

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**

**FACULTAD DE ZOOTECNIA**

**DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE NUTRICIÓN**



**“EVALUACIÓN DEL PALILLO(*Curcuma longa*) SOBRE LA  
RESPUESTA PRODUCTIVA, ESTABILIDAD OXIDATIVA DE YEMA  
Y CALIDAD DE HUEVO DE CODORNICES JAPONESAS”**

Tesis para optar el título de:  
**INGENIERO ZOOTECNISTA**

Presentada por:  
**FERNANDO ANDRÉS PRADO ANTAYHUA**

**Lima-Perú**

**2016**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**

**FACULTAD DE ZOOTECNIA**

**DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE NUTRICIÓN**

**“EVALUACIÓN DEL PALILLO (*Curcuma longa*) SOBRE LA  
RESPUESTA PRODUCTIVA, ESTABILIDAD OXIDATIVA DE YEMA  
Y CALIDAD DE HUEVO DE CODORNICES JAPONESAS”**

Tesis para optar el título de:

**INGENIERO ZOOTECNISTA**

Presentada por:

**FERNANDO ANDRÉS PRADO ANTAYHUA**

**Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:**

---

Ing. Mg. Sc. Víctor Vergara Rubín  
Presidente

---

Ing. Mg. Sc. Marcial Cumpa Gavidia  
Jurado

---

Ing. Mg Sc. Pedro Ciriaco Castañeda  
Jurado

---

Dr. Carlos Vilchez Perales  
Patrocinador

## **DEDICATORIA**

A mi madre Pilar por su constante amor e invaluable apoyo en mi formación profesional y a mi padre Cesar quien siempre me regaló una sonrisa y supo guiarme por el camino del bien.

A mi abuelo Aquilino y mi abuela Lila quienes me sembraron una fuerte motivación para ser una persona trabajadora y con valores.

A mis tíos y primas quienes fueron partícipes de que mi formación básica sea basada en valores.

Por tu constante apoyo y simpatía que me ayudaron a mantener una sonrisa en mi día a día y por permitir compartir contigo mis momentos de alegría y tristeza, a ti Helen.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi asesor Dr. Carlos Vilchez Perales por su apoyo constante en el desarrollo de mi trabajo de investigación y por motivarme a seguir en la búsqueda del conocimiento.

Al Ing. Mg. Sc. Marcial Cumpa Gavidia y al Ing. Mg. Sc. Pedro Ciriaco Castañeda por su confianza y apoyo durante mi paso como practicante y colaborador en la Unidad Experimental de Avicultura-UNALM.

Al Ing. Mg Sc. Víctor Vergara Rubín por brindarme las facilidades para el desarrollo de la tesis.

A Manuel Luna y Luis Higa por el apoyo en facilitar las codornices.

A Jorge Enrique Perez Clemente, NatalyBernuy y Rony Riveros por su apoyo y colaboración en el desarrollo del protocolo ejecutado en el Laboratorio de Bioquímica-UNALM.

A mis amistades por su invaluable aliento y apoyo incondicional durante el desarrollo del trabajo de investigación.

# ÍNDICE

|  | <b>Página</b> |
|--|---------------|
| <b>RESUMEN</b>   | <b>1</b>      |
| <b>I. INTRODUCCIÓN</b>                                   | <b>2</b>      |
| <b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b>                        | <b>3</b>      |
| 2.1 Palillo.   | 3             |
| 2.1.1 Composición química.                               | 3             |
| 2.1.2 Actividad biológica del palillo.                   | 3             |
| 2.1.2.1 Sobre la actividad hepática.                     | 3             |
| 2.1.2.2 En la actividad ovárica.                         | 5             |
| 2.1.2.3 Efecto anticoccidial.                            | 5             |
| 2.1.2.4 Capacidad inmunomoduladora.                      | 5             |
| 2.1.2.5 En la respuesta productiva.                      | 6             |
| 2.1.3 Curcumina.   | 6             |
| 2.1.3.1 Propiedades de la curcumina.                     | 6             |
| 2.2 Formación del huevo.                                 | 7             |
| 2.2.1 Síntesis de componentes de la yema.                | 7             |
| 2.2.2 Síntesis de componentes de la clara.               | 8             |
| 2.2.3 Formación de la cáscara.                           | 8             |
| 2.3 Calidad de huevo.                                    | 8             |
| 2.3.1 Calidad interna.                                   | 9             |
| 2.3.2 Calidad externa.                                   | 9             |
| 2.4 Estabilidad oxidativa de productos de origen animal. | 10            |
| 2.4.1 Oxidación lipídica de productos de origen animal.  | 10            |
| 2.4.2 Estado antioxidante de aves y sus productos.       | 10            |
| 2.5 Desempeño de la codorniz japonesa.                   | 10            |

|  |    |
|--|----|
| <b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b>   | 12 |
| 3.1 Experimento 1.   | 12 |
| 3.1.1 Lugar de experimento y duración.                                   | 12 |
| 3.1.2 Animales experimentales.   | 12 |
| 3.1.3 Almacenaje de huevos.  | 12 |
| 3.1.4 Instalaciones y equipos.   | 13 |
| 3.1.5 Producto en evaluación.  | 13 |
| 3.1.6 Tratamientos.  | 13 |
| 3.1.7 Dietas experimentales.   | 14 |
| 3.1.8 Mediciones.  | 14 |
| 3.1.9 Diseño estadístico.  | 16 |
| 3.2 Experimento 2.   | 18 |
| 3.2.1 Animales experimentales.   | 18 |
| 3.2.2 Lugar de experimento y duración.                                   | 18 |
| 3.2.3 Instalaciones y equipos.   | 18 |
| 3.2.4 Almacenaje de huevos.  | 18 |
| 3.2.5 Tratamientos.  | 19 |
| 3.2.6 Dietas experimentales.   | 19 |
| 3.2.7 Mediciones.  | 19 |
| 3.2.8 Diseño estadístico.  | 21 |
| <b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>  | 22 |
| 4.1 Estudio 1. Evaluación de la respuesta productiva y calidad de huevo. | 22 |
| 4.1.1 Respuesta productiva.  | 22 |
| 4.1.2 Calidad de huevo.  | 24 |
| 4.2 Estudio 2. Evaluación de la estabilidad oxidativa.                   | 28 |
| <b>V. CONCLUSIONES</b>   | 31 |
| <b>VI. RECOMENDACIONES</b>   | 32 |
| <b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>                                   | 33 |
| <b>VIII. ANEXO</b>   | 42 |

## ÍNDICE DE CUADROS

| <b>Número</b> |  | <b>Página</b> |
|---------------|--|---------------|
| 1.            | Composición química del palillo.   | 4             |
| 2.            | Comportamiento productivo de la codorniz japonesa.   | 11            |
| 3.            | Composición porcentual y valor nutricional calculado de las dietas experimentales del Estudio 1.                                     | 15            |
| 4.            | Composición y valor nutritivo calculado de los tratamientos del Estudio 2.   | 20            |
| 5.            | Respuesta productiva de codornices suplementadas con extracto de palillo.  | 23            |
| 6.            | Resultados de la interacción entre la inclusión del extracto de palillo y días de almacenamiento de huevo sobre la calidad de huevo. | 25            |
| 7.            | Estado antioxidante medido por las concentraciones de malondialdehído (MDA) en yema de huevos de codornices.                         | 30            |

## ÍNDICE DE FIGURAS

| <b>Número</b> |  | <b>Página</b> |
|---------------|--|---------------|
| 1.            | Estructura química de componentes activos del palillo. | 7             |

## ÍNDICE DE ANEXO

| <b>Número</b> |   | <b>Página</b> |
|---------------|---|---------------|
| I.            | Respuesta productiva según tratamiento y repetición.  | 43            |
| II.           | Calidad de huevo según tratamiento y tiempo de almacenaje.  | 44            |
| III.          | Estabilidad oxidativa, medida como $\mu\text{gMDA/g}$ Yema, según tiempo de almacenaje, edad de la codorniz e inclusión de extracto de palillo. | 49            |
| IV.           | Respuesta productiva semanal.   | 50            |
| V.            | Resultados semanales de huevos no comerciales.  | 56            |
| VI.           | Peso promedio inicial y final de las codornices.  | 58            |
| VII.          | Temperaturas ambientales promedio leídas a nivel de jaulas experimentales.  | 60            |
| VIII.         | Mortalidad semanal.   | 61            |



## RESUMEN

Se realizaron 2 experimentos para evaluar el extracto de palillo (EP) en la respuesta productiva, calidad de huevo y estabilidad oxidativa en yema de la codorniz japonesa. En el primer experimento se evaluaron los tratamientos: Control (Sin EP); T2, Dieta con 0.01% de EP; T3, Dieta con 0.02% de EP; T4, Dieta con 0.03% de EP y T5, Dieta con 0.04% de EP en 100 codornices distribuidas al azar sobre la respuesta productiva y la calidad de huevos almacenados por 0, 4 y 8 días. En el segundo, se evaluó el efecto sobre la estabilidad oxidativa, medido como la concentración de malondialdehído (MDA) por g de yema ( $\mu\text{gMDA/gY}$ ), de huevos almacenados por 0, 4 y 8 días en 80 codornices distribuidas al azar de dos edades, 16 y 52 semanas, y alimentadas con dietas control y suplementadas con 0.02 % de EP. Los resultados demuestran que existe efecto significativo del extracto de palillo sobre el consumo de alimento, masa de huevo, peso de huevo y conversión alimenticia ( $P < 0.05$ ). Por otro lado, existe interacción entre el nivel de uso del extracto de palillo y el periodo de almacenamiento de los huevos sobre la calidad interna ( $P < 0.05$ ), no se reporta efecto significativo del extracto de palillo ni del periodo de almacenamiento sobre la calidad de la cáscara. Las yemas de huevos, de codornices que recibieron la dieta suplementada con EP, tuvieron menor concentración de MDA que las que provinieron de la dieta control (0.77 vs 0.74  $\mu\text{gMDA/gY}$ ;  $P = 0.06$ ). Los resultados mostraron que las yemas de huevo de codornices de 16 semanas tuvieron menor concentración de MDA que las de codornices de 52 semanas de edad (0.70 vs 0.81  $\mu\text{gMDA/gY}$ ;  $P < 0.0001$ ). La concentración de MDA en la yema se incrementó ( $P < 0.0001$ ) con el tiempo de almacenamiento y fueron 0.69, 0.72 y 0.85  $\mu\text{gMDA/gY}$  para 0, 4 y 8 días, respectivamente. En conclusión, la suplementación de la ración con 0.02% de extracto de palillo tiene mejoras en la masa de huevo, peso de huevo, calidad interna y mejora la estabilidad oxidativa de la yema y ésta es afectada por la edad de la codorniz y por el tiempo de almacenamiento.

Palabras clave: codorniz, palillo, curcumina, antioxidante, malondialdehído

## I. INTRODUCCIÓN

La producción de huevos en el Perú ha ido creciendo progresivamente durante las últimas décadas, ésta se ha concentrado fundamentalmente en huevos de gallina, no obstante, la producción de huevos de codorniz también se ha venido desarrollando y convirtiéndose en una alternativa de alimentación saludable para el consumidor. Sin embargo, en ambas especies los criterios de mayor masa de huevo por ave alojada y una eficiente conversión alimenticia son tomados en cuenta para lograr una eficiencia productiva del lote.

La inclusión de aditivos de origen natural a la ración de aves de postura es una práctica cada vez más frecuente por los efectos positivos sobre la calidad del producto final, además de la actividad biológica sobre el ave que se expresa en mejoras en la eficiencia nutricional de este. Asimismo, el uso de aditivos derivados de plantas está desplazando a los productos sintéticos por ser natural, menos tóxica, libre de residuos en los productos finales y por la mejora del estado nutricional del ave.

Por otro lado, se sabe que la oxidación de productos de origen animal, durante el tiempo que transcurre desde que es producido hasta que llega al consumidor final, deteriora la calidad de este. Por lo tanto, el uso de aditivos en las raciones es una alternativa que garantiza que el estado antioxidante del ave mejore y consecuentemente el producto final pueda mitigar el efecto oxidativo del tiempo de almacenaje y mantener su calidad.

