

**UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE  
MADRE DE DIOS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA**  
**AGROINDUSTRIAL**



**TESIS**

**“Capacidad antioxidante y tocoferoles totales en huevos  
provenientes de gallina de chacra y granja”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
AGROINDUSTRIAL**

**AUTORES:**

Bach. EGOAVIL ESCOBAR, Marilyn  
Daphne

Bach. CASANOVA VICTORIANO,  
Clara Belinda

**ASESOR:**

- Dr. QUISPE HERRERA, Rosel

**CO-ASESOR:**

- M. Sc. BELIZARIO FERREL, José  
Carlos

Puerto Maldonado, febrero 2025



**UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE  
MADRE DE DIOS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
AGROINDUSTRIAL**



**TESIS**

**“Capacidad antioxidante y tocoferoles totales en huevos  
provenientes de gallina de chacra y granja”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
AGROINDUSTRIAL**

**AUTORES:**

Bach. EGOAVIL ESCOBAR, Marilyn  
Daphne

Bach. CASANOVA VICTORIANO,  
Clara Belinda

**ASESOR:**

- Dr. QUISPE HERRERA, Rosel

**CO-ASESOR:**

- M. Sc. BELIZARIO FERREL, José  
Carlos

Puerto Maldonado, febrero 2025

## **DEDICATORIA**

A Dios por darme la fuerza necesaria para no desistir de lograr este objetivo.

A ti papá Agustín que merecías estar presente en esta etapa importante para mí, se desde el cielo siempre me cuida y me guía para que todo salga bien.

Agradecer a mi madre Flor de María, que gracias a su constante motivación y consejo para hacer de mí una mejor persona, a mis hermanos y sobrinos por sus palabras, a mi esposo Jorge por su apoyo, amor y por brindarme el tiempo necesario para realizarme profesionalmente, a mis hijos George y Luhana que son la razón de mi existir, “Los amo”.

## **MARILYN EGOAVIL**

Le dedico esta Tesis a toda mi familia, principalmente a mi padre que me apoyó en todo momento, por enseñarme a afrontar las dificultades y a ser la persona que soy hoy, mis principios, mis valores, mi perseverancia y mi empeño. Todo esto con una enorme dosis de amor.

Así mismo, le dedico este trabajo a mi hija, por su fuerza, su amor, y por impulsarme a alcanzar el equilibrio que me permitió dar este gran paso.

**CLARA CASANOVA**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos a la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, que nos permitió estudiar nuestra carrera profesional y nos dio la oportunidad de formar parte de su comunidad científica. También queremos expresar nuestra gratitud a los profesores que compartieron sus sapiencias y nos brindaron su respaldo incondicional para continuar avanzando cada día.

Un reconocimiento al Dr. Rosel Quispe Herrera, asesor de la tesis, por su voluntad, entrega, sus instrucciones, su modo de trabajar, su constancia, su paciencia y su motivación que ha sido fundamental. Su ejemplo nos ha inculcado un profundo sentido de seriedad, responsabilidad y rigor académico, lo que ha generado nuestra admiración y lealtad hacia él. Nos sentimos profundamente agradecidas por todo lo que hemos aprendido de él durante la elaboración de esta tesis.

A nuestras familias por su comprensión, estímulo constante, por su apoyo incondicional a lo largo de nuestra etapa universitaria.

## INFORME DE ORIGINALIDAD

16%

INDICE DE SIMILITUD

14%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

11%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

|    |                                                                                        |    |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1  | Submitted to Universidad Nacional Amazonica de Madre de Dios<br>Trabajo del estudiante | 4% |
| 2  | rdu.unc.edu.ar<br>Fuente de Internet                                                   | 3% |
| 3  | www.uaeh.edu.mx<br>Fuente de Internet                                                  | 3% |
| 4  | hdl.handle.net<br>Fuente de Internet                                                   | 1% |
| 5  | idoc.tips<br>Fuente de Internet                                                        | 1% |
| 6  | repositorio.unica.edu.pe<br>Fuente de Internet                                         | 1% |
| 7  | respyn.uanl.mx<br>Fuente de Internet                                                   | 1% |
| 8  | www.researchgate.net<br>Fuente de Internet                                             | 1% |
| 9  | Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru<br>Trabajo del estudiante        | 1% |
| 10 | biohere.blogspot.com<br>Fuente de Internet                                             | 1% |
| 11 | repositorio.unamad.edu.pe<br>Fuente de Internet                                        | 1% |

## **PRESENTACIÓN**

El trabajo de investigación realizado en la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios analiza y compara la capacidad antioxidante y los niveles de tocoferoles totales en los huevos de gallinas criadas en dos entornos: gallinas de chacra y gallinas de granja.

Las gallinas de chacra tienen una dieta más diversa en un ambiente natural, mientras que las gallinas de granja se alimentan de forma balanceada en un sistema intensivo.

El objetivo principal es determinar si existen diferencias en estos parámetros nutricionales, dado el papel de los antioxidantes y los tocoferoles (como la vitamina E) en la salud humana y la prevención de enfermedades.

Para ello, se realizaron análisis de laboratorio sobre las muestras de huevos de ambas fuentes, comparando los resultados obtenidos. Se espera que los hallazgos muestren diferencias significativas entre los huevos de ambos sistemas de producción, lo que podría influir en la salud humana y las decisiones de los consumidores.

Además, esta información podría ser valiosa para los productores avícolas y la industria, ayudando a mejorar la calidad de los productos y tomando decisiones informadas sobre los métodos de producción.

En conclusión, el estudio tiene como objetivo proporcionar datos que ayuden a los consumidores a hacer elecciones alimentarias más informadas y ofrecer a los productores herramientas para mejorar la calidad nutricional de los huevos.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación se centra en comparar la capacidad antioxidante y los niveles de tocoferoles totales en los huevos de gallinas criadas en dos sistemas diferentes: en chacras (ambiente más natural) y en granjas industriales (sistemas de producción intensiva). Los huevos son una fuente valiosa de nutrientes esenciales, pero también contienen compuestos bioactivos, como antioxidantes y tocoferoles, que pueden tener efectos beneficiosos para la salud humana.

El objetivo principal de la investigación es evaluar si existen diferencias nutricionales en los huevos de ambos sistemas de producción, específicamente en lo que respecta a la capacidad antioxidante y los tocoferoles, compuestos con propiedades antioxidantes que pueden contribuir a la prevención de enfermedades crónicas.

Para ello, se recolectaron muestras de huevos de gallinas de chacra y de granja, y se realizaron análisis de laboratorio para determinar la capacidad antioxidante y la concentración total de tocoferoles en las muestras. Los resultados pueden proporcionar datos relevantes tanto para consumidores, al ofrecer una comparación nutricional, como para productores, al facilitar la toma de decisiones sobre los sistemas de producción.

En conclusión, el estudio ofrece evidencia sobre las posibles diferencias en la composición nutricional de los huevos de chacra frente a los de granja, subrayando la importancia de los antioxidantes, como los tocoferoles, en la dieta humana y su relación con la prevención de enfermedades relacionadas con el daño oxidativo celular.

## INDICE

|                                             |      |
|---------------------------------------------|------|
| PRESENTACIÓN .....                          | i    |
| INTRODUCCIÓN .....                          | ii   |
| INDICE .....                                | iii  |
| INDICE DE TABLAS .....                      | vi   |
| INDICE DE FIGURAS .....                     | vii  |
| ANEXOS .....                                | viii |
| CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN ..... | 1    |
| 1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....          | 1    |
| 1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....         | 2    |
| 1.3. OBJETIVOS.....                         | 2    |
| 1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....                | 2    |
| 1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....          | 2    |
| 1.4. VARIABLES .....                        | 3    |
| 1.4.1. VARIABLES DE ESTUDIO.....            | 3    |
| 1.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....  | 4    |
| 1.6. HIPÓTESIS.....                         | 5    |
| 1.7. JUSTIFICACIÓN.....                     | 5    |
| 1.8. CONSIDERACIONES ÉTICAS.....            | 5    |
| CAPITULO II: MARCO TEÓRICO .....            | 6    |
| 2.1 ANTECEDENTES DE ESTUDIO.....            | 6    |
| 2.2 MARCO TEORICO .....                     | 11   |
| 2.2.1 EL HUEVO .....                        | 11   |
| 2.2.2 EL HUEVO UN ALIMENTO SALUDABLE .....  | 11   |
| 2.2.3 ESTRUCTURA DEL HUEVO.....             | 12   |

|                                                                             |                                                                                                                                                  |    |
|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.2.4                                                                       | NUTRIENTES DEL HUEVO .....                                                                                                                       | 12 |
| 2.2.5                                                                       | PRODUCCIÓN DE HUEVOS.....                                                                                                                        | 13 |
| 2.2.6                                                                       | DIFERENCIAS ENTRE HUEVO DE GRANJA, CHACRA Y<br>ORGÁNICO .....                                                                                    | 14 |
| 2.3                                                                         | LOS RADICALES LIBRES Y LOS ANTIOXIDANTES .....                                                                                                   | 16 |
| 2.4                                                                         | ANTIOXIDANTES EN HUEVOS.....                                                                                                                     | 19 |
| 2.5                                                                         | EL OXÍGENO Y LAS ESPECIES DE OXÍGENO REACTIVAS ...                                                                                               | 22 |
| 2.6                                                                         | CAPACIDAD ANTIOXIDANTE.....                                                                                                                      | 22 |
| 2.7                                                                         | DEFINICIÓN DE TÉRMINOS .....                                                                                                                     | 23 |
| CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....                             |                                                                                                                                                  | 25 |
| 3.1                                                                         | TIPO DE ESTUDIO .....                                                                                                                            | 25 |
| 3.2                                                                         | DISEÑO DEL ESTUDIO .....                                                                                                                         | 25 |
| 3.3                                                                         | POBLACIÓN Y MUESTRA .....                                                                                                                        | 25 |
| 3.3.1                                                                       | POBLACIÓN .....                                                                                                                                  | 25 |
| 3.3.2                                                                       | MUESTRA.....                                                                                                                                     | 25 |
| 3.4                                                                         | MÉTODOS Y TÉCNICAS.....                                                                                                                          | 26 |
| 3.4.1                                                                       | METODOLOGIA DE TRABAJO.....                                                                                                                      | 26 |
| 3.4.2                                                                       | MÉTODOS DE ANALISIS .....                                                                                                                        | 26 |
| 3.4.3                                                                       | TRATAMIENTO DE LOS DATOS .....                                                                                                                   | 33 |
| CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES DEL TRABAJO DE<br>INVESTIGACIÓN ..... |                                                                                                                                                  | 34 |
| 4.1                                                                         | RESULTADO DE LA OBTENCIÓN DE LAS MUESTRAS .....                                                                                                  | 34 |
| 4.2                                                                         | RESULTADO DE LA DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD .....                                                                                                | 35 |
| 4.3                                                                         | RESULTADO DE LA DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD<br>ANTIOXIDANTE Y TOCOFEROLES TOTALES EN HUEVOS<br>PROVENIENTES DE GALLINA DE CHACRA Y GRANJA..... | 35 |

|       |                                                                                                                                 |    |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.3.1 | DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN HUEVOS PROVENIENTES DE GALLINAS DE CHACRA Y GRANJA .....                          | 35 |
| 4.3.2 | ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN HUEVOS GALLINAS DE CHACRA.....                                             | 37 |
| 4.3.3 | ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN HUEVOS GALLINAS DE GRANJA .....                                            | 39 |
| 4.3.4 | RESULTADOS DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE ENTRE HUEVOS DE CHACRA Y GRANJA.....                                                    | 41 |
| 4.3.5 | ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE ENTRE HUEVOS DE GALLINAS DE CHACRA Y GRANJA.....                              | 42 |
| 4.3.6 | RESULTADOS DEL CONTENIDO DE TOCOFEROLES ENTRE HUEVOS DE GALLINAS DE CHACRA Y GRANJA ...                                         | 45 |
| 4.3.7 | ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE TOCOFEROLES TOTALES ENTRE HUEVOS DE GALLINAS DE CHACRA Y GRANJA ...                                     | 48 |
| 4.3.8 | COMPARACIÓN ENTRE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y LOS TOCOFEROLES TOTALES EN HUEVOS PROVENIENTES DE GALLINA DE CHACRA Y GRANJA..... | 51 |
|       | CONCLUSIÓN .....                                                                                                                | 53 |
|       | SUGERENCIAS .....                                                                                                               | 54 |
|       | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                                                                                                | 55 |
|       | ANEXOS .....                                                                                                                    | 60 |

## INDICE DE TABLAS

|                                                                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1: Análisis químico proximal realizado en huevos enteros.....                                              | 9  |
| Tabla 2: Componentes del huevo (en porcentajes) .....                                                            | 14 |
| Tabla 3: Análisis químico de la clara de huevo .....                                                             | 15 |
| Tabla 4: Análisis químico de la yema de huevo .....                                                              | 16 |
| Tabla 5: Componentes bioactivos en el huevo .....                                                                | 21 |
| Tabla 6: Toma de muestra de huevos .....                                                                         | 34 |
| Tabla 7: Contenido de humedad en huevos .....                                                                    | 35 |
| Tabla 8: Capacidad antioxidante en huevos de chacra .....                                                        | 36 |
| Tabla 9: Capacidad antioxidante en huevos de granja .....                                                        | 36 |
| Tabla 10: Capacidad antioxidante en huevos de chacra y granja.....                                               | 41 |
| Tabla 11: Contenido de tocoferoles totales entre huevos de gallinas chacra y granja.....                         | 45 |
| Tabla 12: Capacidad antioxidante y Tocoferoles totales en huevos provenientes de gallina de chacra y granja..... | 51 |

## INDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1: Diagrama de cajas para el contenido de la capacidad antioxidante en muestras de huevos de chacra. ....             | 37 |
| Figura 2: Gráfico de QQ plot para el contenido de la capacidad antioxidante en muestras de huevos de chacra. ....            | 38 |
| Figura 3: Diagrama de cajas para el contenido de la capacidad antioxidante en muestras de huevos de granja. ....             | 39 |
| Figura 4: Gráfico de QQ plot para el contenido de la capacidad antioxidante en muestras de huevos de granja. ....            | 40 |
| Figura 5: Diagrama de cajas para el contenido de la capacidad antioxidante en muestras de huevos de chacra y granja. ....    | 44 |
| Figura 6: Cromatograma de huevo de corral o chacra. ....                                                                     | 46 |
| Figura 7: Cromatograma de huevo de granja ....                                                                               | 47 |
| Figura 8: Cromatograma de huevo de corral o chacra y granja ....                                                             | 48 |
| Figura 9: Diagrama de cajas para el contenido de tocoferoles totales en muestras de huevos gallinas de chacra y granja. .... | 50 |
| Figura 10: Comparación de Antioxidantes y Tocoferoles totales en Gallinas .....                                              | 52 |

## **ANEXOS**

|                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Anexo 1: Matriz de operacionalización de variables .....                              | 60 |
| Anexo 2: Matriz de consistencia .....                                                 | 61 |
| Anexo 3: Resultados de Laboratorio de Cromatografía y Espectrometría -<br>UNSAAC..... | 63 |
| Anexo 4: Fotos del desarrollo del trabajo de investigación .....                      | 67 |

## **CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

Los compuestos antioxidantes juegan un papel sustancial en la manufactura y los consumidores, que permiten a los alimentos mantener sus características nutricionales, en niveles ideales de calidad, produciendo una ventaja nutricional y económica (Mesa and Valderrama 2018).

El huevo es un alimento que posee casi todos los nutrientes esenciales para los seres humanos y se considera como un alimento funcional debido a su riqueza en compuestos bioactivos (Aránzazu Aparicio et al., 2018). La yema presenta componentes con propiedades antioxidantes (Kulinka et al. 2017), como los aminoácidos aromáticos y los carotenoides (Nimalaratne, Schieber y Wu 2016).

La dieta y la genética de las gallinas pueden influir en la composición del huevo, afectando los lípidos, vitaminas y ciertos minerales. Es esencial destacar que, para obtener un producto de calidad superior, las gallinas requieren una alimentación apropiada, comodidad y un buen estado de salud, de modo que no se presenten cambios en su nivel nutricional (Kulinka et al. 2017).

En Perú, la avicultura es un sector clave para la economía, con una participación del 31,9% en el Valor Bruto de la Producción Agropecuaria (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, 2022). La industria avícola, especialmente en la región de Madre de Dios, está en crecimiento, con más de 80 empresas dedicadas a la producción de pollo y huevo, generando miles de empleos y contribuyendo al abastecimiento de proteínas animales a nivel nacional. A pesar de los aumentos en los gastos de materias primas,

como el maíz y la soya, el sector sigue creciendo, con un incremento de la producción de aves en un 1,6% durante 2021.

Existen dos sistemas de producción en la región: el sistema de granja industrial y el sistema de chacra. El sistema industrial se caracteriza por el confinamiento de las aves en condiciones controladas y alimentadas principalmente con pienso comercial, mientras que el sistema de chacra busca una producción más natural, enfocada en el bienestar animal, el uso sostenible de recursos y la producción sin químicos sintéticos.

Por consiguiente, surge el interés por investigar las variaciones entre los huevos de gallina de chacra y granja, estableciendo la capacidad antioxidante, contenido de carotenoides y el total de tocoferoles. Por lo que, es importante para entender cómo las condiciones de crianza impactan la calidad nutricional de los huevos y cómo estos efectos pueden beneficiar tanto a los consumidores como a los productores.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cuál es la capacidad antioxidante y de tocoferoles totales en huevos provenientes de gallina de chacra y granja?

