635	6,4311	5,90	7,38
	HCMLLi	49	6,2486	,10691	,01527	6,2179	6,2793	6,07	6,61
	Total	327	6,2718	,31881	,01763	6,2371	6,3065	5,77	9,54

		ANOVA				
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
pH_albumen	Entre grupos	8,684	4	2,171	16,424	,000
	Dentro de grupos	42,566	322	,132		
	Total	51,251	326			
pH_yema	Entre grupos	5,663	4	1,416	16,593	,000
	Dentro de grupos	27,472	322	,085		
	Total	33,135	326			

**pH\_albumen**

Duncan<sup>a,b</sup>

tipo de huevo	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
HCMC	55	9,3353		
HCBC	70	9,3693		
HCMLAm	88		9,5526	
HCVL	65		9,6051	
HCMLLi	49			9,8290
Sig.		,601	,419	1,000

## ANEXO G. Evaluación sensorial en huevos cocidos con panel semi entrenado

### CUESTIONARIO

#### Evaluación sensorial en huevos cocidos mediante escala lineal

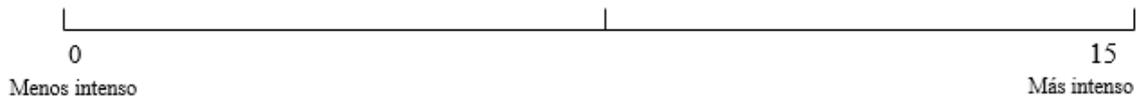
Nombre completo en siglas:..... Sexo:..... Edad:..... Fecha:.....

Instrucciones:

1. Por favor evalúe el aroma y sabor de las muestras de huevo cocinado (1/2 huevo).
2. En cada plato descartable codificado, anote en el siguiente orden: 572, 681, 437, 249.
3. Indique en la línea vertical, la intensidad de sensación (aroma y sabor) que usted percibe en cada una de ellas.
4. Después de probar cada muestra, comer una galleta con agua (opcional)

Muestra **N<sup>o</sup> 572**

#### Color de yema



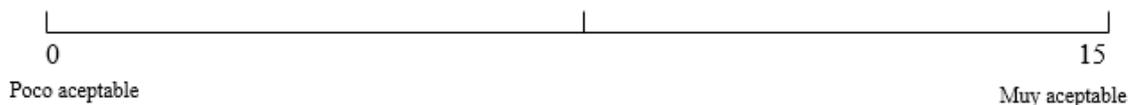
#### Aroma completo de huevo



#### Flavor: Mezcla de aroma y sabor, sensación producida en lengua y paladar



#### Aceptabilidad y gusto total



Comentarios finales:

.....



**Foto 1 y 2.** Evaluación de color de cascara y grosor de cascara



**Foto 3 y 4.** Evaluación de peso de cascara



## LISTA DE ABREVIACIONES

AGS	Ácido graso saturado
AGPI $\omega$ -3	Ácido graso poliinsaturado Omega 3
AGMI	Ácido graso monoinsaturado
AL	Ácido linoleico
ALA	Ácido alfa linolénico
ANOVA	Análisis de varianza
AO	Ácido oleico
ARA	Ácido araquidónico
ASI	Aceite de sacha inchi
CG	Cromatografía de gases
CIELAB	Espacio de color L*a*b
DHA	Ácido docosaheptaenoico
DPA	Ácido docosapentaenoico
EPA	Ácido eicosapentaenoico
FAME	Fatty acid Methyl Esther
KOH	Hidróxido de potasio
MeOH	Metanol
NRC	Consejo Nacional de la Investigación
UH	Unidad Haugh