El palillo reúne propiedades de interés para la salud y estado nutricional de las aves de postura. Se han publicado diversos trabajos de investigación empleando palillo en gallinas de postura y pollos de carne; sin embargo, existe limitada información sobre el uso de palillo en codornices en postura y hasta la actualidad no hay reportes del efecto del palillo sobre la estabilidad oxidativa de la yema de huevos de codorniz.

En consideración a lo expuesto, en el presente trabajo de investigación se planteó el objetivo de evaluar el extracto de palillo (*Curcuma longa*) como aditivo en la ración sobre la respuesta productiva, estabilidad oxidativa de yema y calidad de huevo de codornices japonesas.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 Palillo**

Es una planta cuyo origen se sitúa en Asia sub-tropical, principalmente India y Malaya, de allí se han dispersado por Africa y América en regiones climáticas similares a los del país de origen. Esta planta es perenne y pertenece a la familia de las zingiberáceas, sus rizomas son las porciones de mayor actividad biológica en las aves domésticas (Khan *et al.*, 2012).

Esta especie corresponde a la siguiente clasificación botánica:

Clase: Monocotiledoneas

Orden: Scitamíneas

Familia: Zingiberáceas

Género: Cúrcuma

Especie: Longa

Nombre científico: *Curcuma longa*

Nombres comunes: palillo, cúrcuma, yuquilla

#### **2.1.1 Composición química**

En el Cuadro 1, se muestra comparativamente, la composición centesimal aproximada del palillo según tres fuentes.

#### **2.1.2 Actividad biológica del palillo**

##### **2.1.2.1 En la actividad hepática**

El palillo es una fuente de fitoestrógenos, de la clase de isoflavonas, que se pueden unir a los receptores de estrógeno (Zava, 1998). La unión de los fitoestrógenos a los receptores de

estrógeno relacionados con proteína, desencadena la síntesis de proteína para terminar en una respuesta fisiológica (Levi *et al.*, 2009).

**Cuadro 1. Composición química de palillo**

| <b>COMPONENTE QUÍMICO</b>           | <b>COMENGE<br/>(1964)</b> | <b>CÓDIGO<br/>LATINOAMERICANO<br/>DE ALIMENTOS<br/>(1964)</b> | <b>CYLENI <i>et al.</i><br/>(1998)</b> |
|-------------------------------------|---------------------------|---|--|
| Agua                                | 10%                       | 10%   | 10                                     |
| Cenizas totales                     | 8%                        | 8%  | 7.81%                                  |
| Cenizas insolubles en HCL al<br>10% | 1%                        | 1%  | -                                      |
| Proteínas totales                   | 5%                        | 5 a 13%   | 7.01%                                  |
| Extractos de Eter en total          | 11%                       | 10%   | 8.51%                                  |
| Almidón con ácido                   | 48 a 50%                  | 50 a 52%  | 39.87%                                 |
| Aceite esencial                     | 3 a 4%                    | -   | -                                      |
| Curcumina                           | 5 a 7%                    | 5 a 6%  | 4.41%                                  |

Los fitoestrógenos en la harina de palillo pueden estimular y maximizar la síntesis de vitelogenina en las células hepáticas, que trae como resultado una mayor deposición del producto sintetizado en la yema (Saraswati *et al.*, 2013).

La mejora en la función hepática a través de la suplementación de harina de palillo incrementó la síntesis de vitelogenina y desarrollo folicular indicado por la mejora de la jerarquía folicular y producción de huevos (Saraswati *et al.*, 2013).

Por otro lado, hay estudios que reportan que el exceso de dosis diaria de palillo puede inducir efectos hepatotóxicos en ratas (Deshpande *et al.*, 1998) y ratones (Kandarkar *et al.*, 1998).

### **2.1.2.2 Sobre la actividad ovárica**

Los fitoestrógenos presentes en el palillo tienen un efecto en el ovario, estos pueden estimular la proliferación del desarrollo folicular que incrementará la jerarquía folicular (Saraswati *et al.*, 2013).

Saraswati *et al.*, (2014) mencionan que la provisión de palillo en gallinas ponedoras no afecta el patrón de fluctuación de la hormona progesterona, pero si afecta la fluctuación de la hormona estriol. Asimismo, reporta que los ciclos de ovulación se reducen en 5 h 35 min debido a la mejora en la función hepática en la síntesis de vitelogenina, esta última al ser transportada mejora el crecimiento de la jerarquía folicular.

### **2.1.2.3 Efecto anticoccidial**

Abbas *et al.*, (2010) encontraron un efecto coccidiostático máximo con palillo agregado al 3% en raciones de pollos de carne en comparación con un coccidiostato convencional, salinomicina. Asimismo, Lee *et al.*, (2010) reportan que los oocistos fecales de aves experimentalmente infectadas con *Eimeria acervulina* fue significativamente disminuida cuando los pollos de carne fueron alimentados con una dieta suplementada con palillo.

### **2.1.2.4 Capacidad inmunomoduladora**

Al-Sultan (2003), reportó que los niveles de inclusión de 0.5 y 1% de palillo en dietas de pollos de carne, incrementó la concentración de eritrocitos y leucocitos, esto debido a la curcumina.

Asimismo, Kumari *et al.*, (2001) registraron un valor significativamente mayor de títulos de anticuerpo en pollos de carne que recibieron palillo al nivel de 1g/kg. Por otro lado, Kurkure *et al.*, (2001) reportaron que el palillo restauró la reducida respuesta humoral causada por la inmunosupresión generada por aflatoxinas, sugiriendo el efecto inmunoestimulador del palillo.

### **2.1.2.5 En la respuesta productiva**

Radwanet *al.*,(2008) reportaron que la producción de huevos, peso y masa se incrementaron significativamente en gallinas de postura alimentadas con raciones suplementadas con palillo con un nivel de 0.5% de la dieta basal. Por otro lado, Moorthy et *al.*,(2009) registraron que no hubo efecto significativo en la producción por ave alojada y porcentaje de postura diario en gallinas Leghorn alimentadas con raciones con 0.1% de palillo.

### **2.1.3Curcumina**

Este componente químico ( $C_{21}H_{20}O_5$ ) es un polifenolhidrofóbico, también conocido como 1,6-heptadieno-3,5-diona- 1,7-bis(4-hidroxi-3-metoxifenol)-(1E-6E), es el principal componente activo del palillo. Adicionalmente a la curcumina, el palillo también contiene otras sustancias químicas como dimetoxicurcumina y bis-dimetoxicurcumina (Ahsanet *al.*, 1999).Por otro lado, Kiuchiet *al.*, (1993), ha demostrado que la curcumina es más activa que la dimetoxicurcumina y bisdimetoxicurcumina.

La curcumina es primariamente almacenada en los rizomas del palillo, el contenido de este componente químico varía según la variedad del palillo, condiciones y localización del cultivo, además, otra fuente de variación es el método de extracción de la curcumina (Li *et al.*, 2011).

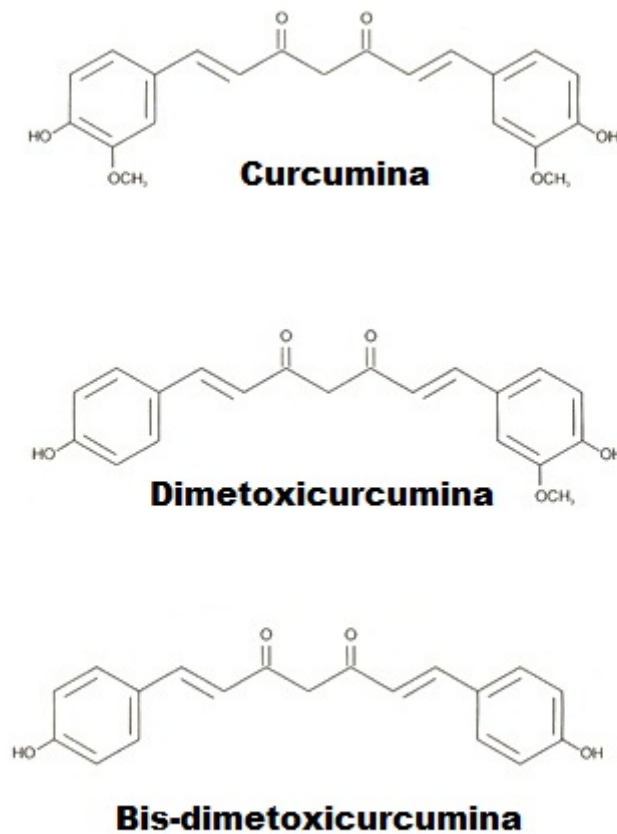
En la Figura 1, se muestra la estructura química de los componentes químicos mencionados.

#### **2.1.3.1 Propiedades de la curcumina**

La curcumina ha demostrado tener actividad hepatoprotectora (Ahmadi, 2010), además Aliet *al.*,(2006) mencionan que la protección hepática se debe a la actividad antioxidante de la curcumina. Además, el grupo carbonil de la curcumina ha demostrado ser responsable de su acción antimutagénica y anticancerígena (Chunet *al.*, 1999).

Por otro lado, diversos estudios han demostrado que la curcumina posee una fuerte capacidad para el barrido de radicales superóxidos, peróxido de hidrógeno y óxido nítrico provenientes de macrófagos activados, reduciendo así la peroxidación lipídica (Aliet *al.*,2006; Gowdaet *al.*, 2009; Yarruet *al.*, 2009).

**Figura 1. Estructura química de componentes activos del palillo.**



Fuente: Li *et al.*, 2011

## 2.2 Formación del huevo

### 2.2.1 Síntesis de componentes de la yema

El ovario de las aves en postura contiene una jerarquía de folículos llenos de yema, en aproximadamente intervalos diarios. Los folículos llenos de yema constituyen la mayor

parte de la masa del ovario de las aves de postura y pueden ser clasificados de acuerdo a su tamaño y proximidad a la ovulación como F1 (El más grande) y F5 a más (Los más pequeños) (Etches *et al.*, 1983).

Etches (1996), menciona que la yema amarilla deriva de precursores sintetizados por el hígado y que la producción de los componentes de la yema está estimulada por los estrógenos, además menciona que la respuesta hepática a los estrógenos incluye la producción de vitelogenina.

Los altos niveles de estrógeno en la sangre inician el desarrollo del hueso medular, estimula la formación de proteínas y lípidos de la yema en el hígado, incrementa el tamaño del oviducto, permitiendo así la síntesis de proteínas del albumen, membranas del cascarón, carbonato de calcio para la formación del cascarón y la cutícula (Bell, D.D. & Weaver, W.D., 2002).

### **2.2.2 Síntesis de componentes de la clara**

Las proteínas de la clara del huevo son producidas en el magnum. Asimismo, otros componentes como la ovoalbúmina son sintetizadas en las glándulas tubulares y constituyen hasta el 54% de la clara.

### **2.2.3 Formación de la cáscara**

Dependiendo del fotoperiodo, el huevo permanece en la glándula cascarógena e intercambia varios electrolitos, incluyendo  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  y  $\text{Cl}^-$ , con el líquido de la glándula y recibe su recubrimiento de carbonato de calcio, proteína, pigmento y cutícula y otros componentes de la cáscara (Etches, 1996).

## **2.3 Calidad del huevo**

La calidad de huevo es definida como un conjunto de características que afecta la aceptabilidad por parte del consumidor. Se sabe que luego de la oviposición, los huevos van perdiendo calidad de manera continua, siendo un fenómeno inevitable y agravado por diversos factores como tiempo de almacenaje, temperatura, humedad relativa del aire de



almacenamiento, estado nutricional del ave, entre otros (Lourenço, 2010). Alleoni y Antunes (2001) mencionan que durante el almacenaje pueden ocurrir alteraciones en las características físicas, químicas y funcionales de las proteínas del huevo.

### **2.3.1 Calidad interna**

La calidad interna del huevo está relacionada a las características físicas de la yema y el albumen. Algunos autores afirman que los huevos de codorniz son tan susceptibles a deterioración como los huevos de gallina en temperatura ambiente. Sin embargo, en refrigeración, la caída en la calidad del albumen y yema de huevos de codorniz es más tenue que los huevos de gallina (Singh y Panda, 1990).

El peso de la yema de huevo de codorniz está entre 4.3 a 4.5g (Salawu, 2007) y en gran parte determina el valor nutritivo del huevo. El índice de yema de huevos frescos varía dentro del rango de 0.48 a 0.52, con una tendencia hacia aumentar hasta 0.53 a 0.54 con la edad de la ponedora (Gonzales, 1995).