## **1.3. OBJETIVOS**

### **1.3.1.OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la capacidad antioxidante y de los tocoferoles totales en huevos provenientes de gallina de chacra y granja.

### **1.3.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- a. Determinar la capacidad antioxidante y los tocoferoles totales en huevos provenientes de gallina de chacra.
- b. Determinar la capacidad antioxidante y los tocoferoles totales en huevos provenientes de gallina de granja.
- c. Comparar la capacidad antioxidante y los tocoferoles totales en huevos provenientes de gallina de chacra y granja.

## **1.4. VARIABLES**

### **1.4.1.VARIABLES DE ESTUDIO**

- a. Huevos provenientes de gallina de chacra y granja.
- b. Capacidad antioxidante y tocoferoles totales.

### 1.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

| Variables                                          | Dimensión         | Indicadores            |                                            | Unidades de Medición          |
|----------------------------------------------------|-------------------|------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------|
| Huevos provenientes de gallina de chacra y granja. | Alimentación      | Natural                | Componentes                                | Porcentaje                    |
|                                                    |                   | Balanceado             | Componentes                                | Porcentaje                    |
| Capacidad antioxidante, tocoferoles totales.       | Huevos de gallina | Capacidad Antioxidante | Métodos: ABTS y DPPH                       | (mmol trolox eq/100g muestra) |
|                                                    |                   | Tocoferoles totales    | Método de análisis: Cromatografía de gases | mg/g                          |

## **1.6. HIPÓTESIS**

Existe una diferencia significativa en la capacidad antioxidante y los tocoferoles totales en huevos provenientes de gallina de chacra y granja.

## **1.7. JUSTIFICACIÓN**

La investigación se enfoca en estudiar las diferencias en la capacidad antioxidante y los niveles de tocoferoles (vitamina E) en los huevos provenientes de gallinas de chacra y de granja. El huevo de gallina es reconocido por su valor nutricional, especialmente por sus proteínas con alto valor biológico, su composición de aminoácidos antioxidantes y otros componentes bioactivos.

En nuestra región, los huevos se producen principalmente en dos sistemas: el de granja y el de chacra, los cuales difieren en las condiciones de alimentación y estilo de vida de las gallinas. Estos factores pueden influir en la composición del huevo, incluyendo su capacidad antioxidante y el contenido de tocoferoles.

En el presente trabajo de investigación se determinará y comparará estas propiedades en los huevos de ambos sistemas de producción, con el fin de proporcionar información valiosa a los consumidores sobre las ventajas nutricionales y antioxidantes de cada tipo de huevo.

## **1.8. CONSIDERACIONES ÉTICAS**

Durante la realización de la pesquisa, Se dará información detallada a todas las personas u organizaciones implicadas sobre los propósitos del estudio y la función que tendrán en él. Además, se asegurará que se cumpla con las normativas ambientales y las políticas vigentes de la Universidad para garantizar que el trabajo se realice de manera responsable y ética.

## **CAPITULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1 ANTECEDENTES DE ESTUDIO**

**Rodríguez-Rodríguez et al. (2021)** en el trabajo de investigación “Implicación de los componentes antioxidantes del huevo en la protección macular y la mejora de la visión” mencionan que el huevo contiene luteína y zeaxantina, carotenoides responsables del tono amarillo anaranjado de la yema, que posee un impacto beneficioso en la salud visual, especialmente en la protección macular. Aunque su concentración en el huevo es menor que en fuentes vegetales, su biodisponibilidad se incrementa por la estructura lipídica de la yema. Para optimizar la visión, se aconseja mantener una concentración sérica de luteína entre 0,6 y 1,05  $\mu\text{mol/L}$ , lo que se consigue con una ingesta diaria de 6 mg de luteína. Un huevo de tamaño mediano aporta un 13,1 % a esta consumición.

La luteína (L) y zeaxantina (Z) son carotenoides antioxidantes y antiinflamatorios presentes en la mácula. No pueden ser producidos por el cuerpo, por lo que deben ser consumidos mediante la alimentación, principalmente de vegetales de hoja verde y huevos. La yema de huevo tiene mayor contenido de estos carotenoides que la clara, y su biodisponibilidad es mejorada por la matriz lipídica de la yema. Esto resalta las ventajas de incluir el huevo en la dieta para ayudar a prevenir la progresión de enfermedades oculares (Rodríguez-Rodríguez et al. 2021).

**Abdel Magied et al. (2020)** indagaron el resultado de fuentes naturales de antioxidantes en la fabricación, calidad y eficiencia económica de los huevos, comparándolas con la suplementación de vitamina E durante el verano. Se

utilizaron 270 gallinas Babcock Brown en 9 tratamientos, que incluyeron vitamina E, extracto de té verde, puré de tomate y cantaxantina, así como sus combinaciones. Los resultados mostraron que todos los tratamientos mejoraron la conversión alimenticia, producción y calidad del huevo. Las combinaciones de antioxidantes, especialmente G + T + C y T + C, fueron las más efectivas, superando a la vitamina E en varios parámetros. Además, todos los tratamientos mejoraron la eficiencia económica y redujeron los triglicéridos en la yema.

**Aránzazu-Aparicio et al. (2018)** en la investigación “El huevo como fuente de antioxidantes y componentes protectores frente a procesos crónicos”, destacaron que el huevo es un alimento con nutrientes esenciales y efectos beneficiosos para la salud. Si bien se conocen los beneficios de la luteína y la zeaxantina para una visión saludable, otros constituyentes como los péptidos bioactivos y los fosfolípidos son menos reconocidos, aunque igualmente sustanciales. Investigaciones indican que estos compuestos podrían tener una función fundamental en la prevención de afecciones crónicas como hipertensión, obesidad y síndrome metabólico. Por lo tanto, incluir el huevo en la dieta es vital tanto nutricional como sanitariamente.

**Mesa y Valderrama (2018)** En la investigación "Evaluación de la incorporación de la yema de huevo en polvo como sustituto parcial de grasa y acción antioxidante en carne de hamburguesa" analizaron el efecto de la yema de huevo en la oxidación lipídica de la carne para hamburguesa. Se observó que la yema de huevo retardó la oxidación en un 30% más que el blanco de huevo durante 10 días de conservación. Aunque afectó la coloración y la resistencia al incisión del producto, redujo el contenido graso y mejoró la calidad de los ácidos grasos. Esto sugiere que la yema de huevo es una alternativa saludable para reemplazar la grasa animal en hamburguesas, aportando lípidos, vitaminas y minerales, además de propiedades antioxidantes.

**Kulinka et al. (2017)** en el trabajo “Capacidad antioxidante y contenido de carotenoides y tocoferoles totales en huevos de campo e industriales”, determinaron la capacidad antioxidante a través del radical libre DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrafilo), el contenido de carotenoides y de tocoferoles totales con la HPLC en huevos de granja, campo e industriales, en dos períodos: 5 y 33 días posteriores a la postura.

Los huevos de campo (IC<sub>50</sub> a los 5 y 33 días:  $12,18 \pm 2,76 \mu\text{g/mL}$  y  $18,89 \pm 0,78 \mu\text{g/mL}$ ) presentaron una mayor capacidad antioxidante en comparación con los industriales ( $14,20 \pm 0,81 \mu\text{g/mL}$  y  $22,41 \pm 0,14 \mu\text{g/mL}$ ), evidenciando una disminución a lo largo del tiempo de almacenamiento. Los carotenoides totales (huevos de campo:  $4,06 \pm 0,18 \mu\text{g/g}$  y  $3,10 \pm 0,26 \mu\text{g/g}$ ; industriales:  $2,58 \pm 0,23 \mu\text{g/g}$  y  $2,59 \pm 0,15 \mu\text{g/g}$ ) fueron más altos en los huevos de campo a los 5 días, reduciéndose con el tiempo. Los tocoferoles totales (huevos de campo:  $177,33 \pm 1,95 \mu\text{g/g}$  y  $144,09 \pm 5,90 \mu\text{g/g}$ , industriales  $168,66 \pm 2,54 \mu\text{g/g}$  y  $94,57 \pm 3,02 \mu\text{g/g}$ ) se redujeron con el paso del tiempo. Todas las variables examinadas disminuyen con el tiempo, notándose una correlación entre la capacidad antioxidante y el nivel de tocoferoles. Los huevos de campo tienen más estabilidad que los industriales (Kulinka et al. 2017).

**Nimalaratne, Schieber y Wu (2016)** en el estudio “Efectos del almacenamiento y la cocción sobre la capacidad antioxidante de los huevos de gallina ponedora” concluyen que la actividad antioxidante de la yema de huevo no varía, independientemente del tipo de huevo. Los importantes compuestos que proporcionan la capacidad antioxidante en la yema, son los aminoácidos libres y carotenoides, que se conservaron inalterables durante el tiempo de almacenamiento refrigerado de 35 días.

**Anton (2007)** destaca la relevancia del huevo en el sector tecnológico y en la industria alimentaria, que se basa en sus cualidades nutricionales y organolépticas, así como sus propiedades funcionales, indispensables en la elaboración de productos alimenticios. Destacando particularmente la yema

de huevo, debido a sus cualidades gelificantes, emulsionantes, colorantes, aromáticas y antioxidantes, en la preparación de mayonesas, tartas, cremas, salsas, y pastas.

**Quitral et al., (2009)** mencionan, el huevo de gallina es un alimento frecuente y abundante, rico en proteínas y económico, lo que ha aumentado su producción a nivel global. Este estudio analizó parámetros físico-químicos y sensoriales de huevos procedentes de diversas fuentes: de campo, orgánicos y comerciales. Se notó que los huevos comerciales presentan mayor un peso superior, los de campo poseen un mayor porcentaje de peso en la cáscara, y los orgánicos un mayor porcentaje de peso en la yema. En lo respecta a los constituyentes químicos, los huevos de campo y orgánicos contienen mayor cantidad de proteínas, mientras que los comerciales presentan más agua y materia grasa en base seca.

Tabla 1: Análisis químico proximal realizado en huevos enteros

| (g/100g muestra) | Huevos de campo | Huevos orgánicos | Huevos comerciales |
|------------------|-----------------|------------------|--------------------|
| Humedad          | 72,8            | 73,6             | 74,0               |
| Proteínas        | 13,5            | 12,9             | 12,4               |
| Lípidos          | 12,3            | 12,3             | 12,0               |
| Cenizas          | 0,6             | 0,6              | 0,5                |
| E.N.N            | 0,8             | 0,6              | 1,1                |

Fuente: (Quitral, Donoso and Acevedo 2009)

El análisis de grupos sulfhidrilos muestra que las proteínas de los huevos de campo y orgánicos presentan un menor porcentaje, sugiriendo que son más nativas. En cuanto a textura, la emulsión de los huevos de campo tiene mejores resultados. En la evaluación sensorial, los huevos orgánicos destacan un mejor aspecto en color y olor, mientras que los de campo y orgánicos son igualmente valorados en textura, los huevos de campo sobresalen con un sabor más agradable (Quitral et al. (2009)).

**Yépez-Macías et al. (2022)** han comprobado Los elementos del huevo son fundamentales para la nutrición humana, analizando huevos criollos y comerciales en relación con sus propiedades químicas, físicas, microbiológicas y sensoriales, para identificar sus variaciones. Se recogieron 160 huevos criollos de distintas asociaciones rurales del cantón Mocache, empleando huevos comerciales como comparación. Se utilizó un diseño totalmente aleatorio con 5 tratamientos y 4 repeticiones de 10 huevos por cada unidad experimental. Al analizar los parámetros físicos, los huevos comerciales presentaron un mayor peso y un mejor diámetro longitudinal-transversal, mientras que los criollos sobresalieron por su mayor peso de la cáscara. En el análisis bromatológico, los huevos criollos exhibieron un contenido de proteína superior en relación con los comerciales. Respecto a la calidad microbiológica, se llevó a cabo un conteo de microorganismos, identificando bacterias mesófilas, coliformes fecales y hongos. En la evaluación sensorial, empleando una escala hedónica para olor, sabor, gusto, textura y color, los huevos criollos fueron más apreciados por su mejor olor y sabor. En resumen, aunque los huevos comerciales destacaron en algunas características físicas, los huevos criollos mostraron una mejor calidad nutricional y fueron preferidos en términos de sabor y olor, lo que sugiere una ventaja en su valor sensorial y nutricional.

**Seperiza et al. (2021)** mencionan que el huevo es un alimento de alta densidad nutritiva, rico en proteínas, vitaminas y minerales, con bajo contenido energético. En un estudio sobre el "Efecto en la composición nutricional de huevos azules de gallinas criollas Huilliches", se concluyó que incluir compuestos bioactivos a la dieta de gallinas criollas impacta la composición de ácidos grasos y la capacidad antioxidante de sus huevos. Se formularon ocho dietas experimentales con distintos niveles de omega 3 y antioxidantes, evaluadas en 360 gallinas durante ocho semanas. Los huevos de gallinas alimentadas con harina de alga y pepa de uva mostraron mayor contenido de Ácido docosahexaenoico (DHA), mientras que los alimentados con salmón, chorito, mora y frutilla tuvieron la mayor capacidad antioxidante.

## **2.2 MARCO TEORICO**

### **2.2.1 EL HUEVO**

El huevo es un producto natural de origen animal, libre de conservantes y aditivos, que está “envasado en origen” y proporciona nutrientes esenciales en la dieta. Además, se le considera un alimento funcional, ya que incluye elementos biológicamente activos que ofrecen efectos adicionales y ventajas para la salud, disminuyendo el riesgo de padecer algunas enfermedades (Huaranga-Esteban 2021).

### **2.2.2 EL HUEVO UN ALIMENTO SALUDABLE**

Desde el punto de vista de la dieta deseada y por tanto de la dieta correcta, no es adecuado clasificar los alimentos como buenos o malos, ya que ninguno debe excluirse completamente de la dieta de personas sanas. Lo que importa es la cantidad, frecuencia y el modo en que se incorporan al plan alimentario. En las últimas décadas, los huevos han sido restringidos en dietas para controlar el colesterol, debido a su contenido de 210-220 mg de colesterol en un huevo mediano. Sin embargo, los fosfolípidos en los huevos dificultan la absorción de este colesterol, lo que tiene poco impacto en los niveles sanguíneos. Para una persona saludable, consumir un huevo al día puede ser parte de una dieta saludable para el corazón. (Instituto de huevo 2003).

Los diversos elementos que se encuentran en el huevo poseen, además de características nutricionales, otras igualmente importantes para la salud. Entre ellas, resalta la función antioxidante de ciertas vitaminas y oligoelementos del huevo que contribuyen a resguardar a nuestro cuerpo de diversos procesos degenerativos (cáncer, diabetes, cataratas), así como de las enfermedades cardiovasculares (Instituto de huevo 2003).

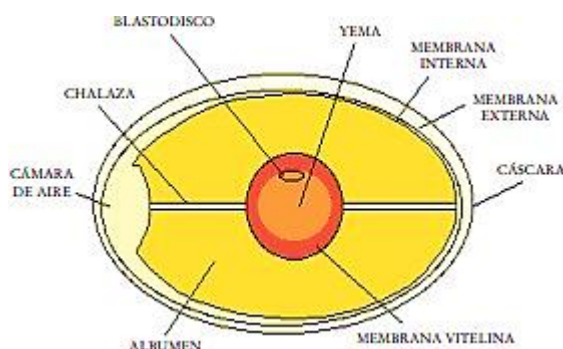
La capacidad antioxidante de la vitamina E en los tejidos se potencia con la presencia de selenio en el huevo, ya que es un componente clave de la enzima glutatión-peroxidasa (GP) que refuerza los efectos de la vitamina E y

otros antioxidantes (glutación, ácido ascórbico, ácido úrico, carotenoides) en un sistema de gran protección (Instituto de huevo 2003).

### 2.2.3 ESTRUCTURA DEL HUEVO

A simple vista, el corte transversal de un huevo cocido revela claramente las partes esenciales de su composición: la cáscara, la clara o albumen y la yema, separadas por membranas que preservan su integridad. El peso promedio del huevo se sitúa alrededor de 60 g, de los cuales la clara constituye el 60%, la yema el 30% y la cáscara, junto con las membranas, el 10% del total (Instituto de huevo 2003).

Figura 1: Corte esquemático de un huevo para mostrar su estructura



Fuente: (Instituto de huevo 2003)

### 2.2.4 NUTRIENTES DEL HUEVO

Es el alimento que más nutrientes contiene entre los que consumimos normalmente. Los nutrientes del huevo también están disponibles para nuestro cuerpo. Los huevos son particularmente ricos en aminoácidos esenciales, ácidos grasos y algunos minerales y vitaminas esenciales en los alimentos (Carbajal-Azcona 2006).

Los huevos proporcionan una notable cantidad de proteínas de fácil asimilación y con un contenido de aminoácidos esenciales similar al que se considera óptimo para el ser humano. Por esta causa, tiene un gran valor biológico (94 en una escala de 100). Dos huevos aportan alrededor de 141 kcal, lo que representa un 7% de la ingesta calórica diaria recomendada para un adulto, que requiere 2000 kcal. El huevo carece de carbohidratos,

así que la energía proviene principalmente de la grasa. La calidad de la grasa es favorable ya que contiene AGM -ácidos grasos monoinsaturados- (3,6%) y AGP -ácidos grasos poliinsaturados- que sobrepasa el (1,6%) (Carbajal-Azcona 2006).

## **2.2.5 PRODUCCIÓN DE HUEVOS**

### **a. Producción de chacra**

En esta producción, las gallinas se crían en corrales al aire libre con vegetación y tierra, permitiendo su desarrollo natural. La densidad máxima recomendada es de 13 gallinas/m<sup>2</sup> en gallineros y 2 gallinas/m<sup>2</sup> en áreas externas, facilitando el movimiento y acceso a luz natural. Se emplea luz artificial para maximizar la producción interior y se disponen de pilones y protecciones frente a las inclemencias del ambiente y aves rapaces. Los gallineros móviles permiten alternar el uso de espacios verdes, reduciendo la contaminación. La alimentación consiste en un 70% de cereales, mezclando granos para una nutrición completa. Se realizan controles veterinarios regulares, administrando medicamentos y antibióticos a través de comida o agua, pero se prohíben los potenciadores del crecimiento. Se priorizan métodos menos agresivos, evitando prácticas traumáticas como el corte de pico, diferenciándose así de la producción industrial (Kulinka et al. 2017).

### **b. Producción industrial o granja**

Esta producción se distingue por la manipulación de la intensidad luminosa, la temperatura y la ventilación, favoreciendo la mudanza forzada, el descapado en pollitos de menos de 10 días, la vacunación, el tratamiento antibiótico profiláctico, la utilización de piensos con ingredientes genéticamente modificados, y la adición de suplementos vitamínicos y minerales, para incrementar la producción de huevos (Alba-Rodriguez 2016).

Estos sistemas están diseñados para aplicaciones comerciales e industriales donde las aves permanecen en reclusión durante toda su vida útil empleando un sistema de jaulas que maximiza el uso del espacio,

incrementando la densidad y por lo tanto la productividad. Por el espacio reducido, las aves no pueden llevar a cabo comportamientos naturales, como buscar alimento. Esto impacta el sistema inmunitario y eleva la posibilidad de contraer enfermedades (Buitrago-Garzón and Forrero-Rojas 2016).

El sistema de jaulas ayuda un barrido y una limpieza más eficaces, con una mejor eliminación de las heces, menor contaminación en los huevos, adecuado control ambiental (temperatura, agua y luz) y un óptimo monitoreo de la ingesta alimentaria en comparación con la cría al aire libre. Esto facilita contar con un ambiente regulado, (temperatura de 15 a 21°C), ya que la temperatura influye en el consumo de la ración diaria y, por ende, en la producción (Buitrago-Garzón and Forrero-Rojas 2016).

## **2.2.6 DIFERENCIAS ENTRE HUEVO DE GRANJA, CHACRA Y ORGÁNICO**

El tono del huevo se basa en la especie de la gallina, y las diferencias en su dieta y modo de vida influyen un poco en su valor nutricional. No se puede sostener que una raza sea mejor o peor nutricionalmente. Los huevos de campo poseen un porcentaje más alto de cáscara (tabla 2), lo que incrementa su densidad y resguardo, mejorando así su durabilidad y características funcionales de las proteínas. En ambos tipos de huevos, el porcentaje de clara es el doble en comparación con el de la yema, a diferencia de los huevos orgánicos, que presentan una mayor proporción de yema (Quitral, Donoso and Acevedo 2009).

Tabla 2: Componentes del huevo (en porcentajes)

| Componentes | Huevos de campo | Huevos orgánicos | Huevos comerciales |
|-------------|-----------------|------------------|--------------------|
| Yema        | 27,64           | 30,46            | 28,09              |
| Clara       | 55,29           | 56,69            | 57,56              |
| Cáscara     | 17,07           | 12,85            | 14,34              |

Fuente: (Quitral, Donoso and Acevedo 2009).

En la Tabla 3 se presenta una comparación química de los 3 tipos de huevo, evidenciando que los huevos de campo tienen menor porcentaje de humedad y mayor cantidad de proteínas; sin embargo, al calcular el contenido de proteínas en base seca, son los huevos orgánicos los que tienen el valor más alto, alcanzando 91.0 g/100 g de muestra. En relación a los lípidos, la clara de los huevos orgánicos muestra un mayor contenido cuando se expresan en base seca. Las claras de los huevos de gallinas de campo poseen una gran cantidad de proteínas (Quitral, Donoso and Acevedo 2009).

Tabla 3: Análisis químico de la clara de huevo

| (g/100g muestra)      | Huevos de campo | Huevos orgánicos | Huevos comerciales |
|-----------------------|-----------------|------------------|--------------------|
| Humedad               | 86,5            | 87,8             | 87,3               |
| Proteínas             | 12,0            | 11,1             | 10,8               |
| Proteínas (base seca) | 88,9            | 91,0             | 85,0               |
| Lípidos               | 0,1             | 0,1              | 0,1                |
| Lípidos (base seca)   | 0,74            | 0,82             | 0,79               |
| Cenizas               | 0,3             | 0,2              | 0,3                |
| E.N.N                 | 1,1             | 0,8              | 1,5                |

Fuente: (Quitral, Donoso and Acevedo 2009).

La yema de huevo (Tabla 4) presenta una composición muy similar en los tres tipos de huevo, con una leve diferencia en el contenido de humedad, que es inferior en la yema de los huevos de campo. Los demás componentes son proporcionales entre sí, sin que haya una diferencia notable entre las tres clases de huevo.

Tabla 4: Análisis químico de la yema de huevo

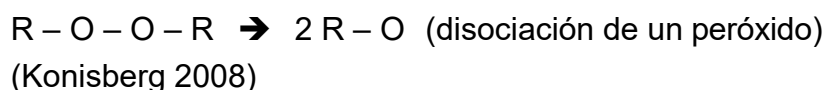
| (g/100g muestra)      | Huevos de campo | Huevos orgánicos | Huevos comerciales |
|-----------------------|-----------------|------------------|--------------------|
| Humedad               | 45,1            | 47,1             | 47,1               |
| Proteínas             | 16,6            | 16,2             | 15,5               |
| Proteínas (base seca) | 30,2            | 30,6             | 29,3               |
| Lípidos               | 36,9            | 35,1             | 36,0               |
| Lípidos (base seca)   | 67,2            | 66,4             | 68,1               |
| Cenizas               | 1,2             | 1,3              | 1,0                |
| E.N.N                 | 0,2             | 0,3              | 0,4                |

Fuente: (Quitral, Donoso and Acevedo 2009)

### 2.3 LOS RADICALES LIBRES Y LOS ANTIOXIDANTES

Las moléculas, formadas por átomos que comparten electrones, pueden sufrir daños cuando un electrón pierde su pareja. Este electrón libre busca estabilizarse, lo que puede generar reacciones en cadena que afectan a otras moléculas como grasas, proteínas o ADN, causando daños biológicos (Challem and Block 2008).

Un radical libre se forma cuando un enlace se rompe de manera homolítica, proporcionando la energía necesaria. Existen 4 maneras de proporcionar esa energía: térmica, fotoquímica, radioquímica y a través de una reacción de oxidorreducción.

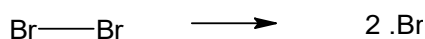


La mayoría de las reacciones de radicales libres ocurren mediante un mecanismo en cadena. Un mecanismo en cadena es aquel donde se produce más de una molécula de producto por cada evento inicial. Una reacción en cadena consta de tres fases fundamentales: inicio, propagación y conclusión. Para ilustrar este mecanismo se utilizará como ejemplo:

### a. Etapa de inicio

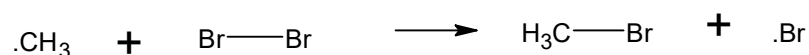
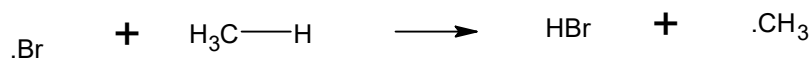


Es la primera reacción del proceso, donde se producen los primeros radicales libres a partir de moléculas estables. El comienzo puede ser provocado por cualquiera de las modalidades mencionadas anteriormente: térmica, fotoquímica, radioquímica o mediante oxidorreducción. En el proceso de bromación del metano, la fase inicial es la fragmentación del bromo que se induce con luz ultravioleta y genera radicales de bromo ( $\text{Br}\cdot$ ) (Konisberg 2008).



### b. Etapa de propagación

En esta etapa, se forma un nuevo radical a costas de otro (1), de manera que no se pierde el radical y el proceso continúa.

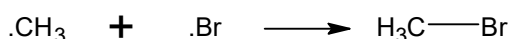
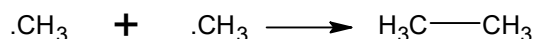


Puede haber varias fases de propagación de distintas características cada una. Como se puede notar, el producto de halogenación se genera en esta fase (2). Debido a que el radical bromo se restaura cada vez que se genera una molécula del producto, en la cadena se continúa transformando el metano sin requerir otro evento inicial. La secuencia se mantendrá hasta que el metano se agote o hasta que dicha secuencia se interrumpa por un acontecimiento de finalización prematuro (Konisberg 2008).

### c. Etapa de terminación

A través de estas reacciones se eliminan radicales y no generan nuevos radicales, por lo que se pierde el carácter radical durante el proceso. Normalmente sucede cuando dos radicales interactúan entre sí y generan moléculas estables. Esto sucede cuando la materia prima es limitada y los radicales pueden encontrarse (Konisberg 2008).

En un proceso pueden ocurrir distintas reacciones de finalización. Durante la halogenación, dos radicales metilo pueden generar una molécula de etano, dos radicales de bromo darán lugar a una molécula de bromo o un radical metilo junto con uno de bromo producirá bromuro de metilo (Konisberg 2008).



(Konisberg 2008)

El cuerpo usa antioxidantes para disminuir los radicales libres que se producen durante la respiración o digestión, o por exposición a agentes externos como la contaminación y alimentos que tienen componentes que pueden originar un daño, donando electrones para poner fin las reacciones de los oxidantes (Konisberg 2008).

La relación de radicales libres y antioxidantes desempeña un papel importante en el desarrollo de enfermedades relacionadas con la edad y el envejecimiento (Challem & Block, 2008), para lo cual se consumen alimentos que contienen una diversidad de fitonutrientes, con propiedades antioxidantes, como las vitaminas C y E, los carotenoides, los flavonoides (dentro de los cuales las flavonas, isoflavonas, flavononas, antocianinas y catequinas). Las frutas y vegetales brindan protección contra enfermedades degenerativas como el cáncer, enfermedades cardiovasculares y cerebrovasculares por su contenido alto en antioxidantes (Gutiérrez et al. 2007).

## 2.4 ANTIOXIDANTES EN HUEVOS

El huevo posee dos xantofilas: luteínas y zeaxantina, que contribuyen a la salud ocular, y son responsables de disminuir el riesgo de cataratas y degeneración macular, ambos conceptos vinculados al envejecimiento. Por lo tanto, el consumo de yema de huevo podría ayudar a evitar la ceguera en personas mayores, lo que debe ser considerado como un aspecto importante (Suarez-Dieguez et al. 2011), además proporciona una gran cantidad de luteína y zeaxantina, dos elementos que han llevado a clasificar al huevo como un "alimento funcional", es decir, aquellos que ofrecen ventajas para la salud que superan las relacionadas con su aporte nutricional (Suarez-Dieguez et al. 2011).

La luteína y la zeaxantina son carotenoides que se encuentran en vegetales de hojas verdes y en la yema del huevo. Funcionan como antioxidantes y resguardan los ojos de lesiones producidas por la luz de alta energía. Su contribución desde la niñez es fundamental para evitar enfermedades oculares como cataratas y degeneración macular. Investigaciones recientes indican que la ingesta de luteína podría elevar la densidad del pigmento macular y optimizar la función visual (Suarez-Dieguez et al. 2011).

El huevo es el único alimento de origen animal que proporciona luteína y zeaxantina, y aunque su cantidad es mínima en algunas fuentes vegetales. Sin embargo, 100g de yema contiene 1723 µg de luteína y 1257 µg de zeaxantina, además, su contenido aumenta de forma directamente proporcional a la concentración en el pienso de las gallinas (Suarez-Dieguez et al. 2011).

### **a. La vitamina E o tocoferol**

Se reconoce por su elevado potencial antioxidante, dado que contrarresta la acción destructiva de los radicales libres y evita la oxidación de las células. El huevo contiene de 1,1 a 1,6 mg/100g de vitamina E, lo que equivale al 5 % de la CDR. Es uno de los nutrientes cuya efectividad ha sido comprobada y lograda mediante la alimentación de la gallina, y que tiene demostrada acción beneficiosa (Suarez-Diequez et al. 2011).

La vitamina E, está conformada por los isómeros: tocoferoles y los tocotrienoles con diversa capacidad antioxidante. Generalmente, se reconoce al alfatocoferol como vitamina E. Este es uno de los antioxidantes lipídicos más relevantes debido a su habilidad para atraer el oxígeno (Vilaplana 2007).

La vitamina E actúa como antioxidante inhibiendo la peroxidación lipídica causada por radicales libres, protegiendo fosfolípidos en membranas celulares, lipoproteínas, tejido adiposo y cerebro. Al evitar la oxidación celular, contribuye a una buena nutrición, regeneración de tejidos, reduce el riesgo de ciertos cánceres (pulmón, páncreas, cuello uterino) y limita el crecimiento de tumores tipo sarcomas (Vilaplana 2007).

La acción antitumoral de la vitamina E se potencia cuando actúa junto con la vitamina C, el betacaroteno y el selenio. Para su absorción, la vitamina E requiere un aporte graso que induzca la secreción de bilis y forme micelas. Sin embargo, no está claro cuál es el aporte mínimo de grasa necesario para optimizar su absorción, especialmente al consumir suplementos dietéticos de vitamina E (Vilaplana 2007).

En concreto, tanto en la clara como en la yema, se han identificado numerosos compuestos con importantes propiedades beneficiosas para la salud (Aránzazu-Aparicio et al. 2018), en la tabla 5 se muestran algunos de ellos:

Tabla 5: Componentes bioactivos en el huevo

| <b>Efecto</b>              | <b>Compuesto bioactivo</b>                                                                                                                                                 |
|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Antioxidante               | Ovoalbumina, ovotransferrina, ovomusina, lisozima, fosvitina, fosfolípidos, carotenoides, vitamina E, aminoácidos aromáticos, selenio, yodo, folatos y péptidos bioactivos |
| Antiinflamatorio           | Ovoalbúmina, ovotransferrina, ovomusina, lisozima, avidina y péptidos bioactivos                                                                                           |
| Anticancerígeno            | Lisozima, avidina, fosvitina y carotenoides                                                                                                                                |
| Antimicrobiano y antiviral | Lisozima, ovotransferrina, avidina, ovoalbúmina, ovomucina, IgY y fosvitina                                                                                                |

Fuente: Aránzazu-Aparicio et al. (2018).

Es relevante señalar que la clase y el grado de grasa, así como otras vitaminas solubles en grasa, impactan en la efectividad de transferencia de la vitamina E del alimento al huevo. De este modo, incorporar grasa al alimento incrementa la concentración de vitamina E en el huevo. Esta mejora es menor mientras más insaturada sea esa grasa. En cambio, la adición adicional de vitamina A en el alimento reduce la transferencia de vitamina E a la yema (Grobas and Mateos 1998).

#### **b. Vitamina A**

La vitamina A, presente en forma de retinol en los huevos, es esencial para la salud ocular y el sistema inmunológico. La yema de huevo es una fuente significativa de vitamina A, que actúa como un antioxidante protegiendo las células del daño oxidativo (Surai F 2016). La presencia de antioxidantes en los huevos no solo beneficia a los consumidores al protegerlos de daños oxidativos, sino que también mejora la estabilidad del huevo durante el almacenamiento. Los antioxidantes contribuyen a mantener la frescura y la calidad nutricional del huevo (Kralik and Kralik 2017).

## **2.5 EL OXÍGENO Y LAS ESPECIES DE OXÍGENO REACTIVAS**

El 21% de la atmósfera terrestre consiste en oxígeno (O<sub>2</sub>) biológico, generado por la oxidación del agua en el fotosistema II de cianobacterias, plantas y algas utilizando energía solar. Este O<sub>2</sub> es crucial para la respiración de la mayoría de los seres vivos, incluido el ser humano, puesto que lo transformamos en agua y aprovechamos la energía liberada para generar ATP y facilitar el traslado de sustancias a través de las membranas celulares. Cerca del 80% del ATP se produce en las mitocondrias, donde se utiliza entre el 85% y el 90% del O<sub>2</sub>. De este modo, la respiración y la fotosíntesis oxigenada establecen un ciclo ininterrumpido de oxidación del H<sub>2</sub>O y reducción del oxígeno. Este ciclo ha permanecido sin cambios durante millones de años, así como la biomasa total del planeta. No obstante, la diversidad de organismos en el ciclo ha variado. El incremento de la población humana y de animales domésticos ha afectado de manera negativa a otras especies que también requieren oxígeno (Hansberg 2002).

## **2.6 CAPACIDAD ANTIOXIDANTE**

Un antioxidante dietético es una sustancia en los alimentos que previene o retrasa la oxidación de nuevas moléculas, protegiendo contra los radicales libres. Estos son átomos con un electrón no apareado, que buscan electrones de moléculas estables, creando una reacción en cadena que puede dañar las células. Aunque los radicales libres son necesarios en cantidades moderadas para combatir bacterias y virus, su producción debe estar controlada. Los antioxidantes protegen al cuerpo de este daño, similar a cómo los conservantes evitan la descomposición de los alimentos (Avello and Suwalsky 2006).