La velocidad de alteración del albumen y la yema está asociada a la temperatura y al movimiento de dióxido de carbono del albumen a través de la cáscara (Oliveira, 2006), como consecuencia de un gradiente negativo de concentración (Keener *et al.*, 2001).

Según Awang *et al.*, (1992) e Hencken (1992), el color de la yema es dependiente de la presencia de carotenoides en la dieta y cuánto mayor sea el consumo de estos, mayor será su deposición e intensidad en las yemas. La pigmentación de la yema puede variar de un amarillo leve claro a anaranjado oscuro, de acuerdo con la alimentación y características individuales de la ponedora. Las yemas crudas de huevos mantenidos en temperatura ambiente, independiente de tiempo de almacenaje, revelan estadísticamente menor índice de coloración de la yema cruda, cuando son comparados con huevos mantenidos en refrigeración (Santos *et al.*, 2009).

### **2.3.2 Calidad externa**

El parámetro de grosor de cáscara es de gran interés para los productores de huevos porque la ruptura o quebradura en la cáscara puede traer problemas en la calidad interna (Barbosa,

2004). El grosor de los huevos de codorniz con membrana varia de 0.191 (Kostova *et al.*, 1993) a 0.219 mm (Gonzales, 1995). Llobet *et al.*, (1989) mencionan que a medida que la gallina ponedora envejece ocurre un aumento de hasta 20% en el peso de huevo, sin embargo, no ocurre un aumento proporcional en el peso de la cáscara, esto posibilita la mayor conductancia de vapores de agua, aumentando también los intercambios gaseosos del interior de los huevos hacia el medio ambiente. Además, el grosor de cáscara depende de la cantidad de huevos puestos por la ponedora. Cuanto más huevos, más fina será el grosor de la cáscara (Stadelman *et al.*, 1994).

## **2.4 Estabilidad oxidativa de productos de origen animal**

### **2.4.1 Oxidación lipídica de productos de origen animal**

La oxidación lipídica es un proceso que tiene un efecto significativo en la industria de alimentos porque puede alterar la calidad del alimento a través de la rancidez, olor, sabor y color, y además permite la acumulación de productos finales tóxicos (Lin y Liang, 2002).

Asimismo, la susceptibilidad de los lípidos a oxidarse depende de un número de factores que van desde los niveles de ácidos grasos poliinsaturados hasta la concentración de sustancias pro-oxidantes y antioxidantes (Martino *et al.*, 2014).

### **2.4.2 Estado antioxidante de aves y sus productos**

La suplementación con nutrientes antioxidantes en la ración es uno de los caminos efectivos para minimizar la peroxidación lipídica en huevos porque dichos componentes con poder antioxidante son transferidos a la yema de huevo y la carne (Guo *et al.*, 2001; Sahin y Kucuk, 2003). Asimismo, Ruiz *et al.*, (1999) mencionan que la concentración de antioxidantes en las raciones de aves influye en la tasa de oxidación lipídica en productos avícolas.

## **2.5 Desempeño de la codorniz japonesa**

La codorniz presenta producciones que la hacen superior en avicultura a cualquier otra gallinácea conocida. Cumpa (1999) y Ciriaco (1994) señalan que, en condiciones

especiales de iluminación, el porcentaje de puesta está entre 80-82 y aproximadamente 300 huevos por codorniz al año.

La codorniz japonesa consume diariamente de 20 a 23 g.(Lucotte 1990), mientras que Cumpa(1999) menciona que el consumo oscila entre 25 y 30 g., además señala que la eficiencia en conversión alimenticia consiste en 3 kg de alimento para producir 1 kg de huevo.

En el Cuadro 2 se observa la respuesta productiva reportada por diferentes trabajos de investigación.

**Cuadro 2. Respuesta productiva de codornices japonesa**

| Fuente         | Porcentaje de postura (%) | Peso del huevo(g) | Consumo de alimento(g) | Conversión alimenticia |
|----------------|---------------------------|-------------------|------------------------|------------------------|
| Fuertes(1998)  | 79.31                     | 11.32             | 22.83                  | 2.58                   |
| Reyes(1998)    | 70.30                     | 11.10             | 22.00                  | 2.84                   |
| López(2000)    | 83.84                     | 11.35             | 20.21                  | 2.15                   |
| Marchan (2012) | 76.50                     | 12.40             | 30.80                  | 3.30                   |
| Quispe (2013)  | 86.00                     | 11.02             | 23.78                  | 2.53                   |

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

La evaluación del extracto de palillo se desarrolló en 2 experimentos, primero sobre la respuesta productiva y calidad de huevo, y segundo sobre la estabilidad oxidativa en yemas de huevo de codorniz japónica.

#### **3.1 Experimento 1: Evaluación de extracto de palillo sobre la respuesta productiva y calidad de huevo**

##### **3.1.1 Lugar del experimento y duración.**

La fase experimental, con duración de 8 semanas, y las mediciones de los parámetros de calidad de huevo del presente trabajo de investigación se realizaron en la sala de codornices del Departamento Académico de Nutrición de la Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional Agraria La Molina.

##### **3.1.2 Animales experimentales**

Para la evaluación de la respuesta productiva se utilizaron 100 codornices hembras de 20 semanas de edad, las cuales fueron distribuidas en 5 tratamientos, con 4 repeticiones por tratamiento. Se utilizaron 20 codornices por tratamiento y por lo tanto, 5 codornices representaron una unidad experimental.

##### **3.1.3 Almacenaje de huevos**

Los huevos fueron almacenados en un ambiente ventilado y bajo una temperatura promedio de 22°C. Asimismo, la evaluación de los parámetros de calidad de huevo se realizó bajo diferentes tiempos de almacenaje, a los 0, 4 y 8 días.

### **3.1.4 Instalaciones y equipos**

Se utilizaron jaulas individuales, cuya área asignada para cada codorniz fue de 319 cm<sup>2</sup>(14.5cm x 22cm ). Las codornices estuvieron bajo un régimen de 4 horas de luz extra, desde las 6:30 pm hasta las 10:30 pm, para ello se utilizó un dispositivo que permitía el encendido y apagado automático de la luz artificial. Los equipos utilizados en la fase experimental incluyen una balanza de precisión de 0.50 kg de capacidad con error de 0.10g para pesar el alimento suministrado diariamente y el peso total de huevos recolectados de cada repetición. Además, se utilizó otra balanza de precisión con capacidad de error de 0.001g utilizada para hacer la evaluación de la calidad de huevo.

### **3.1.5 Producto de evaluación**

El producto evaluado es cúrcuma en polvo, se presenta en forma de harina, posee un color amarillo intenso. Posee 20% de extracto de palillo y el porcentaje restante corresponde al vehículo.

### **3.1.6 Tratamientos**

La formulación de los tratamientos incluyó como aditivo a la cúrcuma en polvo en niveles de 0.05%, 0.1%, 0.15% y 0.2%, esto resulta en tratamientos con 0.01%, 0.02%, 0.03% y 0.04% de extracto de palillo, respectivamente.

Por lo tanto fueron 5 tratamientos que consistieron en los siguientes:

Tratamiento 1: Dieta control

Tratamiento 2: Dieta con 0.01% de extracto de palillo

Tratamiento 3: Dieta con 0.02% de extracto de palillo

Tratamiento 4: Dieta con 0.03% de extracto de palillo

Tratamiento 5: Dieta con 0.04% de extracto de palillo

### 3.1.7 Dietas experimentales

Las dietas experimentales fueron formuladas al mínimo costo y preparadas en la Planta de Alimentos Balanceados del Programa de Investigación y Proyección Social en Alimentos-UNALM, estas se muestran en el Cuadro 3.

### 3.1.8 Mediciones

#### Consumo de alimento semanal

Tomado semanalmente recogiendo el sobrante de alimento de una unidad experimental tras 7 días de suministro de alimento, para luego descontarlo al total de alimento ofrecido.

#### Masa de huevo semanal

Se calculó mediante la siguiente fórmula:

Masa de huevo= Número de huevos recogidos al día x Peso promedio de huevos

#### Conversión alimenticia semanal y acumulada

Este valor indica la cantidad de alimento consumido para producir un kilogramo de huevos. Se calculó a través de la siguiente fórmula:

$$\text{Conversión alimenticia semanal} = \frac{\text{Consumo de alimento semanal Kg}}{\text{Masa de huevos semanal}}$$

$$\text{Conversión alimenticia acumulada} = \frac{\text{Consumo de alimento acumulado}}{\text{Masa de huevo acumulada}}$$

#### Porcentaje de postura

La colección de huevos fue anotada diariamente realizándose un solo recojo al día a las 9 am hasta el final del experimento.

$$\text{Porcentaje de postura} = \frac{\text{Número de huevos producidos} \times 100}{\text{Número de codornices vivas}}$$

**Cuadro 3. Composición porcentual y valor nutricional calculado de las dietas experimentales.**

| INGREDIENTES                        | TRATAMIENTO |             |             |             |             |
|-------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                                     | 1           | 2           | 3           | 4           | 5           |
| Maiz amarillo                       | 51.49       | 51.39       | 51.31       | 51.21       | 51.12       |
| Torta de soya                       | 34.30       | 34.31       | 34.32       | 34.33       | 34.34       |
| Carbonato de calcio                 | 7.15        | 7.15        | 7.15        | 7.15        | 7.15        |
| Aceite crudo de soya                | 4.89        | 4.92        | 4.96        | 4.98        | 5.02        |
| Fosfato dicálcico                   | 1.02        | 1.02        | 1.02        | 1.02        | 1.02        |
| Sal común                           | 0.47        | 0.47        | 0.47        | 0.47        | 0.47        |
| DL-Metionina                        | 0.31        | 0.31        | 0.31        | 0.31        | 0.31        |
| Premezcla vitaminas y minerales     | 0.15        | 0.15        | 0.15        | 0.15        | 0.15        |
| Inhibidor de hongos                 | 0.10        | 0.10        | 0.10        | 0.10        | 0.10        |
| L- Lisina HCl                       | 0.07        | 0.07        | 0.07        | 0.07        | 0.07        |
| Secuestrante de micotoxinas         | 0.05        | 0.05        | 0.05        | 0.05        | 0.05        |
| <b>Cúrcuma en polvo (20% EP)</b>    | <b>0.00</b> | <b>0.05</b> | <b>0.10</b> | <b>0.15</b> | <b>0.20</b> |
| <b>TOTAL</b>                        | <b>100</b>  | <b>100</b>  | <b>100</b>  | <b>100</b>  | <b>100</b>  |
| <b>Valor nutricional calculado:</b> |             |             |             |             |             |
| Energiametabolizable(Kcal/kg)       | 2900        | 2900        | 2900        | 2900        | 2900        |
| Proteína cruda, %                   | 20.81       | 20.79       | 20.79       | 20.79       | 20.79       |
| Lisina diges, %                     | 1.10        | 1.10        | 1.10        | 1.10        | 1.10        |
| Metionina + Cistina digestible %    | 0.89        | 0.89        | 0.89        | 0.89        | 0.89        |
| Calcio, %                           | 3.10        | 3.10        | 3.10        | 3.10        | 3.10        |
| Fósforo disponible, %               | 0.32        | 0.32        | 0.32        | 0.32        | 0.32        |
| Sodio, %                            | 0.20        | 0.20        | 0.20        | 0.20        | 0.20        |

*Tratamientos: T1: Dieta basal; T2: Dieta basal con 0.01% de extracto de palillo; T3: Dieta basal con 0.02% de extracto de palillo; T4: Dieta basal con 0.03% de extracto de palillo; T5: Dieta basal con 0.04% de extracto de palillo.; EP: Extracto de palillo*

### **Peso promedio de huevo**

La producción de huevos diaria fue pesada determinándose el peso promedio de los huevos por cada repetición de un tratamiento. Se calculó mediante la fórmula siguiente:

$$\text{Peso promedio de huevos} = \frac{\text{Peso total de huevos recolectados}}{\text{Número de huevos recolectados}}$$

### **Índice de yema**

Calculado a través de la siguiente relación:

$$\frac{\text{Altura de yema} \times 100}{\text{Diámetro de yema}}$$

Diámetro de yema

### **Unidades Haugh**

Calculado con la siguiente ecuación:

$$UH = 100 \times \text{Log} [\text{Altura de la clara densa} - 1.7 \times (\text{peso de huevo})^{0.37} + 7.57]$$

### **Pigmentación de yema**

Para estimar este parámetro se utilizó el abanico colorimétrico de ROCHE que posee una escala del 1 al 10.