La vitamina E es un antioxidante lipídico clave que inhibe la peroxidación lipídica causada por los radicales libres, especialmente en tejidos ricos en ácidos grasos poliinsaturados. Al capturar un radical, forma un radical tocoferoxilo, que puede ser reducido por ácido ascórbico u otros agentes, regresando a su estado reducido (Chordi-Barrufet 2013).

## 2.7 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

- a. **Capacidad antioxidante:** Se define como el potencial de una sustancia o compuesto para inhibir o dificultar la oxidación de un sustrato hasta en cantidades muy pequeñas ( $< 1\%$ , comúnmente 1-1,000 mg/L). Su medición es útil para valorar la calidad de un alimento, la cantidad de antioxidantes en un sistema, o la biodisponibilidad de compuestos antioxidantes en el cuerpo humano (López-Alarcón and Denicola 2013).
- b. **Tocoferoles:** El tocoferol es un tipo de vitamina E que pertenece a la familia de los tocoferoles. Se caracteriza por ser liposoluble y un potente antioxidante, protegiendo a las células del daño causado por los radicales libres y el estrés oxidativo que se encuentra en diversas formas (Clinica Universidad de Navara 2023).
- c. **Sistemas de producción intensiva:** Los sistemas intensivos, son los desarrollados con el propósito comercial e industrial, bajo el cual las aves permanecen en confinamiento durante toda su vida productiva (Buitrago-Garzón and Forrero-Rojas 2016).
- d. **Pienso comercial:** El pienso comercial es un alimento balanceado para mascotas que se vende en tiendas especializadas. Está diseñado para proporcionar una nutrición completa y equilibrada a los animales domésticos (FAO 2019).
- e. **Calidad nutricional:** La calidad nutricional se refiere a la capacidad de un alimento para proporcionar nutrientes esenciales y beneficiosos para la salud en proporciones adecuadas y equilibradas (FAO 2019).
- f. **Compuestos bioactivos:** Un compuesto bioactivo es una sustancia química que se encuentra en los alimentos y que tiene efectos beneficiosos en la salud humana (Carbajal 2013).
- g. **Carotenoides:** los carotenoides son tetraterpenos constituidos por unidades múltiples de isopreno con un anillo de ciclohexano sustituido e insaturado en cada uno de los extremos. Existen dos tipos de carotenoides: los carotenos, que no contienen oxígeno en sus anillos

terminales y las xantofilas que si los tienen (Carranco, Calvo and Pérez-gil 2011).

- h. **Alimento natural:** Se define como alimento natural el que conserva características de origen, o sea, que no ha sufrido alteración alguna: ni durante el proceso de cultivo, ni durante el transporte o elaboración (FAO 2019).
- i. **Alimento funcional:** Un alimento funcional es aquel que, aparte de su valor nutricional, incluye componentes biológicamente activos que ofrecen efectos adicionales y beneficiosos para la salud, y disminuyen el riesgo de desarrollar ciertas enfermedades (Beltran de Heredia 2016).
- j. **E.N.N.:** Se refiere a Extracto No Nitrogenado. Este término es utilizado en análisis químicos de alimentos para describir la fracción de los alimentos que no contiene nitrógeno, es decir, los componentes orgánicos que no están formados principalmente por proteínas. En el caso de los huevos, el E.N.N. incluye principalmente carbohidratos, como azúcares y fibra, así como algunos componentes lipídicos no proteicos. Este valor es útil para estimar el contenido de nutrientes no proteicos en los alimentos (Quitral, Donoso and Acevedo 2009).
- k. **DPPH:** (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo) es un compuesto químico utilizado en la medición de la actividad antioxidante de una sustancia. Es un radical libre estable que tiene un color violeta, y cuando se encuentra con un antioxidante, este lo neutraliza, cambiando el color a incoloro o amarillo (Blois 1958).

## **CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN**

### **3.1 TIPO DE ESTUDIO**

El trabajo de investigación es de tipo descriptivo y comparativo, porque se recogió los datos de las muestras de gallinas de chacra y granja y se evaluaron la capacidad antioxidante y los tocoferoles totales.

### **3.2 DISEÑO DEL ESTUDIO**

$$M \rightarrow R$$

M: Muestras de huevos

R: Resultados de las determinaciones de la capacidad antioxidante y tocoferoles totales

### **3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA**

#### **3.3.1 POBLACIÓN**

En el trabajo de investigación se tomó como población para huevos de gallinas de granja la Empresa “Granjas Amazónicas SAC” y para huevos de gallinas de chacra el poblado de “La Cachuela” ubicados en el distrito de Tambopata- Madre de Dios.

#### **3.3.2 MUESTRA**

Las muestras fueron colectadas aplicando el método de muestreo aleatorio simple, sin presencia de agentes contaminantes y en un buen estado físico, de la población en estudio.

### **3.4 MÉTODOS Y TÉCNICAS**

#### **3.4.1 METODOLOGIA DE TRABAJO**

Durante el desarrollo del trabajo de investigación, se realizaron las siguientes actividades:

- a. Recolección de la materia prima.
- b. Determinación de la capacidad antioxidante y tocoferoles totales en huevos provenientes de gallina de chacra.
- c. Determinación de la capacidad antioxidante y tocoferoles totales en huevos provenientes de gallina de granja.
- d. Comparación de la capacidad antioxidante y tocoferoles totales de los huevos provenientes de gallina de chacra y granja, determinaciones que se realizaron de acuerdo a los métodos estandarizados.

#### **3.4.2 METODOS DE ANALISIS**

##### **A. DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD**

Para determinar la humedad en huevos de gallina, se utilizó el método gravimétrico (Latimer 2023). A continuación, se detalla el procedimiento paso a paso:

Romper cuidadosamente el huevo y separar el contenido (clara y yema) en un recipiente limpio. Mezclar bien la clara y la yema para obtener una muestra homogénea, luego añadir 10 g de muestra de huevo aproximadamente a la cápsula de pesaje.

Colocar la cápsula con la muestra en una estufa a 105°C por 12 horas aproximadamente o hasta que se alcance un peso constante, después del secado, retirar la cápsula del horno con pinzas y colocarla en el desecador para que se enfríe a temperatura ambiente (para evita la absorción de humedad del aire), una vez que la cápsula y la muestra se hayan enfriado completamente, pesar nuevamente la cápsula con la muestra seca.

## **B. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE**

### **1) Método ABTS**

El método ABTS, desarrollado por Re et al. (1999) y descrito por Kuskoski et al., utiliza el radical ABTS, formado mediante la reacción de ABTS (7 mM) con persulfato potásico (2,45 mM) a temperatura ambiente y en oscuridad durante 16 horas. Una vez formado, el radical se diluye con etanol para obtener una absorbancia entre 0,70 ( $\pm 0,1$ ) a 754 nm.

Las muestras de antocianos se diluyen con etanol hasta lograr una inhibición del 20 al 80% de la absorbancia del blanco. A continuación, se mide la absorbancia del radical a 754 nm a 30°C, después de añadir 20  $\mu$ L de la muestra. La medición continua se realiza durante 7 minutos.

Para comparación, se ensaya el antioxidante sintético Trolox a concentraciones de 0-15  $\mu$ M y ácido ascórbico (0-20 mg/100 mL) bajo las mismas condiciones. Los resultados se expresan en TEAC (actividad antioxidante equivalente a Trolox) y VCEAC (actividad antioxidante equivalente a vitamina C), siendo especialmente útil para evaluar alimentos. Este procedimiento es utilizado para determinar la capacidad antioxidante de muestras de huevo.

A continuación, se detalla el procedimiento específico para evaluar la capacidad antioxidante de muestras de huevo utilizando el método ABTS:

#### **a. Preparación del extracto antioxidante de la muestra de huevo**

Homogeneizar una cantidad precisa de muestra de huevo (por ejemplo, 1-2 gramos de yema o clara).

Extraer los antioxidantes usando un solvente adecuado, como etanol, metanol o una mezcla de metanol, (por ejemplo, 80:20).

La muestra se debe agitar y dejar reposar para permitir que los compuestos antioxidantes se disuelvan en el solvente.

Centrifugar la mezcla a alta velocidad (por ejemplo, 3000 rpm durante 10 minutos) para separar el sobrenadante (fase líquida) de los sólidos.

Recoger el sobrenadante, que contiene los antioxidantes, para el análisis.

#### **b. Preparación del radical ABTS<sup>+</sup>**

Disolver ABTS en agua destilada para preparar una solución de 7 mM.

Oxidar el ABTS a su forma de radical libre (ABTS<sup>+</sup>) mezclando la solución de ABTS con una solución de persulfato de potasio (K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>) 2,45 mM en una proporción 1:1.

Dejar la mezcla en la oscuridad a temperatura ambiente durante 12-16 horas para asegurar una completa oxidación.

#### **c. Dilución de la solución ABTS<sup>+</sup>**

Diluir la solución de ABTS<sup>+</sup> en un solvente (como etanol o agua) para ajustar la absorbancia a  $0,70 \pm 0,02$  a 734 nm.

Esta absorbancia inicial es ideal para asegurar que el ensayo sea sensible y reproducible.

#### **d. Reacción entre la muestra y el ABTS<sup>+</sup>**

Tomar un volumen conocido de la solución de ABTS<sup>+</sup> diluida y mezclar con una alícuota de la muestra de extracto de huevo.

Dejar que la mezcla reaccione a temperatura ambiente durante un tiempo determinado (generalmente 6-10 minutos).

#### **e. Medición de la absorbancia**

Medir la absorbancia de la mezcla a 734 nm utilizando un espectrofotómetro.

A medida que los antioxidantes en la muestra reducen el ABTS<sup>+</sup>, el color verde-azulado de la solución disminuye, lo que refleja la capacidad antioxidante de la muestra de huevo.

#### f. Cálculo de la actividad antioxidante

Calcular el porcentaje de inhibición de ABTS+ usando la fórmula:

$$\text{Inhibición} = \left( \frac{\text{Absorbancia inicial} - \text{Absorbancia final}}{\text{Absorbancia inicial}} \right) \times 100$$

También se puede calcular el IC50 (concentración de muestra necesaria para inhibir el 50% del ABTS+), lo cual permite una comparación cuantitativa de la capacidad antioxidante.

Para expresar los resultados en equivalentes de Trolox (TEAC), preparar una curva de calibración utilizando Trolox como estándar de referencia y comparar la muestra de huevo contra esta curva.

#### 2) Ensayo del DPPH (1,1-difenil-2-picril-hidrazilo)

Este método fue propuesto por (Blois 1958) en el cual se demostró por primera vez la capacidad del radical libre DPPH para aceptar un átomo de hidrógeno (H●) proveniente de una molécula de cisteína.

La molécula 1,1-difenil-2-picril-hidrazilo (DPPH) es conocida como un radical libre estable debido a la deslocalización de un electrón desapareado sobre la molécula completa, por lo cual la molécula no se dimeriza, como es el caso de la mayoría de los radicales libres. La deslocalización del electrón también intensifica el color violeta intenso típico del radical, el cual absorbe en metanol a 517 nm.

Cuando la solución de DPPH reacciona con el sustrato antioxidante que puede donar un átomo de hidrógeno como se muestra en la figura 8, el color violeta se desvanece. El cambio de color es monitoreado espectrofotométricamente y es utilizado para la determinación de los parámetros para las propiedades antioxidantes. Después de aproximadamente tres décadas este ensayo comenzó a utilizarse rutinariamente para la caracterización de las propiedades antioxidantes (Mishra, Ojha y Chaudhury 2012).

El procedimiento original para el ensayo DPPH. ha sido adoptado por muchos laboratorios y a pesar de que existen modificaciones a conveniencia, una revisión detallada de la 16 literatura ha revelado que la mayoría de los estudios están basados en un tiempo de reacción de 20-30 min en vez de un tiempo de reacción total de 120 minutos requerido para alcanzar el estado estacionario y completar la reacción redox (Mishra, Ojha y Chaudhury 2012).

Estructura del DPPH antes y después de la reacción con el antioxidante (Alam, Bristi y Rafiquzzaman 2013).

El ensayo DPPH tiene algunas desventajas que limitan su aplicación, entre estas se encuentran:

La diferencia en el mecanismo de reacción que normalmente ocurre entre antioxidante y radicales peroxilo.

DPPH es un radical del nitrógeno de larga vida, lo cual no guarda similitud con los radicales peroxilo altamente reactivos y transitorios involucrados en la peroxidación lipídica. Muchos antioxidantes que reaccionan rápidamente con radicales peroxilo, reaccionan lentamente o son inertes al DPPH. Esto se evidencia en el tiempo necesario para determinar el IC<sub>50</sub> que van en un rango de 1,15 min (Ácido ascórbico) a 103 min (Rutina).

La reacción cinética entre el DPPH y los antioxidantes no es lineal con la concentración de DPPH, por lo cual es arbitrario medir la capacidad antioxidante usando IC<sub>50</sub>.

A continuación, se describe el procedimiento:

**a. Preparación del extracto antioxidante de la muestra de huevo:**

Tomar una cantidad específica de la muestra de huevo (por ejemplo, 1-2 gramos de yema o clara).

Homogeneizar la muestra y extraer los antioxidantes con un solvente adecuado, como etanol, metanol, o una mezcla de metanol (80:20).

Agitar la mezcla para asegurar que los antioxidantes se disuelvan en el solvente y luego centrifugarla a alta velocidad (por ejemplo, 3000 rpm durante 10 minutos) para obtener el sobrenadante.

Recoger el sobrenadante, que contiene los antioxidantes extraídos, para el análisis.

#### **b. Preparación de la solución de DPPH**

Disolver DPPH en metanol para obtener una solución de 0,1 mM. Esta concentración es común para asegurar una buena sensibilidad en el ensayo.

La solución de DPPH debe presentar un color violeta intenso. Verificar que su absorbancia esté alrededor de 517 nm en un espectrofotómetro.

#### **c. Mezcla de la solución de DPPH con el extracto antioxidante**

Añadir un volumen específico de la solución de DPPH a un volumen conocido del extracto de huevo.

Mezclar bien y dejar que la reacción ocurra a temperatura ambiente en la oscuridad (para evitar la degradación por luz) durante un tiempo determinado, generalmente 20-30 minutos.

#### **d. Medición de la absorbancia**

Pasado el tiempo de reacción, medir la absorbancia de la mezcla a 517 nm usando un espectrofotómetro.

La disminución en la absorbancia en comparación con la solución de DPPH pura refleja la capacidad antioxidante del extracto de huevo.

#### **e. Cálculo de la actividad antioxidante**

Calcular el porcentaje de inhibición del DPPH utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Inhibición} = \left( \frac{\text{Absorbancia inicial} - \text{Absorbancia final}}{\text{Absorbancia inicial}} \right) \times 100$$

Para una comparación cuantitativa, calcular el  $IC_{50}$  (la concentración de extracto de huevo necesaria para reducir el 50% de la absorbancia del DPPH), realizando el ensayo a diferentes concentraciones de la muestra.

#### **f. Expresión de resultados**

Los resultados pueden expresarse en términos de  $IC_{50}$ , lo cual permite comparar la eficacia antioxidante entre diferentes muestras de huevo.

Alternativamente, para expresar los resultados en equivalentes de Trolox (TEAC), se puede construir una curva de calibración con Trolox y comparar las muestras de huevo contra este estándar.

### **C. DETERMINACIÓN DE TOCOFEROLES**

La determinación de tocoferoles se realizó por HPLC, según la metodología de AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY (AOCS), Ce 8-89 (1993).

El procedimiento para la determinación de tocoferoles por HPLC según el método AOCS Ce 8-89 (1993), de la American Oil Chemists' Society (AOCS), se describe a continuación:

#### **1) Preparación de la muestra:**

Se extraen los tocoferoles de la muestra utilizando un solvente adecuado, generalmente una mezcla de hexano u otro solvente no polar que facilite la extracción de compuestos liposolubles.

La muestra se filtra o centrifuga para eliminar partículas y obtener una solución clara.

#### **2) Preparación del estándar**

Se utiliza Trolox o una mezcla de estándares de tocoferoles ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ -tocopheroles) para calibrar el equipo y cuantificar los niveles de tocoferoles en la muestra. Estos estándares se preparan en concentraciones conocidas y se inyectan en el HPLC para construir una curva de calibración.

### 3) Condiciones del HPLC

- a. **Columna:** Se usa una columna de fase normal, generalmente de sílica, adecuada para la separación de tocoferoles.
- b. **Fase móvil:** Se emplea un solvente no polar, como hexano o una mezcla de hexano/isopropanol, para transportar la muestra a través de la columna.
- c. **Detector:** La detección de los tocoferoles se realiza mediante un detector de fluorescencia, con una longitud de onda de excitación alrededor de 290 nm y de emisión en 330 nm, lo que maximiza la sensibilidad para los tocoferoles.
- d. **Velocidad de flujo:** Se establece una velocidad de flujo adecuada, generalmente en el rango de 1,0 mL/min, para lograr una separación óptima.

### 4) Inyección y análisis

- a. Se inyecta una alícuota de la muestra en el sistema HPLC y se registra el tiempo de retención de cada tipo de tocoferol.
- b. Los picos obtenidos para cada tocoferol se comparan con los de los estándares para su identificación y cuantificación.