### **Grosor de cáscara**

Se midió este parámetro haciendo uso de un equipo en el que se midió 3 porciones de cáscara de la zona ecuatorial del huevo.

### **Peso de cáscara**

Se calculó este parámetro haciendo uso de una balanza electrónica con 3 decimales.

## **3.1.9 Diseño estadístico**

### **Para evaluar la respuesta productiva:**

Se empleó un Diseño Completamente al Azar (DCA), con 5 tratamientos y 4 repeticiones por tratamiento. El análisis de varianza de los datos se realizó con el programa StatisticalAnalysisSystem (SAS;1999), se usó la prueba de LSD para la comparación de medias.





El modelo aditivo lineal fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

$Y_{ij}$  = Valor observado de la variable en estudio correspondiente a la repetición  $j$  del tratamiento  $i$ .

$\mu$  = Efecto de la media general de un parámetro de la respuesta productiva

$\tau$  = Efecto de  $i$ -ésimo tratamiento.

$\varepsilon$  = Efecto del error experimental de la  $j$ -ésima repetición y del  $i$ -ésimo nivel de uso de la harina de palillo.

### **Para la evaluación de la calidad de huevo:**

Se empleó un diseño completamente al azar con un arreglo factorial  $5 \times 3$  (15 tratamientos). Se consideraron los factores nivel de inclusión de curcumina (5) y tiempo de almacenaje de huevos (3), y 7 repeticiones por tratamiento. Además, el análisis de varianza de los datos se realizó con el programa Statistical Analysis System (SAS; 1999) y se utilizó la prueba LSD para la comparación de medias.

El Modelo aditivo lineal fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_j + \tau_i + (\tau\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

$Y_{ijk}$  = Valor observado en el  $i$ -ésimo nivel de inclusión de extracto de palillo,  $j$ -ésimo tiempo de almacenaje de huevos y  $k$ -ésima repetición.

$\mu$  = Efecto de la media general de un parámetro de la calidad de huevo

$\tau_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo nivel de inclusión de extracto de palillo en la dieta de codornices.

$\beta_j$  = Efecto del  $j$ -ésimo tiempo de almacenaje de huevos

$(\tau\beta)_{ij}$  = Efecto de la interacción entre nivel de extracto de palillo en la dieta de codornices con el tiempo de almacenaje de huevos.

$\varepsilon_{ijk}$  = Efecto del error experimental bajo el  $i$ -ésimo nivel de inclusión de extracto de palillo en la dieta de codornices,  $j$ -ésimo tiempo de almacenaje en la  $k$ -ésima repetición.

## **3.2 Experimento 2: Evaluación de extracto de palillo sobre la estabilidad oxidativa de yema**

### **3.2.1 Animales experimentales**

Se utilizaron codornices hembra de 16 semanas de edad (40) y 52 semanas de edad (40), de las cuales la mitad de cada grupo de edad (20) recibió una dieta control y otra mitad recibió una dieta que contenía 0.02% de EP.

### **3.2.2 Lugar del experimento y duración**

La fase experimental, con una duración de 8 semanas se realizó en la Sala de Codornices, mientras que los análisis de estabilidad oxidativa se realizaron en el Laboratorio de Bioquímica, ambas instalaciones son dependencias del Departamento Académico de Nutrición de la Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional Agraria La Molina.

### **3.2.3 Instalaciones y equipos**

Se utilizaron jaulas individuales, cuya área asignada para cada codorniz fue de  $319\text{cm}^2$  (22 cm x 14.5 cm). Las codornices estuvieron bajo un régimen de 4 horas de luz extra, desde las 6:30 pm hasta las 10:30 pm, para ello se utilizó un dispositivo que permitía el encendido y apagado automático de la luz artificial.

Los equipos utilizados para la medición de la estabilidad oxidativa incluyen una centrífuga, baño maría, gradillas, pipetas, beakers y tubos de ensayo del Laboratorio de Bioquímica-Facultad de Zootecnia.

### **3.2.4 Almacenaje de huevos**

Los huevos fueron colectados diariamente, identificados y almacenados convenientemente en un lugar ventilado y cuya temperatura ambiente promedio fue de  $24^{\circ}\text{C}$ , además fueron agrupados para posterior análisis a los 0, 4 y 8 días de almacenaje.

### 3.2.5 Tratamientos

La presentación del alimento fue en harina; alimento y agua fresca fueron administrados *ad libitum*.

Se utilizaron 2 tratamientos que consistieron en los siguientes:

Tratamiento 1: Dieta control

Tratamiento 2: Dieta con 0.02% de extracto de palillo

### 3.2.6 Dietas experimentales

La formulación de las dietas consistió en una ración basal sin cúrcuma, y otra con cúrcuma como aditivo al nivel de 0.1% esto resulta en el tratamiento con 0.02% de extracto de palillo. En el Cuadro 4 se muestran las dietas experimentales que fueron elaboradas la Planta de Alimentos Balanceados del Programa de Investigación y Proyección Social en Alimentos-UNALM.

### 3.2.7 Medición

- **Sustancias Reactivas al Acido Tio-Barbitúrico (TBARS)**

Este análisis se realizó para determinar el contenido de malondialdehído (MDA) que fue medido como un producto secundario de la oxidación lipídica de la yema de huevo. Fueron utilizadas 10 yemas de huevo por tratamiento para la determinación de la concentración de malondialdehído (MDA) por g de yema ( $\mu\text{gMDA/gY}$ ).

El método se basó en extraer yema de huevo (5 g) de cada tratamiento para ser homogenizado con 15 ml de agua destilada desionizada durante 1 min, se extrajo 1 ml del homogenizado para ser colocado en un tubo de ensayo, al que se adicionó 2 ml de solución TBA-TCA (Ácido tiobarbitúrico 20 mM en ácido tricloroacético al 15%), las muestras fueron sometidas a baño maría (90°C/15 minutos), fueron enfriadas en agua fría y luego centrifugadas a 1000 rpm por 15 minutos. Se midió la absorbancia del sobrenadante de la mezcla resultante y el blanco a 532 nm mediante un espectrofotómetro (Genesys 10S UV-VIS). Los valores de absorbancia obtenidos fueron convertidos haciendo uso de la Ley de Beer – Lambert, siendo expresado como  $\mu\text{gMDA}$  por gramo de yema (Liu *et al.*, 2009).

**Cuadro 4. Composición y valor nutritivo calculado de los tratamientos**

| INGREDIENTES                        | TRATAMIENTO |            |
|-------------------------------------|-------------|------------|
|                                     | 1           | 2          |
| Maiz amarillo                       | 51.49       | 51.31      |
| Torta de soya                       | 34.3        | 34.32      |
| Carbonato de calcio                 | 7.15        | 7.15       |
| Aceite crudo de soya                | 4.89        | 4.96       |
| Fosfato dicálcico                   | 1.02        | 1.02       |
| Sal común                           | 0.47        | 0.47       |
| DL-Metionina                        | 0.31        | 0.31       |
| Premezcla vitaminas y minerales     | 0.15        | 0.15       |
| Inhibidor de hongos                 | 0.10        | 0.10       |
| L- Lisina HCl                       | 0.07        | 0.07       |
| Secuestrante de micotoxinas         | 0.05        | 0.05       |
| <b>Cúrcuma en polvo (20% EP)</b>    | <b>0</b>    | <b>0.1</b> |
| <b>TOTAL</b>                        | <b>100</b>  | <b>100</b> |
| <b>Valor nutricional calculado:</b> |             |            |
| Energiametabolizable(Kcal/kg)       | 2900        | 2900       |
| Proteína cruda, %                   | 20.81       | 20.79      |
| Lisina digestible, %                | 1.10        | 1.10       |
| Metionina + Cistina digestible,%    | 0.89        | 0.89       |
| Calcio, %                           | 3.10        | 3.10       |
| Fósforo disponible, %               | 0.32        | 0.32       |
| Sodio, %                            | 0.20        | 0.20       |

*Tratamientos: T1: Dieta basal; T2: Dieta basal con 0.02% de extracto de palillo*

### 3.2.8 Diseño estadístico

Se empleó un diseño completamente al azar con un arreglo factorial 2 x 2 x 3 (12 tratamientos). Se consideraron los factores edad (2), inclusión de extracto de palillo (2) y tiempo de almacenaje de huevos (3). Además, el análisis de varianza de los datos se realizó con el programa StatisticalAnalysisSystem (SAS;1999) y se utilizó la prueba LSD para la comparación de medias.

El Modelo aditivo lineal fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + \epsilon_{ijk}$$

Dónde:

$Y_{ij}$  = Valor observado en el i-ésimo nivel de inclusión de extracto de palillo, j-ésimo tiempo de almacenaje de huevos y k-ésima repetición.

$\mu$  = Efecto de la media general de un valor de la cantidad de malondialdehído

$\alpha_i$  = Efecto de la i-ésima edad de la codorniz

$\beta_j$  = Efecto de la j-ésimo nivel de inclusión de extracto de palillo en la dieta de codornices.

$\gamma_k$  = Efecto del k-ésimo tiempo de almacenaje de huevos

$(\alpha\beta\gamma)_{ijk}$  = Efecto de la interacción entre la edad de la codorniz, inclusión de extracto de palillo y tiempo de almacenaje de huevos.

$\epsilon_{ijk}$  = Efecto del error experimental bajo el i-ésimo edad de la codorniz, j-ésimo inclusión de extracto de palillo en la ración, k-ésimo tiempo de almacenaje en la n-ésima repetición.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Estudio 1. Evaluación de la respuesta productiva y calidad de huevo

#### 4.1.1 Respuesta productiva

Los resultados de la respuesta productiva se muestran en el Cuadro 5. Se observa que la adición del extracto de palillo en las dietas experimentales no influyó significativamente sobre el porcentaje de postura ( $P > 0.05$ ) y este resultado concuerda con Moorthy *et al.*, (2009) quienes no encontraron diferencias significativas entre el grupo control y el grupo de gallinas Leghorn que recibió 0.10 % de palillo en polvo. De acuerdo a los resultados obtenidos, el nivel de inclusión de 0.02 % de extracto de palillo mostró un valor numérico mayor del porcentaje de postura respecto a los demás niveles, esta mejora está sustentada por el incremento de la síntesis de vitelogenina en el hígado y que posteriormente es transportada a través de la sangre hacia los folículos del ovario para ser usada como precursor de los componentes de la yema, esto da por resultado un mayor incremento y desarrollo de los folículos y por lo tanto menores ciclos de ovulación y mayor producción de huevos (Saraswati *et al.*, 2014).

Por otro lado, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos para el peso promedio de huevo y la masa de huevo ( $P < 0.05$ ), estos resultados concuerdan con Radwan *et al.*, (2008), quienes encontraron mejoras significativas en el grupo de gallinas ponedoras que recibieron dietas con palillo respecto al grupo control, no obstante, los resultados del presente trabajo de investigación no concuerdan con los reportados por Saraswati *et al.*, (2013), quienes no hallaron diferencias significativas en el peso de huevo de codornices que recibieron dietas experimentales con diferentes niveles de palillo en polvo.

Los resultados obtenidos para el consumo de alimento demuestran que existen diferencias significativas en el consumo de alimento ( $P < 0.05$ ), además se observa una tendencia creciente a incrementar el consumo conforme aumenta el nivel de extracto de palillo, resultados similares fueron obtenidos por *Idwanet et al.*, (2008), quienes reportaron un mayor incremento en el consumo de alimento en gallinas alimentadas con dietas con 0.5% de palillo, por otro lado, en el presente trabajo se observa que se incrementó el consumo de alimento hasta el nivel de 0.03% de extracto de palillo, esto se explicaría por el incremento en la palatabilidad de la ración, sin embargo el consumo descendió con un nivel de 0.04% de extracto de palillo en la ración, este hecho se puede explicar debido al hábito de ingestión de alimento en forma de harina que posee la codorniz japonesa.

**Cuadro 5. Respuesta productiva de codornices suplementadas con extracto de palillo.**

| Tratamiento | Postura (%)         | Peso promedio de huevo (g) | Masa de huevo semanal (g) | Consumo de alimento* (g/ave/día) | Conversión alimenticia kg/kg |
|-------------|---------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------------|------------------------------|
| 1           | 95.408 <sup>a</sup> | 11.858 <sup>bc</sup>       | 274.96 <sup>b</sup>       | 26.95 <sup>ab</sup>              | 3.36 <sup>a</sup>            |
| 2           | 94.005 <sup>a</sup> | 11.752 <sup>c</sup>        | 256.29 <sup>c</sup>       | 26.94 <sup>ab</sup>              | 3.45 <sup>a</sup>            |
| 3           | 96.939 <sup>a</sup> | 12.055 <sup>a</sup>        | 292.15 <sup>a</sup>       | 26.47 <sup>c</sup>               | 3.18 <sup>b</sup>            |
| 4           | 94.464 <sup>a</sup> | 11.922 <sup>ab</sup>       | 272.93 <sup>b</sup>       | 27.23 <sup>a</sup>               | 3.41 <sup>a</sup>            |
| 5           | 94.489 <sup>a</sup> | 11.774 <sup>bc</sup>       | 264.87 <sup>bc</sup>      | 26.67 <sup>bc</sup>              | 3.37 <sup>a</sup>            |

<sup>a,b,c</sup> Valores con letras diferentes difieren estadísticamente (LSD,  $P < 0.05$ )

Tratamientos: T1: Dieta basal; T2: Dieta basal con 0.01% de extracto de palillo; T3: Dieta basal con 0.02% de extracto de palillo; T4: Dieta basal con 0.03% de extracto de palillo; T5: Dieta basal con 0.04% de extracto de palillo.

\*Consumo de alimento ajustado por la mortalidad en cada tratamiento.



Finalmente, en el presente estudio, se observan diferencias significativas entre las conversiones alimenticias de los tratamientos ( $P < 0.05$ ) y este efecto se debió a las diferencias significativas en el consumo de alimento y por el incremento en la masa de huevo semanal, de esta manera, los tratamientos 1 y 3 obtuvieron los mejores valores de conversión alimenticia, no obstante, se observa mejor eficiencia alimenticia en codornices que recibieron en su dieta 0.02% de extracto de palillo; estos resultados concuerdan con los hallados por Radwan *et al.*, (2008) quienes reportaron una mejor conversión alimenticia en gallinas ponedoras suplementadas con palillo en su ración respecto al grupo control.

#### **4.1.2 Calidad de huevo**

Los resultados de calidad de huevo se encuentran en el Cuadro 6. Las Unidades Haugh y el Índice de Yema fueron significativamente menores conforme avanzan los días de almacenaje ( $P < 0.05$ ), siendo el mayor a cero días de almacenaje y menor en el octavo día. Según los resultados obtenidos en el presente estudio, el valor de las unidades Haugh decrece conforme avanzan los días de almacenaje. Esta tendencia coincide con lo reportado por Lourenco (2011) quien encontró diferencias significativas y valores decrecientes del Índice de Yema y Unidades Haugh conforme transcurrían los días de almacenamiento a temperatura ambiente, y con lo reportado por Baptista (2002), quien observó reducciones progresivas en el Índice de Yema y Unidades Haugh durante los días de almacenamiento a temperatura ambiente.

La disminución en el Índice de yema se debe al hecho de que ocurra relativa migración de agua del albumen para la yema, promoviendo así su aumento del diámetro con consecuente disminución de la altura y del índice (Baptista, 2002)

Por otro lado, se observan diferencias significativas en los valores de las Unidades Haugh bajo diferentes niveles de extracto de palillo ( $P < 0.05$ ); sin embargo, no se observa una tendencia a mejorar las Unidades Haugh conforme se incrementa el nivel de extracto de palillo. Se observa que cuando se determina las Unidades Haugh de huevos frescos, no se observan mejoras conforme se incrementa el nivel de extracto de palillo. Asimismo, se reportan que hay diferencias significativas con un nivel de 0.02 % de extracto de palillo con respecto a los niveles de 0.01, 0.03 y 0.04% en huevos almacenados por 8 días. Además, se reporta que el nivel de extracto palillo de 0.03% en dietas de codornices

incrementó significativamente el valor de Unidades Haugh en huevos almacenados por 4 días respecto a la dieta control.

Este hallazgo es consistente con Saraswati *et al.*, (2013) quienes reportaron diferencias significativas en las Unidades Haugh de huevos provenientes de codornices suplementadas con palillo respecto al grupo control

**Cuadro 6. Resultados de la interacción entre la inclusión del extracto de palillo y días de almacenamiento de huevo sobre la calidad de huevo.**

| T <sup>1</sup>               | N <sup>2</sup> | A <sup>3</sup> | IY <sup>4</sup>      | UH <sup>5</sup>        | PIGM <sup>6</sup>    | PC <sup>7</sup>      | GC <sup>8</sup>       |
|------------------------------|----------------|----------------|----------------------|------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
| 1                            | 0.00           | 0              | 48.610 <sup>b</sup>  | 98.410 <sup>a</sup>    | 3.89 <sup>fe</sup>   | 1.04 <sup>ab</sup>   | 0.210 <sup>abcd</sup> |
| 2                            | 0.00           | 4              | 43.976 <sup>c</sup>  | 94.490 <sup>e</sup>    | 4.25 <sup>bcde</sup> | 1.031 <sup>abc</sup> | 0.222 <sup>ab</sup>   |
| 3                            | 0.00           | 8              | 39.143 <sup>d</sup>  | 94.313 <sup>e</sup>    | 3.71 <sup>f</sup>    | 1.00 <sup>abc</sup>  | 0.210 <sup>abcd</sup> |
| 4                            | 0.01           | 0              | 49.018 <sup>ab</sup> | 95.826 <sup>bcde</sup> | 4.12 <sup>cdef</sup> | 1.03 <sup>abc</sup>  | 0.210 <sup>abcd</sup> |
| 5                            | 0.01           | 4              | 44.373 <sup>c</sup>  | 95.396 <sup>cde</sup>  | 4.00 <sup>def</sup>  | 1.001 <sup>abc</sup> | 0.222 <sup>a</sup>    |
| 6                            | 0.01           | 8              | 38.636 <sup>d</sup>  | 90.414 <sup>f</sup>    | 3.87 <sup>fe</sup>   | 0.994 <sup>bc</sup>  | 0.200 <sup>d</sup>    |
| 7                            | 0.02           | 0              | 50.837 <sup>a</sup>  | 97.435 <sup>abc</sup>  | 4.4 <sup>abcd</sup>  | 1.044 <sup>ab</sup>  | 0.213 <sup>abcd</sup> |
| 8                            | 0.02           | 4              | 43.844 <sup>c</sup>  | 94.037 <sup>e</sup>    | 4.8 <sup>a</sup>     | 1.019 <sup>abc</sup> | 0.219 <sup>abc</sup>  |
| 9                            | 0.02           | 8              | 38.154 <sup>de</sup> | 94.817 <sup>de</sup>   | 4.4 <sup>abcd</sup>  | 1.075 <sup>a</sup>   | 0.215 <sup>abcd</sup> |
| 10                           | 0.03           | 0              | 48.533 <sup>b</sup>  | 99.425 <sup>a</sup>    | 3.9 <sup>fde</sup>   | 1.044 <sup>ab</sup>  | 0.217 <sup>abcd</sup> |
| 11                           | 0.03           | 4              | 42.829 <sup>c</sup>  | 97.317 <sup>abcd</sup> | 4.28 <sup>bcde</sup> | 1.064 <sup>ab</sup>  | 0.225 <sup>a</sup>    |
| 12                           | 0.03           | 8              | 36.064 <sup>e</sup>  | 90.833 <sup>f</sup>    | 3.91 <sup>fde</sup>  | 1.01 <sup>abc</sup>  | 0.218 <sup>abc</sup>  |
| 13                           | 0.04           | 0              | 49.197 <sup>ab</sup> | 98.099 <sup>ab</sup>   | 4.71 <sup>ab</sup>   | 1.047 <sup>ab</sup>  | 0.203 <sup>cd</sup>   |
| 14                           | 0.04           | 4              | 44.145 <sup>c</sup>  | 93.856 <sup>e</sup>    | 4.6 <sup>abc</sup>   | 0.954 <sup>c</sup>   | 0.205 <sup>bcd</sup>  |
| 15                           | 0.04           | 8              | 38.674 <sup>d</sup>  | 89.631 <sup>f</sup>    | 4.75 <sup>ab</sup>   | 1.046 <sup>ab</sup>  | 0.224 <sup>a</sup>    |
| Nivel de Extracto de palillo |                | 0.00           | 44.304 <sup>a</sup>  | 95.908 <sup>a</sup>    | 3.95 <sup>b</sup>    | 1.025 <sup>a</sup>   | 0.214 <sup>a</sup>    |
|                              |                | 0.01           | 44.037 <sup>a</sup>  | 93.995 <sup>bc</sup>   | 4.0 <sup>b</sup>     | 1.007 <sup>a</sup>   | 0.212 <sup>a</sup>    |
|                              |                | 0.02           | 44.278 <sup>a</sup>  | 95.429 <sup>ab</sup>   | 4.53 <sup>a</sup>    | 1.046 <sup>a</sup>   | 0.215 <sup>a</sup>    |
|                              |                | 0.03           | 42.208 <sup>b</sup>  | 95.522 <sup>a</sup>    | 4.0 <sup>b</sup>     | 1.035 <sup>a</sup>   | 0.219 <sup>a</sup>    |
|                              |                | 0.04           | 43.808 <sup>a</sup>  | 93.692 <sup>c</sup>    | 4.68 <sup>a</sup>    | 1.009 <sup>a</sup>   | 0.211 <sup>a</sup>    |
| Almacena-<br>miento          |                | 0              | 49.266 <sup>a</sup>  | 97.899 <sup>a</sup>    | 4.181 <sup>ab</sup>  | 1.041 <sup>a</sup>   | 0.211 <sup>a</sup>    |
|                              |                | 4              | 43.894 <sup>b</sup>  | 94.889 <sup>b</sup>    | 4.40 <sup>a</sup>    | 1.009 <sup>a</sup>   | 0.218 <sup>a</sup>    |
|                              |                | 8              | 37.970 <sup>c</sup>  | 91.997 <sup>c</sup>    | 4.136 <sup>b</sup>   | 1.026 <sup>a</sup>   | 0.214 <sup>a</sup>    |

*a,b,c,d,e,f* Valores con letras diferentes difieren estadísticamente ( $P < 0.05$ )

<sup>1</sup>T: Tratamiento; <sup>2</sup>N: Nivel de extracto de palillo; <sup>3</sup>A: Días de almacenamiento  
<sup>4</sup>IY: Índice de yema; <sup>5</sup>UH: Unidades Haugh ; <sup>6</sup>PIGM: Pigmentación; <sup>7</sup>PC: Peso de cáscara  
(gramos); <sup>8</sup>GC: Grosor de cáscara (mm)

Por otro lado, se reportan diferencias significativas en el Índice de Yema de huevos de codornices suplementadas con extracto de palillo ( $P < 0.05$ ), pero no se observa tendencia creciente al valor del Índice de Yema al incrementar el nivel de extracto de palillo. Se observan diferencias significativas en el Índice de yema de huevos frescos de codornices alimentadas con 0.02% de extracto de palillo respecto a los huevos de codornices alimentadas con la dieta control. Además, no se observa diferencias significativas en los valores de Índice de yema de huevos almacenados por 4 días. Asimismo, no se observa que el Índice de Yema de los huevos almacenados por 8 días mejore conforme se incrementa los niveles de extracto de palillo en las raciones de las codornices, por lo tanto, se demuestra que el extracto de palillo produce una mayor mejora en el índice de yema de huevos frescos que los almacenados por 4 y 8 días.

Estos resultados son consistentes con los reportados por Sarawastiet *al.*,(2013) quienes reportaron diferencias significativas en los valores de Índice de Yema de huevos provenientes de codornices suplementadas con palillo respecto al grupo control, así como por Radwanet *al.*,(2008) quienes demostraron que existen diferencias significativas en dicho parámetro en huevos de gallinas ponedoras cuya ración contenía palillo con respecto al grupo control.

Respecto al color de la yema, los valores obtenidos están cercanos a los obtenidos por Zitaet *al.*,(2013) quienes demostraron que codornices de 25 a 29 semanas poseen valores de coloración de yema que va de 4.8 a 4.9 según el abanico colorimétrico de ROCHE.