### 5) Cálculo de concentraciones

- a. A partir de la curva de calibración, se calculan las concentraciones de cada tocoferol en la muestra en función del área de los picos obtenidos.
- b. Los resultados se expresan en miligramos por 100 gramos de muestra, o en otra unidad adecuada, según el objetivo del análisis.

#### 3.4.3 TRATAMIENTO DE LOS DATOS

Para la determinación de las constantes de los modelos matemáticos se emplearon el software estadístico IBM SPSS versión 26 a través del análisis de regresión no lineal.

## CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

### 4.1 RESULTADO DE LA OBTENCIÓN DE LAS MUESTRAS

Las muestras se obtuvieron aplicando el método de muestreo aleatorio simple, sin presencia de agentes contaminantes durante el mes de marzo de 2024 tomando en cuenta el siguiente esquema (Tabla 6).

Tabla 6: Toma de muestra de huevos

| Muestra de huevos | 1* | 3* | 5* | 7* | 9* | Total |
|-------------------|----|----|----|----|----|-------|
| Chacra            | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 15    |
| Granja            | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 15    |

\* son los días muestreados del mes de marzo.

#### MANEJO POST-MUESTREO

Las muestras recolectadas fueron dispuestas de la siguiente manera:

- a. **Empacado.** - Se utilizó un cooler con el cual se empacó las muestras dispuestas en filas y columnas con hielo picado, con el objeto de preservar las condiciones, evitando la rotura y recalentamiento de las muestras.
- b. **Transporte.** - Las muestras se transportaron en un vehículo con los neumáticos regulados a una presión adecuada para evitar el sacudimiento brusco durante el viaje.
- c. **Almacenamiento.** - Se separó en envolturas de polipropileno grado alimentario y almacenó en un refrigerador a 10 °C.

## 4.2 RESULTADO DE LA DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD

Luego de la aplicación del método, se tiene los siguientes resultados:

Tabla 7: Contenido de humedad en huevos

| Muestra de huevos | Porcentaje de humedad (%) |
|-------------------|---------------------------|
| Chacra            | 73,6                      |
| Granja            | 75,3                      |

Fuente: Elaboración propia

La determinación de la humedad en huevos de gallina es fundamental porque impacta directamente en la calidad (textura, sabor y consistencia) y seguridad alimentaria (control microbiológico e higiene) del producto.

Los resultados presentados en la tabla 6 indican que las muestras de huevo poseen: 73,6% para huevos de chacra y 75,3% en huevos de granja. Investigaciones previas, como las de Quiral et al. (2009) y (Yépez-Macías et al. 2022), han reportado valores de contenido de agua cercanos a los hallados en la investigación, lo que sugiere que son comparables a los encontrados en estudios anteriores.

## 4.3 RESULTADO DE LA DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y TOCOFEROLES TOTALES EN HUEVOS PROVENIENTES DE GALLINA DE CHACRA Y GRANJA

### 4.3.1 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN HUEVOS PROVENIENTES DE GALLINAS DE CHACRA Y GRANJA

Los resultados de la determinación de la capacidad antioxidante en huevos de chacra de muestran en la tabla 8.

Tabla 8: Capacidad antioxidante en huevos de chacra

| Nº | Gallinas | Trolox C <sub>150</sub> mg/100g | Promedio |
|----|----------|---------------------------------|----------|
| 1  | Chacra   | 23,83                           | 23,91    |
| 2  | Chacra   | 23,88                           |          |
| 3  | Chacra   | 23,93                           |          |
| 4  | Chacra   | 24,06                           |          |
| 5  | Chacra   | 23,83                           |          |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9: Capacidad antioxidante en huevos de granja

| Nº | Gallinas | Trolox C <sub>150</sub> mg/100g | Promedio |
|----|----------|---------------------------------|----------|
| 1  | Granja   | 18,81                           | 18,84    |
| 2  | Granja   | 18,78                           |          |
| 3  | Granja   | 18,84                           |          |
| 4  | Granja   | 18,96                           |          |
| 5  | Granja   | 18,81                           |          |

Fuente: Elaboración propia

La capacidad antioxidante equivalente a Trolox (TEAC) mide el poder antioxidante de mezclas complejas usando Trolox como referencia. Se expresa en unidades de equivalentes de Trolox (TE), permitiendo estimar la actividad antioxidante sin analizar cada componente individualmente. Trolox, similar a la vitamina E, reduce el estrés oxidativo (Campo-Banguero & Ramírez-Navas 2021).

Los resultados indican que los huevos de chacra tienen una capacidad antioxidante promedio de 23,91 Trolox C<sub>150</sub> mg/100g, mientras que los de granja tienen 18,84. Los antioxidantes en los huevos protegen contra el daño celular por radicales libres, y componentes como luteína y zeaxantina ofrecen beneficios antioxidantes y antiinflamatorios (Rodríguez-Rodríguez et al. 2021).

El análisis de caja (boxplot) indica que los antioxidantes en huevos de chacra están principalmente entre 23,8 y 23,9, con una mediana de 23,9 y un valor atípico bajo que sugiere la necesidad de investigar más a fondo. Según Konigsberg-Fainstein (2008), los antioxidantes en huevos neutralizan los radicales libres mediante la donación de electrones, protegiendo las células y mejorando la estabilidad durante el almacenamiento. Además, según Aránzazu-Aparicio et al. (2018), los huevos pueden ser enriquecidos con antioxidantes mediante la alimentación de las gallinas.

#### 4.3.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN HUEVOS GALLINAS DE CHACRA

El **diagrama de cajas**, también llamado diagrama de bigotes, es un recurso visual que facilita la representación de la mediana y los valores extremos, tanto mínimos como máximos, en una distribución. El boxplot (figura 1) muestra que los valores de antioxidantes en la categoría "gallina chacra" están concentrados principalmente en el rango de 23,8 a 23,9, con una mediana de alrededor de 23,9. Sin embargo, hay al menos un valor atípico por debajo de 23,7, lo que podría ser un punto de interés para investigar más a fondo. Este tipo de análisis es útil para comprender la distribución de los datos y para identificar posibles valores atípicos en la muestra.

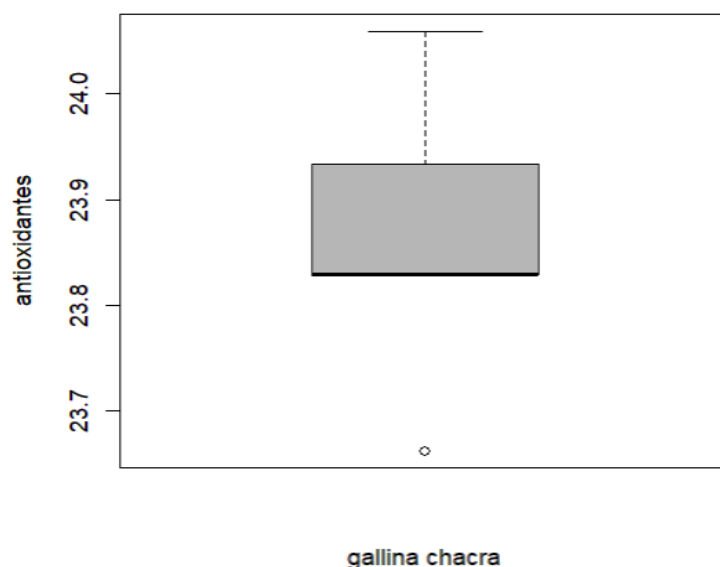


Figura 1: Diagrama de cajas para el contenido de la capacidad antioxidante en muestras de huevos de chacra.

El gráfico de **QQ plot** (quantile-quantile plot) es una herramienta gráfica utilizada para evaluar si una muestra de datos sigue una distribución normal.

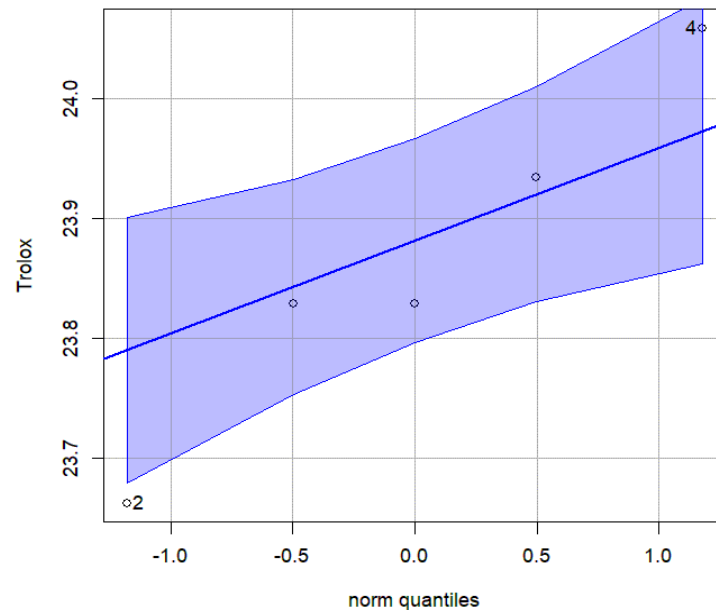


Figura 2: Gráfico de QQ plot para el contenido de la capacidad antioxidante en muestras de huevos de chakra.

El Q-Q plot muestra que los datos de **Trolox** se alinean bien con la línea de referencia, indicando que los datos siguen una distribución normal. Esto es consistente con el resultado del **Shapiro-Wilk test** que también sugiere normalidad (con un p-value = 0,8793).

El **Shapiro-Wilk Normality Test** se utiliza para evaluar si un conjunto de datos sigue una distribución normal. Para lo cual nos planteamos las siguientes hipótesis:

Ho: La distribución es normal

H1: La distribución no es normal

Si el valor p-value > 0,05 se acepta Ho, p-value ≤ 0,05 se rechaza Ho

Resultados de Shapiro-Wilk Normality Test muestran:

Shapiro-Wilk normality test

data: Trolox

W = 0,97064, p-value = 0,8793

Dado que el p-value es 0,8793, se concluye que los datos obtenidos de la capacidad antioxidante expresados en Trolox Cl50 mg/100g siguen una distribución normal según la prueba de Shapiro-Wilk. Esto implica que no hay evidencia estadística para afirmar que los datos se desvían de la normalidad.

El Q-Q plot muestra que los datos de Trolox se alinean bien con la línea de referencia, indicando que los datos siguen una distribución normal. Esto es consistente con el resultado del Shapiro-Wilk test que también sugiere normalidad (con un p-value = 0,8793).

#### 4.3.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN HUEVOS GALLINAS DE GRANJA

El boxplot (figura 3) muestra la mayoría de los datos de la capacidad antioxidante de las gallinas de granja se encuentran entre aproximadamente 18,80 y 18,85. La mediana está cerca del centro de la caja, lo que indica que los datos están relativamente bien distribuidos en torno a la mediana. Hay un valor atípico por encima de 18,95, lo que sugiere que una observación es significativamente mayor que el resto de los datos. Este valor es importante de considerar porque puede influir en los análisis posteriores.

Los datos de **capacidad antioxidante de las gallinas de granja** están en su mayoría agrupados de manera consistente, lo hace sugerir que los datos presentan una distribución normal.

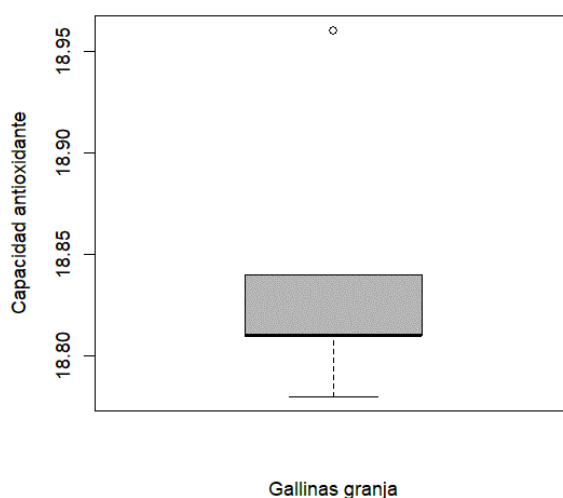


Figura 3: Diagrama de cajas para el contenido de la capacidad antioxidante en muestras de huevos de granja.

**Gráfico QQ**, este gráfico se usa para comprobar si nuestros datos siguen una curva en forma de campana, típica de una distribución normal.

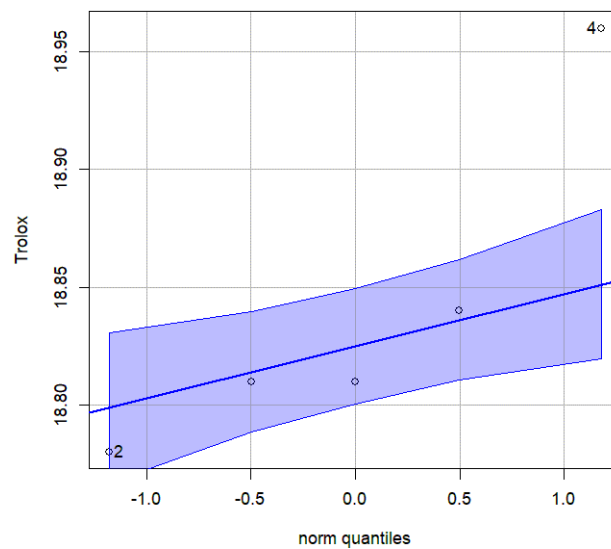


Figura 4: Gráfico de QQ plot para el contenido de la capacidad antioxidante en muestras de huevos de granja.

La gráfica de QQ plot sugiere que los valores de "Trolox" en los datos se distribuyen de manera aproximadamente normal, con algunas desviaciones menores. El gráfico es una herramienta útil para evaluar visualmente qué tan bien se ajustan los datos a una distribución normal.

El **Shapiro-Wilk Normality Test** se usa para valorar si un conjunto de datos sigue una distribución normal. Para lo cual nos planteamos las siguientes hipótesis:

Ho: La distribución es normal

H1: La distribución no es normal

Si el valor  $p\text{-value} > 0,05$  se acepta Ho,  $p\text{-value} \leq 0,05$  se rechaza Ho

El resultado del test de normalidad Shapiro-Wilk nos muestra lo siguiente:

Shapiro-Wilk normality test

data: Trolox

W = 0,813, p-value = 0,103

Como el p-valor de 0,103, es mayor al umbral común de significancia ( $p = 0,05$ ), no se rechaza la hipótesis nula, es decir, que los datos siguen una distribución normal.

Los resultados del test de Shapiro-Wilk, junto con la gráfica Q-Q anterior, indican que la variable "Trolox" en los datos siguen una distribución normal, aunque el estadístico W ligeramente bajo podría sugerir alguna leve desviación. Sin embargo, dado el p-valor obtenido, no se puede concluir que los datos se desvíen significativamente de una distribución normal.

#### 4.3.4 RESULTADOS DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE ENTRE HUEVOS DE CHACRA Y GRANJA

Tabla 10: Capacidad antioxidante en huevos de chacra y granja

| Gallinas | Antioxidantes | Promedio |
|----------|---------------|----------|
| Chacra   | 23,83         | 23,91    |
| Chacra   | 23,88         |          |
| Chacra   | 23,93         |          |
| Chacra   | 24,06         |          |
| Chacra   | 23,83         |          |
| Granja   | 18,81         | 18,84    |
| Granja   | 18,78         |          |
| Granja   | 18,84         |          |
| Granja   | 18,96         |          |
| Granja   | 18,81         |          |

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla 10 se observa que las muestras de huevos provenientes de chacra presentan mayor porcentaje respecto a las muestras de huevos de granja, resultados que son corroborados por Kulinka et al. (2017), Quital et al. (2009) y Yépez-Macías et al. (2022) en la que manifiestan que los huevos campo presentan mayor capacidad antioxidante que los de granja.

Seperiza et al. (2021) mencionan que la inclusión de materias primas ricas en compuestos bioactivos (antioxidantes) en la dieta de gallinas criollas,

afecta la composición de los huevos. Así mismo, la composición del huevo varía con la edad de la gallina, la estirpe y el tipo de manejo. El factor más importante, sin embargo, es la alimentación (Grobas and Mateos 1998).

#### 4.3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE ENTRE HUEVOS DE GALLINAS DE CHACRA Y GRANJA

##### a. Prueba de LEVENE para la capacidad antioxidante de huevos gallinas de chacra y granja

La **prueba de Levene** se utiliza para evaluar la **homogeneidad de varianzas** entre dos o más grupos. Es decir, sirve para determinar si las varianzas de una variable dependiente continua son iguales (homogéneas) en diferentes niveles de una variable independiente categórica. Este es un supuesto importante para muchos análisis estadísticos como el análisis de varianza (ANOVA) y la prueba t de Student.

##### Prueba de hipótesis:

H0: las varianzas son diferentes.

H1: las varianzas no son diferentes

Supuestos:

Si  $p > 0,05$ , no se rechaza la hipótesis nula de igualdad de varianzas.

Si  $p \leq 0,05$ , se rechaza la hipótesis nula, indicando que las varianzas son significativamente diferentes

##### Resultado del Test de LEVENE:

Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)

|       | Df | F      | value Pr(>F) |
|-------|----|--------|--------------|
| Group | 1  | 1.3006 | 0.2871       |
|       | 8  |        |              |

Dado que el p-value (0,2871) es mayor que el nivel de significancia 0,05, entonces no se rechaza la hipótesis nula. Esto significa que no hay evidencia

estadística suficiente para afirmar que las varianzas entre los grupos son diferentes. En otras palabras, las varianzas entre los grupos pueden considerarse homogéneas.