Los resultados obtenidos para la coloración de yema demuestran que existen diferencias significativas en la coloración de la yema con respecto al tiempo de almacenamiento a temperatura ambiente( $P < 0.05$ ), resultados diferentes fueron reportados por Lourenco (2011) quien demostró que no hay diferencias significativas en la coloración de la yema en huevos almacenados de 0 a 30 días, sin embargo, en sus resultados se observa una disminución lineal del grado de tonalidad con el aumento del tiempo de almacenaje; asimismo, Andrade *et al.*,(2009) obtuvieron una tendencia lineal decreciente en la pigmentación de la yema conforme avanzaba el tiempo de almacenaje de huevos a temperatura ambiente.

Por otro lado, existen diferencias significativas en los valores de coloración de yema de huevos de codornices alimentadas con diferentes niveles de extracto de palillo ( $P < 0.0001$ ). Se evidencia una tendencia a incrementar la coloración de la yema conforme se incrementa el nivel de extracto de palillo en las raciones de codornices. Estos resultados coinciden con los reportados por Riasiet *al.*, (2012) quienes obtuvieron diferencias significativas en la coloración de la yema de huevos provenientes de gallinas ponedoras suplementadas con palillo con respecto al grupo control, así como también una tendencia a incrementar la pigmentación conforme se incrementaba el porcentaje de inclusión de palillo.

El pigmento amarillento del palillo puede ser el responsable por la ligera tendencia a incrementar la coloración de la yema. Awanget *al.*, (1992), quienes utilizaron la curcumina para incrementar el color de piel de pollos de carne, reportaron que el pigmentante fue depositado en la piel de los pollos. Por otro lado, Radwanet *al.*, (2008) no reportaron diferencias significativas en la coloración de la yema de huevos provenientes de gallinas suplementadas con 2 niveles de palillo respecto al grupo control.

En lo referente a la calidad de cáscara, se demuestra que no existe efecto significativo del tiempo de almacenaje sobre el peso de la cáscara y el grosor de cáscara, sin embargo, si hay efecto sobre el porcentaje de cáscara. Los resultados de Lourenco (2011) y Baptista (2002) concuerdan con el obtenido en el presente estudio al no encontrar diferencias significativas en el grosor de cáscara de huevos almacenados de 0 a 30 días a temperatura ambiente. Además, los valores obtenidos independientemente del tiempo de almacenaje son similares a los obtenidos en codornices de 25 a 29 semanas por Zitaet *al.*, (2013).

Por otro lado se reporta que no existe diferencias significativas en el grosor de cáscara de huevos provenientes de codornices alimentadas con diferentes niveles de extracto de palillo, estos resultados son consistentes con los obtenidos por Riasiet *al.*, (2012) y Radwanet *al.*, (2008) quienes demostraron diferencias no significativas en el grosor de cáscara de huevos de gallinas suplementadas con niveles crecientes de palillo. Estos resultados difieren a los obtenidos por Saraswatiet *al.*, (2013), quienes reportaron que existen diferencias significativas en el grosor de cáscara de huevos provenientes de codornices suplementadas con palillo. Radwanet *al.*, (2008) mencionan que la curcumina, principal componente del palillo, posee propiedades antioxidantes y que mejora el pequeño ambiente del útero y consecuentemente incrementa el peso de cáscara y grosor de cáscara.

Respecto al peso de cáscara, los valores obtenidos concuerdan con los reportados por Zitaet *al.*,(2013) quienes mencionan que codornices de 25 a 29 semanas de vida poseen un peso de cáscara que va de  $1.08 \pm 0.04$  a  $1.13 \pm 0.04$  g. Por otro lado, resultados diferentes fueron encontrados por Nowaczewskiet *al.*,(2010), quienes reportaron diferencias significativas en el peso de cáscara de huevos almacenados por 0 y 8 días.

Se demuestra que no existe diferencias significativas en el peso de la cáscara de huevos provenientes de codornices suplementadas con niveles crecientes de extracto de palillo, este hallazgo es consistente con lo reportado por Saraswatiet *al.*,(2013) quienes no hallaron diferencias significativas en el peso de cáscara, pero si una tendencia a incrementarse conforme aumentaba el nivel de palillo en la ración. Asimismo, Riasiet *al.*,(2012) y Radwanet *al.*,(2008) tampoco encontraron diferencias significativas en el peso de cáscara de huevos de gallinas ponedoras suplementadas con niveles crecientes de palillo.

#### **4.2 Estudio 2. Evaluación de la estabilidad oxidativa**

En el Cuadro 7 se observan los resultados de estabilidad oxidativa medido a través de la concentración de MDA en yemas de huevo ( $\mu\text{gMDA/g Yema}$ ).La suplementación con 0.02% de extracto de palillo en la ración de codornices de postura no tuvo efecto significativo en la concentración de MDA de la yema ( $P > 0.05$ ). Sin embargo, se observan diferencias numéricas y una menor concentración de MDA (0.772 vs 740  $\mu\text{gMDA/g Yema}$ ) en las yemas de huevos de codornices suplementadas con EP respecto a las alimentadas con la dieta basal. Estos resultados están de acuerdo con trabajos de investigación previos (Akdemir y Sahin, 2009; Sahin, 2010; Yesilbaget *al.*, 2013), quienes reportaron menores valores de MDA en yema de huevos de codornices alimentadas con dietas suplementadas con antioxidantes

En relación a los resultados obtenidos, autores como Sahin y Kucuk (2003), mencionan que el enriquecimiento de dietas con antioxidantes es necesario para mejorar el estado antioxidante del animal, y además, para mejorar la calidad nutricional del producto final, esto último se evidencia en los valores de MDA obtenidos en el presente estudio como resultado de una mejora en el sistema antioxidante del ave.

Por otro lado, la concentración de MDA en yemas de huevos de codornices de 16 semanas de edad fue significativamente menor (0.699 vs 0.812  $\mu\text{g/g}$ Yema,  $P<0.05$ ) respecto a las de 52 semanas de edad. Estos resultados demuestran que la peroxidación lipídica en yemas de codorniz se incrementa conforme la edad avanza, esto se fundamenta en el hecho de que la actividad enzimática de ciertas enzimas como superoxidodismutasa, glutatión peroxidasa y catalasa disminuye al avanzar la edad de la codorniz, como lo reportan Godinet *al.*, (1995).

En relación a la concentración de MDA de yemas de huevos almacenados, se reportan diferencias significativas entre los huevos almacenados por 0 y 4 días con los de 8 días, estos resultados concuerdan con los obtenidos por Pereira *et al.*, (2011), quienes al evaluar diferentes fuentes lipídicas en raciones de gallinas ponedoras, el valor de MDA se incrementó con un mayor tiempo de almacenaje.

Finalmente, se reporta una concentración de MDA significativamente mayor a los 8 días de almacenaje ( $P<0.05$ ) en codornices de 52 semanas de vida, esto es resultado de una menor actividad antioxidante que poseen aves con mayor tiempo de vida según lo reportado por Godinet *al.*, (1995)

**Cuadro 7. Estado antioxidante medido por las concentraciones de malondialdehido (MDA) en yema de huevos de codornices.**

| Tratamiento | Edad<br>(Semanas) | Ración | Almacenamiento<br>(Días) | µgMDA/g de yema     |
|-------------|-------------------|--------|--------------------------|---------------------|
| 1           | 16                | C      | 0                        | 0.697 <sup>bc</sup> |
| 2           | 16                | C      | 4                        | 0.715 <sup>bc</sup> |
| 3           | 16                | C      | 8                        | 0.742 <sup>bc</sup> |
| 4           | 16                | EP     | 0                        | 0.648 <sup>c</sup>  |
| 5           | 16                | EP     | 4                        | 0.681 <sup>bc</sup> |
| 6           | 16                | EP     | 8                        | 0.716 <sup>bc</sup> |
| 7           | 52                | C      | 0                        | 0.728 <sup>bc</sup> |
| 8           | 52                | C      | 4                        | 0.766 <sup>b</sup>  |
| 9           | 52                | C      | 8                        | 0.984 <sup>a</sup>  |
| 10          | 52                | EP     | 0                        | 0.696 <sup>bc</sup> |
| 11          | 52                | EP     | 4                        | 0.742 <sup>bc</sup> |
| 12          | 52                | EP     | 8                        | 0.958 <sup>a</sup>  |
| Edad        |                   |        | 16                       | 0.6997 <sup>b</sup> |
| (Semanas)   |                   |        | 52                       | 0.8122 <sup>a</sup> |
| Ración      |                   |        | C                        | 0.7720 <sup>a</sup> |
|             |                   |        | EP                       | 0.7401 <sup>a</sup> |
| Almacen.    |                   |        | 0                        | 0.6922 <sup>b</sup> |
| (Días)      |                   |        | 4                        | 0.7259 <sup>b</sup> |
|             |                   |        | 8                        | 0.8499 <sup>a</sup> |

<sup>a,b,c</sup>Valores con letras diferentes difieren estadísticamente ( $P < 0.05$ )

*Edad: codornices de 16 semanas de vida y codornices de 52 semanas de vida. Ración: C, dieta control; EP, dieta con 0.02% de extracto de palillo. Almacenamiento: 0 días de almacenaje, 4 días de almacenaje, 8 días de almacenaje.*



## V. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en que se desarrolló el presente trabajo de investigación y en función de los resultados obtenidos, se pueden establecer las siguientes conclusiones:

- El peso de huevo y la masa de huevo fueron mayores para codornices alimentadas con dietas que contenían 0.02% de extracto de palillo (T3).
- La calidad interna del huevo disminuye con el tiempo de almacenamiento, pero no es influenciada significativamente por el nivel de extracto de palillo en la dieta.
- La pigmentación de la yema disminuye con el tiempo de almacenamiento y se incrementa en relación directa al nivel de extracto de palillo en la dieta.
- La suplementación con extracto de palillo mejora la estabilidad oxidativa de la yema de huevo y ésta es afectada por la edad de la codorniz y por el tiempo de almacenamiento.

## **VI. RECOMENDACIONES**

En relación a los resultados obtenidos, se pueden establecer las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda usar un nivel de 0.02% de extracto de palillo en la alimentación de codornices ponedoras.
- Se recomienda investigar el poder antioxidante de la curcumina, presente en el palillo, en parámetros reproductivos de codornices reproductoras.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abbas, R.Z; Iqbal, Z; Khan, M.N; Zafar, M.A; Zia, M.A. 2010. Anticoccidial activity of *Curcuma longa* L. in broilers. Brazilian Archives of Biology and Technology 53: 63-67.

Ahmadi, F. 2010. Effect of Turmeric (*Curcumin longa*) powder on performance, oxidative stress state and some of blood parameters in broilers fed on diets containing aflatoxin. Global Veterinaria 5: 312-317.

Ahsan H; Parveen N; Khan NU.1999. Pro-oxidant, anti-oxidant and cleavage activities on DNA of curcumin and its derivatives demethoxycurcumin and bisdemethoxycurcumin. ChemBiol Interact, 121:161–175.

Akdemir, F; Sahin, K. 2009. Genistein supplementation to the quail: Effects on egg production and egg yolk genistein, daidzen, and lipid peroxidation levels. Poultry Science. 88, 2125–2131.

Ali, H.B; Marrif, H; Noureldayem, S.A; Bakheit, A.O; Blunden, G. 2006. Some biological properties of curcumin: A Review. Natural Product Communication 1: 509-521.

Alleoni, A.C.C.; Antunes, A.J. 2001. Unidade Haugh como medida da qualidade de ovos de galinha armazenados sob refrigeração. ScientiaAgricola, v.58, n.4, p.681-685

Altan, O; Oguz,I; Akbas. Y. 1998. Effects of selection for high body weight and age of hen on egg characteristics in Japanese quail (*Coturnixcoturnix japonica*). Turk. J. Vet. Anim. Sci. 22, 467-473.

Andrade, E.L; Marino, E.R; Marchini, F.T; Ferrari, N.G; Andreo, N; Fioravanti, R.S; Camargo, T.C; Bridi, A.M; Fonseca, N.A. 2009. Valor de pH e cor da gema de ovos de

galinhas poedeiras armazenados em diferentes métodos e períodos. In: Congresso Brasileiro de Zootecnia, 39, Águas de Lindóia, SP.