Dado que, según la prueba de Levene, las varianzas de los grupos son homogéneas y muestras independientes (gallinas de chacra y granja), se realizará la evaluación estadística a través de la prueba t par muestras independientes.

#### **b. Prueba t de Student para muestras independientes para la capacidad antioxidante de huevos de gallinas de chacra y granja**

La prueba t de Student para muestras independientes entre dos grupos de gallinas "Chacra" y "Granja" en la variable "Antioxidantes". La prueba evalúa si existe una diferencia estadísticamente significativa en las medias de antioxidantes entre los dos grupos de gallinas.

#### **Prueba de hipótesis**

H0: La diferencia de medias entre el grupo Chacra y el grupo Granja es igual a 0

H1: La diferencia de medias entre el grupo Chacra y el grupo Granja no es igual a 0

#### **Resultado de la Prueba t de Student**

Two Sample t-test

data: Antioxidantes by Gallinas

t = 68.568, df = 8, p-value = 2.278e-12

95 percent confidence interval: 4.851173 5.188827

sample estimates:

mean in group Chacra

23.91

mean in group Granja

18.84

El resultado nos indica que existe una diferencia significativa en las medias de antioxidantes entre los grupos "Chacra" y "Granja" ( $p < 0,001$ ). En promedio, el grupo "Chacra" tiene un nivel de antioxidantes significativamente mayor (23,91) en comparación con el grupo "Granja" (18,84). Dado el valor  $p$  extremadamente pequeño y el intervalo de confianza que no incluye 0, se puede afirmar con un alto nivel de confianza que esta diferencia no es producto del azar.

### c. Gráfico boxplot para la capacidad antioxidante de huevos gallinas de chacra y granja

El gráfico **boxplot** compara los niveles de antioxidantes entre dos grupos de gallinas: "Chacra" y "Granja".

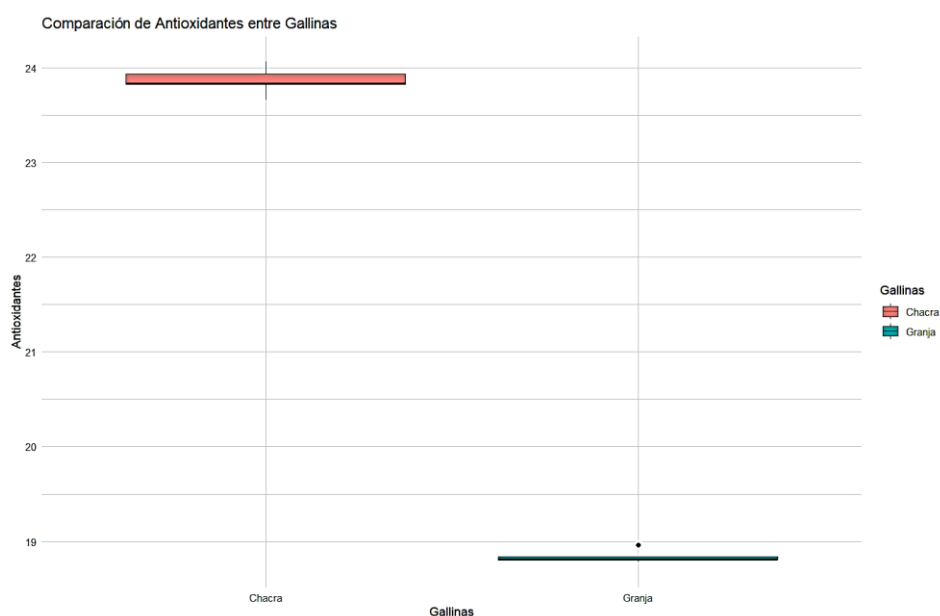


Figura 5: Diagrama de cajas para el contenido de la capacidad antioxidante en muestras de huevos de chacra y granja.

La figura 5 respalda la conclusión de que hay una diferencia significativa entre los niveles de antioxidantes de las gallinas de "Chacra" y "Granja". Las gallinas de "Chacra" tienen consistentemente niveles más altos y homogéneos de antioxidantes en comparación con las de "Granja", lo que podría ser relevante para análisis posteriores o decisiones prácticas.

#### 4.3.6 RESULTADOS DEL CONTENIDO DE TOCOFEROLES ENTRE HUEVOS DE GALLINAS DE CHACRA Y GRANJA

La vitamina E (tocoferoles) merece, por su papel antioxidante, especial atención en relación con los ácidos grasos  $\omega$ -3 y la ingesta en elevadas dosis puede proteger enfermedades cardiovasculares y ciertos tipos de cáncer (Grobas and Mateos 1998).

Tabla 11: Contenido de tocoferoles totales entre huevos de gallinas chacra y granja

| Gallinas | Tocoferoles totales<br>mg/100 g muestra | Promedio |
|----------|-----------------------------------------|----------|
| Chacra   | 3,41                                    | 3,46     |
| Chacra   | 3,55                                    |          |
| Chacra   | 3,43                                    |          |
| Granja   | 2,19                                    | 2,12     |
| Granja   | 1,92                                    |          |
| Granja   | 2,26                                    |          |

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a la tabla 11 las muestras de huevos provenientes de chacra presentan mayor porcentaje de tocoferoles (3,46) respecto a las muestras de huevos de granja (2,12) expresados en mg/100 g muestra , resultados que son corroborados por Kulinka et al. (2017), en la que manifiesta que los huevos de campo presentan mayor contenido en tocoferoles que los de granja.

Al respecto Grobas & Mateos (1998) y Cardaci (2018) indican que el contenido en vitamina E ( $\alpha$ -tocoferol) del huevo se incrementa con el nivel de vitamina E ( $\alpha$ -tocoferil) en la dieta.

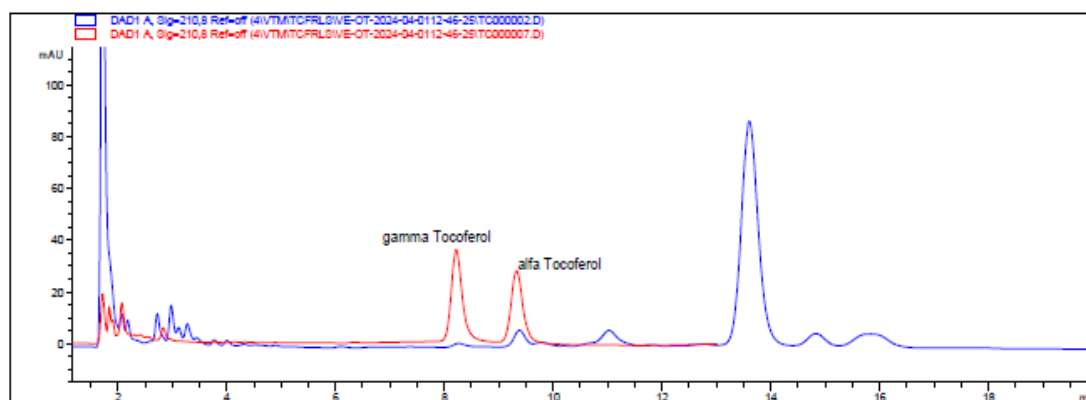
Esta diferencia se explica porque la alimentación de gallinas de chacra es muy variada y depende del tipo de forrajes, pasto o hierbas presentes en el medio donde se encuentran. Un pasto verde aporta los nutrientes contenidos en la hoja, el grano y la semilla de la planta. Toda semilla es en potencia un gran aporte de nutrientes y de componentes bioactivos como los antioxidantes.

Al respecto Abdel Magied et al. (2020), reportan que las fuentes naturales de antioxidantes, como la vitamina E, mejoran la producción y calidad de los huevos, además de reducir los triglicéridos en la yema.

La vitamina E o tocoferol es conocida por su gran poder antioxidante (Suarez-Diequez et al. 2011) formada por isómeros: tocoferoles y tocotrienoles, es un potente antioxidante, siendo el alfa-tocoferol el principal isómero (Vilaplana 2007).

En la figura 6, 7 y 8 se reportan los cromatogramas obtenidos, cabe recalcar que los análisis se realizaron en el Laboratorio de Cromatografía y espectrometría, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco mediante el tipo de análisis Cromatografía de liquida HPLC-DAD.

Del análisis de los cromatogramas se observa la presencia de dos tipos de tocoferoles en las muestras de huevos: alfa tocoferol y gamma tocoferol, que para la detección se evaluó la similitud del espectro UV del estándar frente a las señales de las muestras.



Línea Azul = Huevo de Corral, Línea Roja = Estándar

Figura 6: Cromatograma de huevo de corral o chacra

Fuente: Resultados del Laboratorio de Cromatografía y espectrometría – UNSAAC

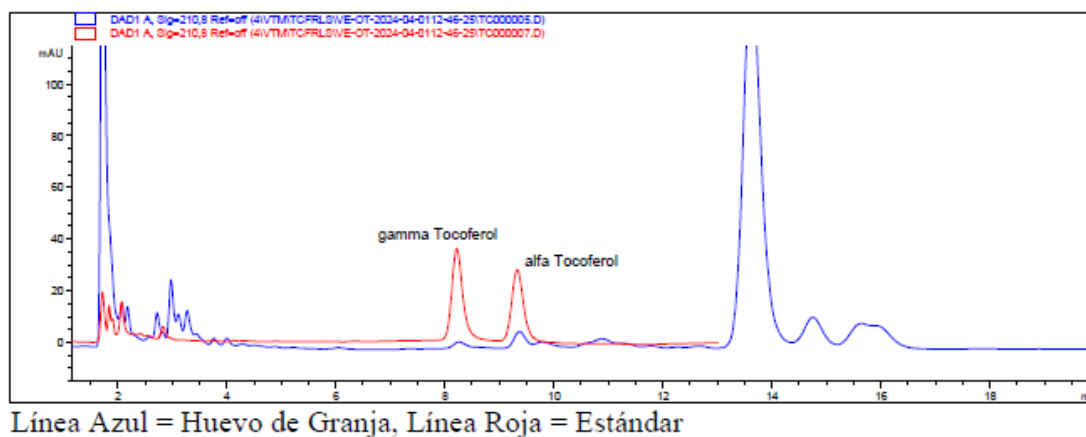


Figura 7: Cromatograma de huevo de granja

Fuente: Resultados del Laboratorio de Cromatografía y espectrometría - UNSAAC

En la figura 6 y 7 se observan dos picos etiquetados como gamma tocoferol y alfa tocoferol, que son tipos de vitamina E.

El pico del alfa tocoferol en la línea roja (estándar) aparece alrededor de los 10.5 minutos, mientras que el gamma tocoferol aparece antes, aproximadamente a los 9,5 minutos.

Esto indica que estos compuestos fueron identificados en la muestra de huevo de corral comparándolos con los tiempos de retención de los estándares (Sullivan 1993).

La comparación entre Muestra y Estándar se observa que la línea azul muestra que la muestra de huevo de corral tiene picos coincidentes con los del estándar para los tocoferoles, lo que confirma la presencia de estos antioxidantes en el huevo de corral (Herrera and Barbas 2001).

Sin embargo, la intensidad de los picos en la muestra (línea azul) es menor en comparación con los del estándar (línea roja), sugiriendo una menor concentración de estos tocoferoles en la muestra de huevo de corral.

Además de los picos identificados de los tocoferoles, se observan otros picos en la línea azul (huevo de corral) que no están presentes en el estándar, lo que podría indicar la presencia de otros compuestos en la muestra de huevo de corral que no se encuentran en el estándar utilizado.

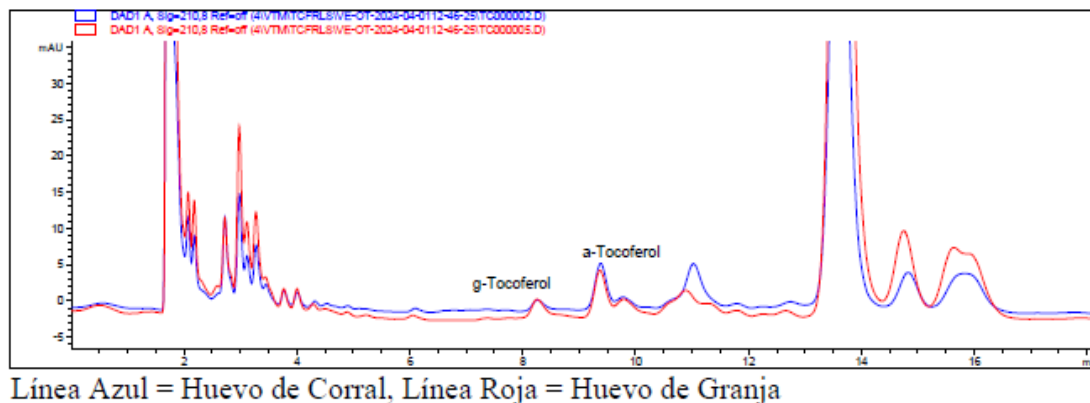


Figura 8: Cromatograma de huevo de corral o chacra y granja

Fuente: Resultados del Laboratorio de Cromatografía y espectrometría - UNSAAC

En la figura 8 se muestra la comparación de los cromatogramas de huevos de chacra y granja, en la que se puede observar la presencia del alfa tocoferol y el gamma tocoferol.

#### 4.3.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE TOCOFEROLES TOTALES ENTRE HUEVOS DE GALLINAS DE CHACRA Y GRANJA

##### a. Prueba de LEVENE para tocoferoles totales de huevos de chacra y granja

La prueba de Levene que evalúa la homogeneidad de las varianzas entre los grupos definidos por la variable categórica group. Esta prueba verifica si las varianzas son iguales (homogéneas) entre los grupos.

##### Prueba de hipótesis

H0: las varianzas son diferentes.

H1: las varianzas no son diferentes

Supuestos:

Si  $p > 0,05$ , no se rechaza la hipótesis nula de igualdad de varianzas.

Si  $p \leq 0,05$ , se rechaza la hipótesis nula, indicando que las varianzas son significativamente diferentes.

### Resultado del Test de LEVENE

Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)

|       | Df | F      | value Pr(>F) |
|-------|----|--------|--------------|
| group | 1  | 0.3273 | 0.5979       |
|       | 4  |        |              |

El resultado de la prueba de Levene no encontró diferencias significativas entre las varianzas de los grupos ( $p = 0,5979$ ). Por lo tanto, se puede asumir la homogeneidad de varianzas en los análisis posteriores.

### b. Prueba t de Student para muestras independientes para los tocoferoles totales de huevos de gallinas de chacra y granja

La prueba evalúa si existe una diferencia estadísticamente significativa en las medias de los tocoferoles totales entre los dos grupos de gallinas.

Prueba de hipótesis:

H0: La diferencia de medias entre el grupo Chacra  
y el grupo Granja es igual a 0

H1: La diferencia de medias entre el grupo Chacra  
y el grupo Granja no es igual a 0

### Resultado de la Prueba t de Student:

Two Sample t-test

data: tocoferoles totales by gallinas

$t = 14.677$ ,  $df = 4$ ,  $p\text{-value} = 0.0001254$

95 percent confidence interval: 1.070291 1.569709

sample estimates:

|                      |                      |
|----------------------|----------------------|
| mean in group Chacra | mean in group Granja |
| 3.463333             | 2.123333             |

El resultado indica que existe una **diferencia estadísticamente significativa** en los niveles de tocoferoles totales entre las gallinas de los grupos "Chacra" y "Granja" ( $p < 0,001$ ).

En promedio, las gallinas de "Chacra" tienen niveles más altos de tocoferoles totales (3,46) que las gallinas de "Granja" (2,12). La diferencia promedio entre los grupos está entre 1,07 y 1,57 unidades, con un alto nivel de confianza.

**c. Gráfico boxplot para los tocoferoles totales de huevos gallinas de chacra y granja**

El gráfico **boxplot** compara los niveles de **tocoferoles totales** entre dos grupos de gallinas: "Chacra" y "Granja"

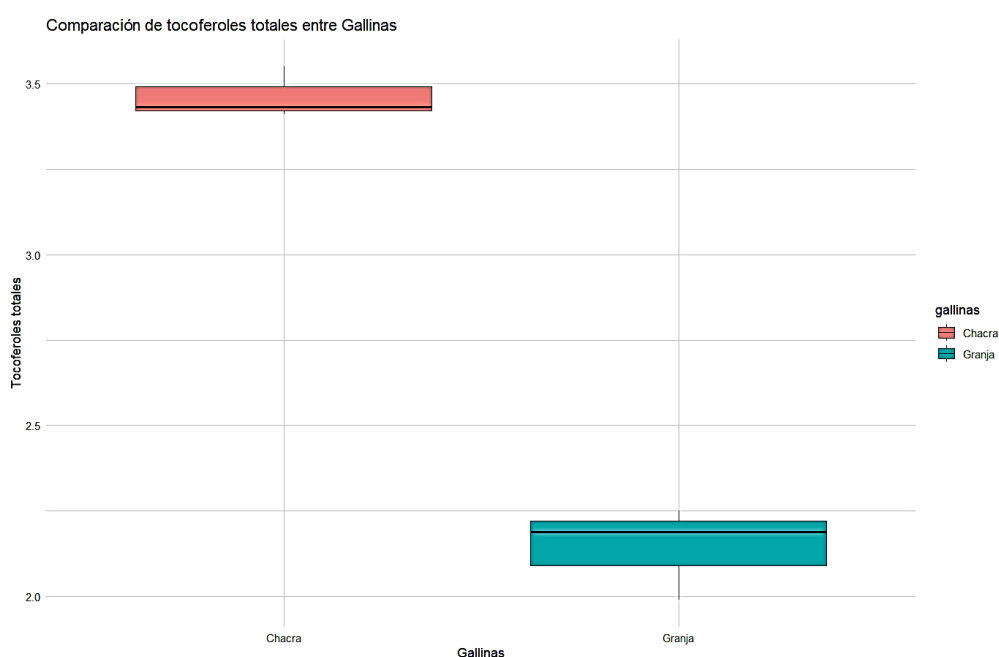


Figura 9: Diagrama de cajas para el contenido de tocoferoles totales en muestras de huevos gallinas de chacra y granja.