AwangIPR, Chulan U, Ahmad FBH (1992). Curcumin for upgrading skin colour of broilers. *Pertanica*, 15: 37-38.

Baptista, R.F. 2002. Avaliação da qualidade interna de ovos de codorna (*Coturnixcoturnix* japônica) em função da variação da temperatura de armazenamento. Tese para obter o grau de Mestre. Programa de Pós-graduação em Medicina Veterinária da Universidade Federal Fluminense.

Barbosa, J.A.D. 2004. Avaliação do bem-estar de aves poedeiras em diferentes sistemas de produção e condições ambientais, utilizando análise de imagens. Dissertação, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

Bell, DD; Weaver, WD. 2002. Commercial chicken meat and egg production. Editorial Springer science & Business media. Chapter 5: formation of the egg. Pag 59-61.

Bhanja, S.K., Agarwal, S.K. and Majumdar, S. Effect of cage floor space on the egg production performance of Japanese quail (*Coturnixcoturnixjaponica*) during winter. *Indian J. of Poultry Sci.*, 41, 2:205-207, 2006.

Buxade, C. 1995. Zootecnia. Bases para la producción animal. Tomo V. Ediciones Mundi Prensa. Madrid-España

Chan, L. 1983. Hormonal control of apolipoprotein synthesis. *Annual Review of Physiology* 45: 615-623.

Chattopadhyay, I; Biswas, K; Bandyopadhyay, U; Banerjee, R. 2004. Turmeric and curcumin: Biological actions and medicinal applications. *Current Science* 87, NO 1.

Chun, K; Sohn, Y; Kim, H. 1999. Antitumour promoting potential of naturally occurring diarylheptanoids structurally related to curcumin. *Mutation Research* 28: 49-57.

Ciriaco, P. 1994. Crianza de la codorniz. Programa de Investigación y Proyección Social en Aves. Lima-Perú. 98pp

Cumpa, M. 1999. Perspectivas de la explotación de la codorniz japonesa. Revista Agroenfoque. Edición 108: agosto-septiembre 1999.

VIII Congreso Latinoamericano de Química(1964, Buenos Aires,Argentina). Código Latinoamericano De Alimentos.

Comenge, GM. 1964. Análisis de alimentos. Madrid, España. Tomo III. Tercera edición.

Cyleni, R.A; Abreu, G. 1998. Chemical analysis of turmeric from Minas Gerais, Brazil and comparison of methods for flavor free oleoresin. Brazilian archives of Biology and Technology. 41(2).

Deshpande, S.S; Lalitha, V.S; Ingle A.D; Raste, AS; Gadre, SG; Maru GB. 1998. Subchronic oral toxicity of turmeric and ethanolic turmeric extract in female mice and rats. ToxicolLett. 95:183-193.

Etches, RJ; MacGregor, HE; Morris, TF; Williams, JB. 1983. Follicular growth and maturation in the domestic hen(*Gallus domesticus*). Journals of Reproduction and Fertility 67: 351-358

Etches, RJ. 1996. ReproducciónAviar. Editorial Cab International Wallingford, p. 11-41 & p. 133-175.

Fletcher, D; Britton, W; Pesti, G; Rahn, A; Savage, S. 1983. The relationship of layer flock age and egg weight on egg component yields and solids content. PoultrySci. 62, 1800-1805.

Fuertes, J.1998. Evaluación de la premuda en la producción de la codorniz japonesa *Coturnixcoturnixjaponica*. Tesis para obtener el título de Ingeniero Zootecnista. UNALM-Perú

Garcia, E.R; Orlandi, C.C; Oliveira, C.A; Cruz, F.K; Santos, T.M; Otutumi, L.K. 2010. Qualidade de ovos de poedeiras semipesadas armazenados em diferentes temperaturas e períodos de estocagem. Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal 11: 505-518

Godin, D.; Garnett, M.; Cheng, K; Nichols, C.1995. Sex-related alterations in antioxidant status and susceptibility to atherosclerosis in Japanese quail. *Can. J. Cardiol.* 10, 945-951.

Gonzalez, M. 1995. Influence of age on physical traits of Japanese quail (*Coturnixcoturnixjaponica*) eggs. *Ann Zootech.*, 44:307-312.

Gowda, N.K.S; David Ledoux, R; Goerge, E.R; Bermudez, A.J; Chen, Y.C. 2009. Antioxidant efficacy of curcuminoids from Turmeric (*Curcuma longa L.*) powder in broiler chickens fed diets containing aflatoxin B1. *British Journal of Nutrition* 102: 1629–1634.

Guo, Y; Tang, Q; Yuan, J; Jiang, Z. 2001. Effects of supplementation with vitamin E on the performance and the tissue peroxidation of broiler chicks and the stability of thigh meat against oxidative deterioration. *Anim. Feed Sci. Technol.* 89:165–173.

Hencken, H. 1992. Chemical and physiological behavior of feed carotenoids and their effects on pigmentation. *Poultry Science*, v. 71, n. 4, p. 711-717

KandarkarS.V; Sawant, S.S; Ingle, A.D; Deshpande, S.S; Maru, G.B. 1998. Subchronic oral hepatotoxicity of turmeric in mice--histopathological and ultrastructural studies. *Indian J Exp Biol.* 36:675-679.

Kapoor, LD.1990. *Handbook of Ayurvedic Medicinal Plants*, CRC Press, Boca Raton, Florida, p. 185.

Keener, K.M;Lacrosse, J. D; Curtis, P. A; Anderson, K;Farkas,B. E. 2000. The Influence of Rapid Air Cooling and Carbon Dioxide Cooling and Subsequent Storage in Air and Carbon Dioxide on Shell Egg Quality<sup>1,2</sup>. *Poultry Science*, V. 79, p. 1067–1071

Khan, R.U; Naz, S; Javdani, M.; Nikousefat, Z; Selvaggi, M.2012. The use of turmeric(*Curcuma longa*) in poultry feed. *World Poultry Science*. V. 68

Kiuchi, F; Goto, Y; Sugimoto, N. 1993. Nematocidal activity of turmeric: synergistic action of curcuminoids. *Chem Pharm Bull (Tokyo)*, 41:1640

Kondaiah, N; Panda, B; Singhal, R.A. 1983. Internal egg quality measure for quail eggs. Indian Journal of Animal Sci., 53, 1261-1264

Kostova, Z; Gerzilov, V; Kutsev, T. 1993. Morphological characteristics and chemical composition of japanese quail eggs. Higher Institute of Agriculture-Plovdiv, Scientific works, XXXVIII, 3:193-196

Kumar, A; Akhtar, S.M; Verma, S.B; Mandal, K.G; Kumar, A; Mohan, M. 2000. Influence of age, body weight, egg weight, clutch size and pause on egg production in japanese quails. Indian Journal of Animal Health, 39, 2:82- 84

Lee, S.H; Lillehoj, H.S; Jang, S.I; Kim, D.K; Ionescu, C; Bravo, D.2010. Effect of dietary curcuma, capsicum and lentinus on enhancing local immunity against *Eimeriaacervulinainfection*. Journal of Poultry Science 47: 89-95.

Li, S; Yuan, W; Deng, G; Wang, P; Yang, P; Aggarwal, B. 2011. Chemical composition and product quality control of turmeric. National Center of Pharmaceutical Crops. 2, 28-54

Lin, C. C; Liang, J.H. 2002. Effect of antioxidants on the oxidative stability of chicken breast meat in a dispersion system. J. FoodChem. Toxicol. 67:530–533.

Lopez, K. 2000. Efecto de diferentes niveles de energiametabolizable en relación a la densidad de nutrientes en el comportamiento productivo de la codorniz japonesa(*Coturnixcoturnix japónica*). Tesis para obtenerel título de IngenieroZootecnista. UNALM-Perú

Lourenço, AM. 2011. Qualidade interna e externa de ovos de codornas japonesas armazenados em diferentes temperaturas e períodos de estocagem. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduaçãoem Zootecnia da Universidade Federal de Alagoas para a obtenção do grau do Magister Science.

Lucotte, G. 1990. La codorniz cría y explotación. Ediciones Mundi Prensa, Madrid. 109 pp.

Maistre, J. 1969. Las plantas de especias. Editorial Blume. Barcelona-España. Primera edición.

Marchán, T. 2012. Evaluación de un concentrado proteico de subproducto de camal avícola en dietas de postura sobre el comportamiento productivo de la codorniz japonesa (*Coturnix coturnix japonica*). Tesis para obtener el título de Ingeniero Zootecnista. UNALM-Perú.

Martino, G; Naceur, H.M; Marchetti, S; Grotta, L; Ponzielli, V. 2014. Effect of Vitamin E Supplementation on Egg Yolk Quality and Oxidative Stability. *Asian Journal of Agriculture and Food Science* 2(4)

Moran Junior, E.T. 1985. Variations in body composition of poultry. *Journal of proceedings of the nutrition society* 45: 57-65.

Moorthy, M; Saravan, S; Mehala, S.R; Ravikumar, K.V; Edwin, S.C. 2009. Performance of Single Comb White Leghorn layers fed with Aloe vera, Curcuma longa and probiotic. *International Journal of Poultry Science* 8: 775-778.

Moura, A.M; Oliveira, N.T; Thiebaut, T.L; Melo, T.V. 2008. Efeito da temperatura de estocagem e do tipo de embalagem sobre a qualidade interna de ovos de codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*). *Ciênc. Agrotec.* 32(2): 578-583

Nagarajan, S; Narahari, D; Jayaprasad, I; Thyagarajan, D. 1991. Influence of stocking density and layer age on production traits and egg quality in Japanese quail. *Brit. Poultry Sci.* 32, 243-248.

Nazligul, A; Turkyilmaz, K; Bardakçioğlu, H. 2001. A study on some production traits and egg quality characteristics of Japanese quail. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.* 25, 1007-1013.  
- Nowaczewski, S; Kontecka, H; Rosinski, A; Koberling, S; Koronowski, P. 2010. Egg quality of Japanese quail depends on layer age and storage time. *Folia Biologica.* 58: 201-207.

Oliveira, G. E. 2006. Influência da temperatura de armazenamento nas características físico-químicas e nos teores de aminos bioativas em ovos. Dissertação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.





Orhan, H; Erensayin, C; Aktan, S. 2001. Determining egg quality characteristics of Japanese quails (*Coturnixcoturnix japonica*) at different ages. *HayvansalÜretim*. 1, 44-49.

Panda, B. and Singh, R.P. 1990. Developments in processing quail meat and eggs. *WorldPoultry Science Journal*, 46, 3:219-233

Pereira, A.L; Vidal, T.F; Abreu, V.G; Zapata, J.F; Freitas, E.R. 2011. Type of dietary lipids and storing time on egg stability. *Revista de Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 31(4): 984-991

Quintana, J. 1991. *Avitecnia*. Segunda edición. Editorial Trillas. México. 305 pp

Quispe, C. 2013. Efecto de diferentes niveles de calcio y fósforo disponible sobre el comportamiento productivo y calidad de la cáscara de la codorniz japonesa. Tesis para obtener el título de Ingeniero Zootecnista. UNALM-Perú

Radwan, L; Hassan RA; Qota, EM; Fayek, HM. 2008. Effect of Natural Antioxidant on Oxidative Stability of Eggs and Productive and Reproductive Performance of Laying Hens. *International Journal of PoultryScience* 7 (2): 134-150

Reyes, A.1998 .Evaluación de tres niveles de proteína en la etapa de postura en la codorniz japonesa *Coturnixcoturnix japonica*. Tesis para obtener el título de Ingeniero Zootecnista. UNALM-Perú

Riasi, A; Kermanshahi, H; Mahdavi, AH. 2012. Production performance, egg quality and some serum metabolites of older commercial laying hens fed different levels of turmeric rhizome (*Curcuma longa*) powder. *Journal of Medicinal Plants Research* Vol. 6(11), pp. 2141-2145

Ruiz, J.A; Perez-Vendrell, A.M; Esteve-García, A.E. 1999. Effect of  $\beta$ -carotene and vitamin E on oxidative stability in leg meat of broilers fed different supplemental fats. *J. Agric. FoodChem.* 47:448-454.

Rodriguez Da Silva, N; Costas, R; De Souza, C; Gabrig, R. 1992. Codorna. Fabricas de botar ovos. "A Laboura". Mai/Jun. Rio de Janeiro-Brasil. P 12-17

Sahin, K; Akdemir, F; Orhan C; Tuzcu, M; Ali S; Sahin, N; Hayirli A. 2010. Effects of dietary resveratrol supplementation on egg production and antioxidant status. *Poultry Science*. 89, 1190–1198.