En la figura 9 se refuerza la conclusión de que las gallinas del grupo "Chacra" tienen niveles significativamente más altos y consistentes de tocoferoles totales en comparación con las gallinas del grupo "Granja".

#### 4.3.8 COMPARACIÓN ENTRE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y LOS TOCOFEROLES TOTALES EN HUEVOS PROVENIENTES DE GALLINA DE CHACRA Y GRANJA

| Gallinas | Tocoferoles<br>totales<br>mg/100g de<br>muestra | Promedio<br>Tocoferoles<br>totales | Capacidad<br>antioxidante<br>Trolox C <sub>150</sub><br>mg/100g | Promedio<br>Capacidad<br>antioxidante |
|----------|-------------------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| Chacra   | 3,41                                            | 3,46                               | 23,83                                                           | 23,91                                 |
|          | 3,55                                            |                                    | 23,88                                                           |                                       |
|          | 3,43                                            |                                    | 23,93                                                           |                                       |
|          |                                                 |                                    | 24,06                                                           |                                       |
|          |                                                 |                                    | 23,83                                                           |                                       |
| Granja   | 2,19                                            | 2,12                               | 18,81                                                           | 18,84                                 |
|          | 1,92                                            |                                    | 18,78                                                           |                                       |
|          | 2,26                                            |                                    | 18,84                                                           |                                       |
|          |                                                 |                                    | 18,96                                                           |                                       |
|          |                                                 |                                    | 18,81                                                           |                                       |

Tabla 12: Capacidad antioxidante y Tocoferoles totales en huevos provenientes de gallina de chacra y granja

En la tabla 12 se observa la comparación entre huevos de gallinas criadas en chacra y en granja. Los huevos de chacra presentan un promedio más alto de tocoferoles totales (3,46 mg/100 g) y mayor capacidad antioxidante (23,91 mg/100 g de Trolox C<sub>150</sub>) en comparación con los de granja, que tienen un promedio de tocoferoles de 2,12 mg/100 g y una capacidad antioxidante de 18,84 mg/100 g. Esto sugiere que los huevos de chacra podrían ser más nutritivos y con mejor capacidad antioxidante, posiblemente debido a las diferencias en la alimentación y manejo de las gallinas.

### Comparación entre de dos variables, antioxidantes (Capacidad antioxidante) y tocoferoles totales en dos grupos de gallinas

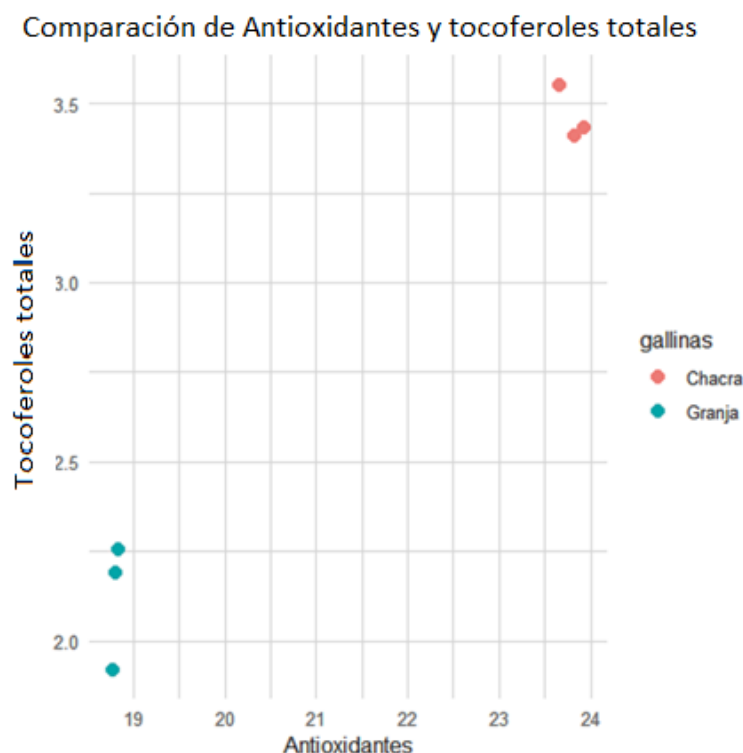


Figura 10: Comparación de Antioxidantes y Tocoferoles totales en Gallinas

En la figura 10 se muestra el gráfico de comparación entre antioxidantes y tocoferoles totales en gallinas de chacra y granja, así mismo, se observa que las gallinas criadas en chacra tienen niveles más altos de ambos compuestos. Cada punto del gráfico representa una muestra de gallinas, mostrando su cantidad de antioxidantes y tocoferoles. Esta diferencia puede estar relacionada con la dieta y el entorno de las gallinas: las de chacra, con acceso a una dieta más variada y un entorno natural, podrían consumir alimentos con mayor contenido de antioxidantes y tocoferoles. Este hallazgo sugiere que las condiciones de crianza afectan la concentración de estos compuestos en los huevos.

## CONCLUSIÓN

1. Las muestras de huevos de gallinas criadas en chacra y en granja muestran diferencias en su contenido nutricional. Los huevos provenientes de chacra presentan un promedio más alto de tocoferoles totales (3,46 mg/100 g) y una mayor capacidad antioxidante (23,86 mg/100g de Trolox CI50) en comparación con los huevos de gallina de granja, que tiene un promedio de 2,12 mg/100g de tocoferoles totales y una capacidad antioxidante de 18,84 mg/100 g. Esto sugiere que los huevos de chacra podrían ser más nutritivos y posee una mayor capacidad antioxidante, posiblemente debido a las diferencias en la alimentación y el manejo de las gallinas.
2. Las muestras de huevos de las gallinas de chacra son la que presentan mayor capacidad antioxidante que las gallinas criadas en granja expresado en TROLOX cuyos valores son de 23,86 y 18,84 Trolox CI50 mg/100g respectivamente.
3. Las muestras de huevos provenientes de chacra presentan mayor porcentaje de tocoferoles totales (3,46) respecto a las muestras de huevos de granja (2,14) expresados en mg/100 g muestra. Mediante el método de Cromatografía de liquida HPLC-DAD se encontraron la presencia alfa tocoferoles y gamma tocoferoles.

## **SUGERENCIAS**

1. Promover la crianza en chacras: Fomentar la crianza de gallinas en chacras podría mejorar la calidad nutricional de los huevos, especialmente en términos de contenido de tocoferoles y capacidad antioxidante, lo cual es beneficioso para la salud de los consumidores.
2. Investigación adicional sobre alimentación: Realizar estudios adicionales para identificar los componentes específicos de la dieta en chacras que contribuyen al mayor contenido de tocoferoles y capacidad antioxidante. Esta información podría ser utilizada para mejorar las dietas de gallinas en granjas.
3. Optimización de métodos de crianza en granjas: Implementar prácticas de manejo en granjas que simulen las condiciones de crianza en chacras, con el objetivo de incrementar los niveles de tocoferoles y la capacidad antioxidante en los huevos producidos a gran escala.
4. Educación al consumidor: Desarrollar campañas educativas que informen a los consumidores sobre las diferencias nutricionales entre huevos de chacra y de granja, destacando los beneficios potenciales de elegir huevos de mayor calidad antioxidante y contenido de tocoferoles.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDEL MAGIED, H., SELIM, N., HABIB, H., EL- KOMY, H. and MOSTAFA, M., 2020. Strengthening the Antioxidant Status of Laying Hens Through Summer Season by Using Different Categories of Antioxidant Sources. *Journal of Animal and Poultry Production*, vol. 11, no. 12, DOI 10.21608/jappmu.2020.161183.
- ALBA-RODRIGUEZ, M., 2016. *Tipificación de la calidad del huevo de gallina ecológico y convencional*. S.I.: Universitat Politècnica de Valencia.
- ANTON, M., 2007. Chapter 1 Composition and Structure of Hen Egg Yolk. *Bioactive Egg Compounds*. S.I.: s.n., pp. 1–6.
- ARÁNZAZU-APARICIO, M., SALAS-GONZÁLES, D., CUADRADO-SOTO, E., ORTEGA, R.M. and LÓPEZ-SOBALER, A.M., 2018. El huevo como fuente de antioxidantes y componentes protectores frente a procesos crónicos. *Nutrición Hospitalaria*, vol. 6, no. 35,
- AVELLO, M. and SUWALSKY, M., 2006. Radicales libres, antioxidantes naturales y mecanismos de protección. *Atenea (Concepción)*, no. 494, DOI 10.4067/s0718-04622006000200010.
- BELTRAN DE HEREDIA, M.R., 2016. Alimentos funcionales. *Nutrición*, vol. 30,
- BUITRAGO-GARZÓN, J.D. and FORRERO-ROJAS, M. lizeth, 2016. *Comparación de dos modelos de producción (pastoreo e intensivo) y su efecto en la calidad de huevos y bienestar de gallinas de postura [en línea]*. S.I.: Universidad de Cundinamarca. Disponible en: [http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/10947/Miñano Guevara%20Karen Anali.pdf?sequence=1&isAllowed=y%0Ahttps://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/3346/DIVERSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS Y SU.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/10947/Miñano%20Guevara%20Karen%20Anali.pdf?sequence=1&isAllowed=y%0Ahttps://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/3346/DIVERSIDAD%20DE%20MACROINVERTEBRADOS%20ACUÁTICOS%20Y%20SU%20EFFECTO%20EN%20LA%20CALIDAD%20DE%20HUEVOS%20Y%20BIENESTAR%20DE%20GALLINAS%20DE%20POSTURA%20PASTOREO%20E%20INTENSIVO.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

- CARBAJAL-AZCONA, Á., 2006. Calidad nutricional de los huevos y relación con la salud. *Nutrición Práctica*, vol. 10,
- CARBAJAL, Á., 2013. Manual de Nutrición y Dietética. . S.l.:
- CARDACI, P.P., 2018. *Efecto de los ácidos grasos Omega3 (n-3) incorporados a las dietas de gallinas sobre la composición del huevo*. S.l.: s.n.
- CARRANCO, E.M., CALVO, M. de la C. and PÉREZ-GIL, F., 2011. Carotenoides y su función antioxidante: Revisión. *Archivos latinoamericanos de nutrición*, vol. 61, no. 3,
- CHALLEM, J. and BLOCK, M., 2008. *Antioxidantes Naturales*. Primera ed. Madrid: s.n. ISBN 978-849763-447-2.
- CHORDI-BARRUFET, S., 2013. *Contenido fenólico y capacidad antioxidante de fresa mínimamente procesada sometida a tratamientos de conservación por pulsos de luz de alta intensidad* [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: <https://repositori.udl.cat/bitstream/handle/10459.1/47159/schordib.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- CLINICA UNIVERSIDAD DE NAVARA, 2023. Tocoferoles. *Diccionario médico* [en línea]. Disponible en: <https://www.cun.es/diccionario-medico/terminos/tocoferol>.
- FAO, 2019. CODEX ALIMENTARIUS. *Normas internacionales de los alimentos*.
- GROBAS, S. and MATEOS, G.G., 1998. Influencia De La Nutrición Sobre La Composicion Nutricional Del Huevo. *Fedna*,
- GUTIÉRREZ, Á., LEDESMA, L., GARCÍA, I. and GRAJALES, O., 2007. Capacidad antioxidante total en alimentos convencionales y regionales de Chiapas, México. *Revista Cubana de Salud Pública*, vol. 33, no. 1, ISSN 0864-3466. DOI 10.1590/s0864-34662007000100008.

- HANSBERG, W., 2002. Biología de las especies de oxígeno reativas. *Mensaje Bioquímico*, vol. 26, ISSN 03257541.
- HERRERA, E. and BARBAS, C., 2001. Vitamin E: Action, metabolism and perspectives. *Journal of Physiology and Biochemistry*, vol. 57, no. 2,
- HUARINGA-ESTEBAN, D.J., 2021. *Validación y desarrollo de ecuaciones de predicción de calidad de huevo de gallinas con diferentes tiempos de almacenamiento*. S.I.: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- INSTITUTO DE HUEVO, 2003. *El libro del huevo* [en línea]. Impresión. Madrid: s.n. ISBN 84-607-3084-O. Disponible en: <http://institutohuevo.com/wp-content/uploads/2017/07/EL-LIBRO-DEL-HUEVO.pdf>.
- KONISBERG, M., 2008. *Radicales Libres y Estrés Oxidativo*. 2008. México, D.F.: s.n. vol. 148. ISBN 9789707293212.
- KRALIK, G. and KRALIK, Z., 2017. Impact of antioxidants on egg quality. *Journal of Applied Poultry Research*, vol. 26, no. 2,
- KULINKA, M.V., MARQUEZ, P.M., PORCEL, N. and RODRIGUEZ LOMBRONI, R., 2017. *Capacidad antioxidante y contenido de carotenoides y tocoferoles totales en huevos de campo e industriales*. S.I.: Universidad Nacional de Cordova.
- LATIMER, G.W.J., 2023. *Métodos oficiales de análisis de AOAC INTERNATIONAL*. 22ª edición. Nueva York: s.n.
- LÓPEZ-ALARCÓN, C. and DENICOLA, A., 2013. Evaluating the antioxidant capacity of natural products: A review on chemical and cellular-based assays. *Analytica Chimica Acta* [en línea], vol. 763, ISSN 00032670. DOI 10.1016/j.aca.2012.11.051. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aca.2012.11.051>.
- MESA, L. and VALDERRAMA, D., 2018. *Evaluación de la incorporación de la yema de huevo en polvo como sustituto parcial de grasa y acción antioxidante en carne de hamburguesa*. S.I.: Universidad de La Salle.

- NIMALARATNE, C., SCHIEBER, A. and WU, J., 2016a. Effects of storage and cooking on the antioxidant capacity of laying hen eggs. *Food Chemistry*, vol. 194, ISSN 18737072. DOI 10.1016/J.FOODCHEM.2015.07.116.
- NIMALARATNE, C., SCHIEBER, A. and WU, J., 2016b. Machine Translated by Google Química de Alimentos ponedora a Machine Translated by Google. , vol. 194,
- QUITRAL, V., DONOSO, M.L. and ACEVEDO, N., 2009. Comparación físico-química y sensorial de huevos de campo, orgánicos y comerciales. *Salud pública y nutrición*, vol. 10, no. 2,
- RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ, E., ARÁNZAZU, A., BERMEJO-LÓPEZ, L.M., ORTEGA, R.M. and LÓPEZ-SOBALER, A.M., 2021. Implicación de los componentes antioxidantes del huevo en la protección macular y la mejora de la visión. *Nutrición Hospitalaria*, vol. extra 2,
- SEPERIZA, A., FLORES, C. and FLÓREZ-MÉNDEZ, J., 2021. Efecto en la composición nutricional de huevos azules de gallinas criollas Huilliches mediante la inclusión de compuestos naturales del sur de Chile ricos en antioxidantes y omega 3. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, vol. 16, no. 2, DOI 10.21615/cesmvz.6355.
- SUAREZ-DIEGUEZ, T., BELLIDO-MELO, A., GUZMAN-LÓPEZ, C., MERCADO-MONRROY, J. and TREJO-OSTI, L., 2011. Beneficios a la salud de sus componengtes funcionales y nutricionales del huevo. [en línea]. México: Disponible en: <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/icsa/n2/e2.html#n1>.
- SULLIVAN, D.M., 1993. Determination of tocopherols and tocotrienols in foods and tissues by high-performance liquid chromatography. *Journal of Chromatography A*, vol. 671, no. 1–2,
- SURAI F, P., 2016. Antioxidant Systems in Poultry Biology: Superoxide Dismutase. *Journal of Animal Research and Nutrition*, vol. 01, no. 01, DOI 10.21767/2572-5459.100008.

VILAPLANA, M., 2007. Antioxidantes presentes en los alimentos. *Ambito farmaceutico Nutricion* [en línea], vol. 26, no. 10, Disponible en: <http://http://zl.elsevier.es>.

YÉPEZ-MACÍAS, P., MORA-ERAZO, J., GUERRERO-BRAVO, J., PÓPEZ-LAJE, F., MENDOZA-VERA, D. and GAIBOR-CARBAJAL, R., 2022. Comparación de parámetros físico – química de huevos criollos y comerciales en el cantón Mocache. *centrosur*,

## ANEXOS

Anexo 1: Matriz de operacionalización de variables

| VARIABLES                                         | DIMENSIÓN         | INDICADORES            |                                   | UNIDADES DE MEDICIÓN          |
|---------------------------------------------------|-------------------|------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| Capacidad antioxidante, tocoferoles totales       | Huevos de gallina | Capacidad Antioxidante | Métodos: ABTS y DPPH              | (mmol trolox eq/100g muestra) |
|                                                   |                   | Tocoferoles totales    | Cromatografía de líquida HPLC-DAD | mg/g                          |
| Huevos provenientes de gallina de chacra y granja | Alimentación      | Natural<br>Balanceado  | Componentes<br>Componentes        | Porcentaje<br>porcentaje      |

## Anexo 2: Matriz de consistencia

Título: “**CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y TOCOFEROLES TOTALES EN HUEVOS PROVENIENTES DE GALLINA DE CHACRA Y GRANJA**”

| PROBLEMA                                                                                                                           | OBJETIVOS                                                                                                                        | HIPÓTESIS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | VARIABLES                                    | INDICADORES                                       |                                                                  | METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN                                                                                                                                                                                                                                                           | MÉTODOS Y TÉCNICAS                                                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| PROBLEMA GENERAL<br>¿Cuál es la capacidad antioxidante y tocoferoles totales en huevos provenientes de gallina de chacra y granja? | OBJETIVO GENERAL<br>Evaluar la capacidad antioxidante y tocoferoles totales en huevos provenientes de gallina de chacra y granja | HIPÓTESIS NULA ( $H_0$ )<br>$H_0$ : La capacidad antioxidante y tocoferoles totales varían significativamente en huevos provenientes de gallina de chacra y granja<br><br>HIPÓTESIS ALTERNA ( $H_1$ )<br>$H_1$ : La capacidad antioxidante y tocoferoles totales no varían significativamente en huevos provenientes de gallina de chacra y | Capacidad antioxidante y tocoferoles totales | Capacidad Antioxidante<br><br>Tocoferoles totales | Métodos:<br>ABTS y DPPH<br><br>Cromatografía de liquida HPLC-DAD | POBLACIÓN<br>Para la realización del presente trabajo de investigación se tomó como población para huevos de gallinas de granja la Empresa “Granjas Amazónicas SAC” y para huevos de gallinas de chacra el poblado de “La Cachuela” ubicados en el distrito de Tambopata-Madre de Dios | <b>Evaluación de la capacidad antioxidante.</b><br>Método DPPH<br><b>Evaluación de los tocoferoles totales</b><br>mg/ 100g de muestra |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |         |                                                   |                                                        |                           |                                                                                                                                                                                             |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| <b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS:</b><br>a.¿Cuál es la capacidad antioxidante y tocoferoles totales en huevos provenientes de gallina de chacra?<br>b.¿Cuál es la capacidad antioxidante y tocoferoles totales en huevos provenientes de gallina de granja?<br>c.¿Cuál es la comparación de la capacidad antioxidante y tocoferoles totales en huevos provenientes de gallina de chacra y granja? | <b>OBJETIVOS ESPECIFICOS</b><br>a.Determinar la capacidad antioxidante y tocoferoles totales en huevos provenientes de gallina de chacra<br>b.Determinar la capacidad antioxidante y tocoferoles totales en huevos provenientes de gallina de granja<br>c.Comparar la capacidad antioxidante y tocoferoles totales en huevos provenientes de gallina de chacra y granja. | granja. | Huevos provenientes de gallina de chacra y granja | Alimentación<br><br>Huevos chacra<br><br>Huevos granja | Natural<br><br>Balanceada | Las muestras fueron colectadas aplicando el método de muestreo aleatorio simple intencionado, sin presencia de agentes contaminantes y en un buen estado físico, de la población en estudio |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

### Anexo 3: Resultados de Laboratorio de Cromatografía y Espectrometría - UNSAAC



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
 LABORATORIO DE CROMATOGRFIA Y ESPECTROMETRÍA – Pabellón de Control de Calidad  
 AV. De la Cultura 733 CUSCO-PERÚ Contacto 973868855

## RESULTADOS

Cusco, 09 de Abril del 2024 <sup>-19</sup>

Solicitantes : Marilyn Daphne Egoavil Escobar, Clara Belinda Casanova Victoriano  
 Tipo de Análisis : Determinación de Tocoferoles y Antioxidantes  
 Métodos : Cromatografía de líquida HPLC-DAD y ABTS  
 Tipo de Muestra : Huevos de Chacra y Granja  
 Cantidad : 2  
 Almacenamiento: 4 °C.

#### Huevo de Chacra

| Tocoferoles | TR min | Repeticiones |       |       | Promedio          |
|-------------|--------|--------------|-------|-------|-------------------|
|             |        | 1            | 2     | 3     | mg/100gr de Huevo |
| gamma       | 8.259  | 0.844        | 0.985 | 0.901 | 0.9               |
| alfa        | 9.378  | 2.566        | 2.567 | 2.529 | 2.6               |
| Total       |        | 3.410        | 3.551 | 3.430 | 3.5               |

#### Huevo de Granja

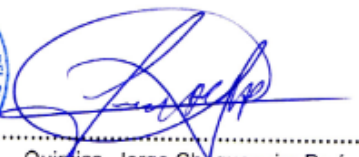
| Tocoferoles | TR min | Repeticiones |       |       | Promedio          |
|-------------|--------|--------------|-------|-------|-------------------|
|             |        | 1            | 2     | 3     | mg/100gr de Huevo |
| gamma       | 8.259  | 0.897        | 0.638 | 0.963 | 0.8               |
| alfa        | 9.378  | 1.291        | 1.280 | 1.292 | 1.3               |
| Total       |        | 2.189        | 1.918 | 2.255 | 2.1               |

TR = Tiempo de retención en minutos

#### Nota:

Para la detección se evaluó la similitud del espectro UV del estándar frente a las señales de las muestras y para la cuantificación se utilizó una curva de calibración de diferentes concentraciones del estándar de alfa tocoferol, los resultados de los tocoferoles son la suma de alfa y gamma tocoferol en miligramos por 100 gramo de muestra entera

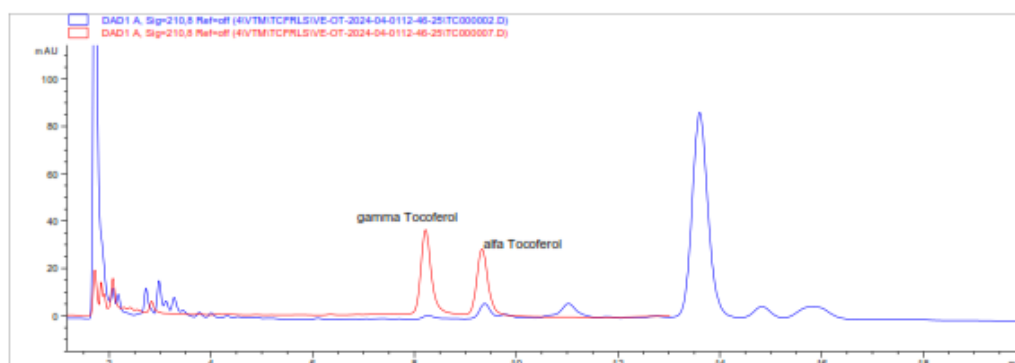


  
 Químico. Jorge Choquenaira Pari  
 Analista del Laboratorio de Cromatografía y  
 Espectrometría – UNSAAC.  
 CQP - 914

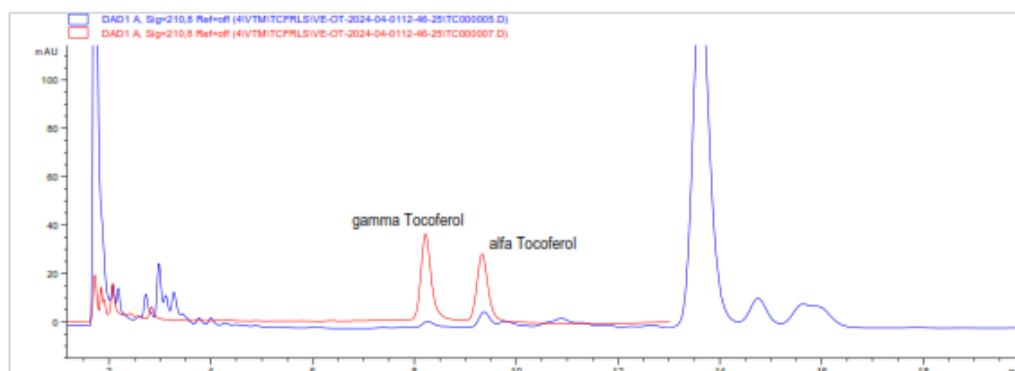


## RESULTADOS

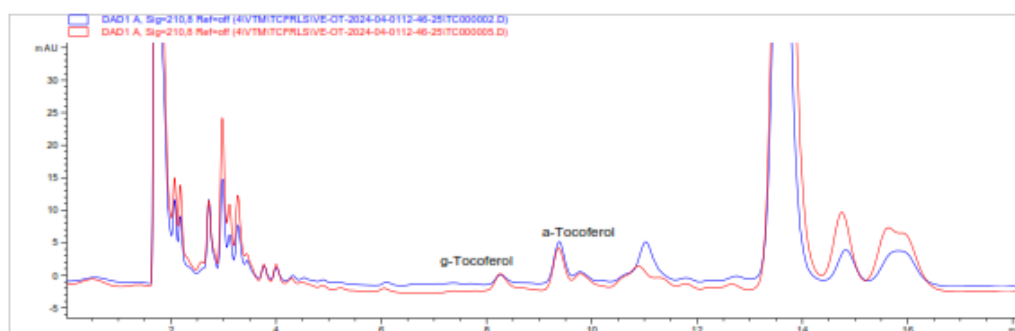
### Cromatogramas



Línea Azul = Huevo de Corral, Línea Roja = Estándar



Línea Azul = Huevo de Granja, Línea Roja = Estándar



Línea Azul = Huevo de Corral, Línea Roja = Huevo de Granja



Químico. Jorge Choquenaira Pari  
Analista del Laboratorio de Cromatografía y  
Espectrometría – UNSAAC.  
CQP - 914



## RESULTADOS

### Condiciones de Análisis por HPLC

|                       |                                               |
|-----------------------|-----------------------------------------------|
| Cromatógrafo          | : Agilent serie 1200                          |
| Software              | : Chemstation V03.02                          |
| Columna               | : Zorbax SB-C18 4.6 x 75mm, 3.5µm             |
| Pre Columna           | : Zorbax Eclipse XDB-C18 4.6d x 12.5 mm x 5µm |
| Flujo de Columna      | : 0.5 ml/min.                                 |
| Fase móvil            | : Acetonitrilo: 2 Propanol (90:10)            |
| Sistema de Análisis   | : Isocrático                                  |
| Detección DAD         | : 210 nm vitamina E                           |
| Temperatura del Horno | : 40.0°C                                      |
| Tiempo de Análisis    | : 20 min.                                     |
| Volumen de Inyección  | : 1.0 µl                                      |

### Referencia Consultada

1. Chen, Y., Hu, C., Xu, J., Pan, X., & Huang, B. (2022). Simultaneous Determination of Retinols and Tocols in Egg and Milk Products Based on RP-HPLC Linked with Fluorescent and Photodiode Array. *Journal of Food Quality*, 2022, 8431662. <https://doi.org/10.1155/2022/8431662>
2. Popović, S.J. & Kostadinović, L.M. & Spasevski, Nedeljka & Lević, J.D.. (2015). Development and validation of HPLC method for determination of DL-α-tocopherol in egg yolk. *Agro Food Industry Hi-Tech*. 26. 16-19. [https://www.teknoscienze.com/tks\\_article/development-and-validation-of-hplc-method-for-determination-of-dl-tocopherol-in-egg-yolk-2/](https://www.teknoscienze.com/tks_article/development-and-validation-of-hplc-method-for-determination-of-dl-tocopherol-in-egg-yolk-2/)
3. Czauderna, M. & Kowalczyk, J. & Niedzwiedzka, K.M.. (2009). Simple HPLC Analysis of Tocopherols and Cholesterol from Specimens of Animal Origin. *Chemia Analytyczna*. 54. 203-214. <http://beta.chem.uw.edu.pl/chemanal/PDFs/2009/CHAN2009V54P00203.pdf>
4. Edison, B. (2009). Analysis of Tocopherols by High Performance Liquid Chromatography. *E-Journal of Chemistry*; Hindawi.
5. Kand'ár, R., Novotná, P., & Drábková, P. (2013). Determination of Retinol, -Tocopherol, Lycopene, and -Carotene in Human Plasma Using HPLC with UV-Vis Detection: Application to a Clinical Study [Research article]. <https://doi.org/10.1155/2013/460242>
6. Rodríguez-Saona, L. E., & Wrolstad, R. E. (2005). Acetone extraction and chloroform partition of anthocyanins. Unit F1.1. In R. E. Wrolstad, & S. J. Schwartz (Eds.), *Handbook of food analytical chemistry* (pp. 7). New York: John Wiley & Sons, Inc.



  
 Quipnico Jorge Choquenaira Parí  
 Analista del Laboratorio de Cromatografía y  
 Espectrometría – UNSAAC.  
 CQP - 914



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
 LABORATORIO DE CROMATOGRÁFIA Y ESPECTROMETRÍA – Pabellón de Control de Calidad  
 AV. De la Cultura 733 CUSCO-PERÚ Contacto 973868855

## RESULTADOS

### Antioxidantes método ABTS

| Muestra         | Repeticiones |        |        |        |        | Promedio               |                          |        |
|-----------------|--------------|--------|--------|--------|--------|------------------------|--------------------------|--------|
|                 | 1            | 2      | 3      | 4      | 5      | Trolox Cl50<br>mg/100g | Trolox Cl50<br>umol/100g | % Inhb |
| Huevo de Chacra | 23.829       | 23.882 | 23.934 | 24.059 | 23.829 | 23.91                  | 95.4                     | 60.06  |
| Huevo de Granja | 18.809       | 18.777 | 18.842 | 18.958 | 18.809 | 18.84                  | 75.3                     | 63.99  |

#### Condiciones de Análisis por Espectrofotómetro

Equipo : Espectrofotómetro Génesis 20 Thermo Electrón  
 Longitud de Onda : 517 nm  
 Celda de Lectura : Cubetas de Vidrio de 1cm  
 Ecuación de la curva patrón :  $y = 0.0731x + 0.0229$ ,  $R^2 = 0.993$

#### Nota:

Los resultados obtenidos en la determinación de actividad antioxidante expresa el Coeficiente de Inhibición al 50% (Cl<sub>50</sub> o IC<sub>50</sub>) en mg,  $\mu$ moles equivalentes Trolox que están presente en 100 gramos de muestra, los valores bajos poseen mayor actividad antioxidante<sup>4,7</sup>, también se incluye el porcentaje de actividad antioxidante en el extracto obtenido.

#### Referencia consultada

1. Abeyrathne, E. D. N. S., Nam, K., & Ahn, D. U. (2021). Analytical Methods for Lipid Oxidation and Antioxidant Capacity in Food Systems. *Antioxidants*, 10(10), Article 10.
2. Antolovich, M., Prenzler, P. D., Patsalides, E., McDonald, S., & Robards, K. (2002). Methods for testing antioxidant activity. *Analyst*, 127(1), 183-198.
3. Ilyasov, I. R., Beloborodov, V. L., Selivanova, I. A., & Terekhov, R. P. (2020). ABTS/PP Decolorization Assay of Antioxidant Capacity Reaction Pathways. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(3), Article 3.
4. Matuszewska, A., Jaszek, M., Stefaniuk, D., Ciszewski, T., & Matuszewski, Ł. (2018). Anticancer, antioxidant, and antibacterial activities of low molecular weight bioactive subfractions isolated from cultures of wood degrading fungus *Cerrena unicolor*. *PLOS ONE*, 13(6), e0197044.
5. Pugliese A.G, Francisco A. Tomas-Barberan, Pilar Truchado, Maria I. Genovese, Flavonoids, Proanthocyanidins, Vitamin C, and Antioxidant Activity of Theobroma grandiflorum (Cupuassu) Pulp and Seeds *J Agric Food Chem*. 2013 Mar 20;61(11):2720-8. doi: 10.1021/jf304349u.
6. Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26(9), 1231-1237.
7. Zhang, X., Yu, Y., Cen, Y., Yang, D., Qi, Z., Hou, Z., Han, S., Cai, Z., & Liu, K. (2018). Bivariate Correlation Analysis of the Chemometric Profiles of Chinese Wild *Salvia miltiorrhiza* Based on UPLC-Qq-MS and Antioxidant Activities. *Molecules*, 23(3), 538.



Quiprico. Jorge Chequenaira Pari  
 Analista del Laboratorio de Cromatografía y  
 Espectrometría – UNSAAC.  
 CQP - 914

#### Anexo 4: Fotos del desarrollo del trabajo de investigación

Fotografía 01: Recolección de huevos de Gallina de Chacra



Fotografía 02: Nidos de Gallinas de Chacra



Fotografía 03: Visita y Recolección de huevos de Gallina de Granja (Granjas Amazónicas)



Fotografía 04: Empaque y Transporte de muestras a la ciudad de Cusco



Fotografía 05: Presentación de Muestras de huevos de gallina de chacra en Laboratorio - UNSAAC



Fotografía 06: Presentación de Muestras de huevos de gallina de granja en Laboratorio - UNSAAC



## Prueba de ensayo de Análisis de Tocoferoles en Huevos de Gallina de Chacra y Granja

Fotografía 07: Extracción, separación de yema y peso



Fotografía 08: Centrifugado de Yema de Huevo de Gallina de Chacra



Fotografía 09: Resultado del Análisis de Tocoferoles



## **Prueba de ensayo para la Determinación de la Capacidad Antioxidante en Huevos de Gallina de Chacra y Granja**

Fotografía 10: Determinación de la Capacidad Antioxidante – Método ABTS