Sahin, K; Kucuk, O. 2003. Heat stress and dietary vitamin supplementation of poultry diets. *Nutr. Abstr. Reviewers Series B Livestock Feeds Feed*. 73, 41–50.

Salawu, I.S; Orunmuyi, M; Okezie, O. 2007. The Use of Hotelling T2 Statistic in Comparing the Egg Weight of Quail, Brown Strain of the Commercial and Duck. *Asian Journal of Animal Sciences* 1, 1: 53-56

Santos, M.S; Espíndola, G.B; Lôbo, R.N; Freitas, E.R; Guerra, J.L; Santos, A.B. 2009. Efeito da temperatura e estocagem em ovos. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 29(3): 513-517

Saraswati, T; Manalu, W; Ekastuti, DR; Kusumorini, N. 2013. Increased Egg Production of Japanese Quail (*Coturnix japonica*) by Improving Liver Function Through Turmeric Powder Supplementation. *International Journal of Poultry Science* 12 (10): 601-614

Saraswati, TR; Manalu, W; Ekastuti, DR; Kusumorini, N. 2014. Effect of Turmeric Powder to Estriol and Progesterone Hormone Profile of Laying Hens During One Cycle of Ovulation. *International Journal of Poultry Science* 13 (9): 504-509

Saraswati, TR; Manalu, W; Ekastuti, DR; Kusumorini, N. 2013. The role of turmeric powder in lipid metabolism and its effect on quality of the first quail's egg. *Journal of the Indonesian tropical animal agriculture* 38(2)

Sauveur, B. 1991. Reproducción de las aves. Editorial Mundi-Prensa. Capítulo II: Formación del huevo. p. 35-76

Stadelman, W.J; Cotterill, O.J. 1994. Egg science and technology. Fourth edition. Food Products Press, Inc., New Work. 591p.

Sturkie, P. 1998. Avian physiology. Capítulo 22: Reproduction in the female. p. 569-596

Thorpe, E. 1923. Enciclopedia de química industrial. Tomo II. Editorial labor. Barcelona

Woodard, A; Abplanalp, B; Wilson, H; Vohra, P. 1973. Japanese husbandry in the laboratory. Department of avian sciences. University of California, Davis C.A.

Yanakopolous, A.L; Tserveni-Gousi, A.S. 1986. Quality characteristics of quail eggs. *British Poultry Science* 27:171-176

Yarru, L.P; Settivari, R.S; Gowda, N.K.S; Antoniou, E; Ledoux, D.R; Rottinghaus, G.E. 2009. Effects of Turmeric (*Curcuma longa*) on the expression of hepatic genes associated with biotransformation, antioxidant, and immune systems in broiler chicks fed aflatoxin. *PoultryScience* 88: 2620-2627

Yesilbag, D; Gezen,S.S; Biricik, H; Meral, Y. 2013. Effects of dietary rosemary and oregano volatile oil mixture on quail performance, egg traits and egg oxidative stability. *British PoultryScience*. 54(2), 231–237.

Zapata, RR. 1978. Extracción de colorantes a partir del palillo. Tesis para optar el título de ingeniero en industrias alimentarias, Lima-Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina

Zava, D.T. 1998. Estrogen and progestin bioactivity of foods, herbs and spices. *217(3):369-78*.

Zhou, H; Beevers, C; Huang S. 2011. Targets of curcumin. *Curr Drugs Targets*. 12(3): 332-347

Zita, L; Ledvinka, Z; Klesanová, L. 2013. The effect of the age of japanese quails on certain egg quality traits and their relationships. *VeterinaerskiArchiv*. 83(2): 223-232

## **VIII. ANEXO**

## Anexo I. Respuesta productiva según tratamiento y repetición

| Tratamiento | Repetición      | Consumo de alimento | Peso promedio de huevo | Porcentaje de postura | Masa de huevo | Conversión alimenticia |
|-------------|-----------------|---------------------|------------------------|-----------------------|---------------|------------------------|
| 1           | 1               | 27.27               | 12.19                  | 98.78                 | 301.15        | 3.17                   |
|             | 2               | 26.88               | 11.56                  | 92.65                 | 267.93        | 3.55                   |
|             | 3               | 27.01               | 11.93                  | 97.96                 | 291.91        | 3.24                   |
|             | 4               | 26.64               | 11.76                  | 92.24                 | 238.86        | 3.47                   |
|             | <b>Promedio</b> | <b>26.95</b>        | <b>11.86</b>           | <b>95.41</b>          | <b>274.96</b> | <b>3.36</b>            |
| 2           | 1               | 26.94               | 11.94                  | 84.69                 | 223.88        | 3.78                   |
|             | 2               | 26.89               | 11.81                  | 98.27                 | 274.38        | 3.26                   |
|             | 3               | 26.78               | 11.94                  | 93.06                 | 243.74        | 3.41                   |
|             | 4               | 27.16               | 11.33                  | 100.00                | 283.20        | 3.36                   |
|             | <b>Promedio</b> | <b>26.94</b>        | <b>11.75</b>           | <b>94.01</b>          | <b>256.30</b> | <b>3.45</b>            |
| 3           | 1               | 26.49               | 11.91                  | 94.29                 | 281.07        | 3.32                   |
|             | 2               | 26.37               | 12.47                  | 97.55                 | 304.46        | 3.04                   |
|             | 3               | 26.56               | 12.34                  | 95.92                 | 295.79        | 3.15                   |
|             | 4               | 26.47               | 11.49                  | 100.00                | 287.28        | 3.23                   |
|             | <b>Promedio</b> | <b>26.47</b>        | <b>12.06</b>           | <b>96.94</b>          | <b>292.15</b> | <b>3.18</b>            |
| 4           | 1               | 27.20               | 11.77                  | 98.37                 | 289.33        | 3.29                   |
|             | 2               | 27.66               | 12.18                  | 88.57                 | 269.73        | 3.63                   |
|             | 3               | 27.21               | 11.80                  | 93.47                 | 275.59        | 3.48                   |
|             | 4               | 26.86               | 11.94                  | 97.45                 | 257.07        | 3.24                   |
|             | <b>Promedio</b> | <b>27.23</b>        | <b>11.92</b>           | <b>94.46</b>          | <b>272.93</b> | <b>3.41</b>            |
| 5           | 1               | 26.83               | 11.81                  | 91.63                 | 245.98        | 3.53                   |
|             | 2               | 26.68               | 11.45                  | 100.00                | 286.31        | 3.26                   |
|             | 3               | 26.48               | 12.07                  | 89.59                 | 237.85        | 3.46                   |
|             | 4               | 26.71               | 11.77                  | 98.37                 | 289.35        | 3.23                   |
|             | <b>Promedio</b> | <b>26.67</b>        | <b>11.77</b>           | <b>94.90</b>          | <b>264.87</b> | <b>3.37</b>            |

T1: Dieta basal; T2: Dieta basal con 0.01% de extracto de palillo; T3: Dieta basal con 0.02% de extracto de palillo; T4: Dieta basal con 0.03% de extracto de palillo; T5: Dieta basal con 0.04% de extracto de palillo.

## Anexo II. Calidad de huevo según tratamiento y tiempo de almacenaje

### 2.1 Calidad de huevo con inclusión de 0.00% de extracto de palillo (T1)

| Almacenamiento | Repetición      | Índice yema  | Color       | Unidades Haugh | Peso cáscara | Grosor cáscara |
|----------------|-----------------|--------------|-------------|----------------|--------------|----------------|
| <b>Día 0</b>   | <b>1</b>        | 47.92        | 4           | 99.08          | 1.07         | 0.212          |
|                | <b>2</b>        | 50.00        | 4           | 99.75          | 1.07         | 0.212          |
|                | <b>3</b>        | 52.17        | 4           | 101.23         | 1.12         | 0.207          |
|                | <b>4</b>        | 51.06        | 4           | 99.80          | 0.93         | 0.125          |
|                | <b>5</b>        | 45.65        | 4           | 95.25          | 1.01         | 0.220          |
|                | <b>6</b>        | 43.75        | 4           | 95.18          | 1.00         | 0.240          |
|                | <b>7</b>        | 52.17        | 3           | 101.10         | 1.07         | 0.230          |
|                | <b>Promedio</b> | <b>48.96</b> | <b>3.86</b> | <b>98.77</b>   | <b>1.04</b>  | <b>0.207</b>   |
| <b>Día 4</b>   | <b>1</b>        | 45.45        | 5           | 100.10         | 0.93         | 0.198          |
|                | <b>2</b>        | 43.14        | 5           | 96.05          | 1.12         | 0.228          |
|                | <b>3</b>        | 47.83        | 4           | 98.98          | 1.05         | 0.227          |
|                | <b>4</b>        | 43.64        | 4           | 93.60          | 1.04         | 0.220          |
|                | <b>5</b>        | 43.14        | 4           | 89.59          | 0.94         | 0.227          |
|                | <b>6</b>        | 44.23        | 4           | 90.04          | 0.97         | 0.222          |
|                | <b>7</b>        | 40.74        | 4           | 91.56          | 1.14         | 0.237          |
|                | <b>Promedio</b> | <b>43.98</b> | <b>4.25</b> | <b>94.49</b>   | <b>1.03</b>  | <b>0.220</b>   |
| <b>Día 8</b>   | <b>1</b>        | 44.90        | 4           | 94.83          | 0.93         | 0.220          |
|                | <b>2</b>        | 40.82        | 4           | 99.59          | 1.00         | 0.205          |
|                | <b>3</b>        | 41.67        | 4           | 97.48          | 0.94         | 0.190          |
|                | <b>4</b>        | 35.29        | 4           | 90.00          | 0.98         | 0.225          |
|                | <b>5</b>        | 37.74        | 3           | 91.27          | 1.02         | 0.187          |
|                | <b>6</b>        | 37.74        | 3           | 92.59          | 0.92         | 0.202          |
|                | <b>7</b>        | 35.84        | 4           | 94.43          | 1.21         | 0.242          |
|                | <b>Promedio</b> | <b>39.14</b> | <b>3.71</b> | <b>94.31</b>   | <b>1.00</b>  | <b>0.210</b>   |

## 2.2 Calidad de huevo con inclusión de 0.01% de extracto de palillo (T2)

| Almacenamiento | Repetición      | Índice yema  | Color       | Unidades Haugh | Peso cáscara | Grosor cáscara |
|----------------|-----------------|--------------|-------------|----------------|--------------|----------------|
| <b>Día 0</b>   | <b>1</b>        | 47.83        | 4           | 97.71          | 0.93         | 0.192          |
|                | <b>2</b>        | 51.11        | 4           | 101.00         | 1.13         | 0.187          |
|                | <b>3</b>        | 47.73        | 4           | 91.96          | 1.06         | 0.185          |
|                | <b>4</b>        | 48.48        | 5           | 96.21          | 1.15         | 0.230          |
|                | <b>5</b>        | 50.00        | 4           | 94.78          | 1.00         | 0.240          |
|                | <b>6</b>        | 46.94        | 4           | 96.80          | 1.06         | 0.230          |
|                | <b>7</b>        | 51.16        | 4           | 90.68          | 0.89         | 0.215          |
|                | <b>Promedio</b> | <b>49.04</b> | <b>4.14</b> | <b>95.59</b>   | <b>1.03</b>  | <b>0.211</b>   |
| <b>Día 4</b>   | <b>1</b>        | 48.00        | 4           | 99.02          | 1.06         | 0.232          |
|                | <b>2</b>        | 47.83        | 4           | 97.40          | 1.06         | 0.207          |
|                | <b>3</b>        | 46.94        | 4           | 94.95          | 1.03         | 0.232          |
|                | <b>4</b>        | 41.67        | 5           | 90.17          | 0.91         | 0.222          |
|                | <b>5</b>        | 42.31        | 4           | 91.96          | 1.07         | 0.232          |
|                | <b>6</b>        | 41.51        | 4           | 97.54          | 0.95         | 0.222          |
|                | <b>7</b>        | 42.00        | 4           | 94.95          | 1.00         | 0.225          |
|                | <b>Promedio</b> | <b>44.32</b> | <b>4.14</b> | <b>95.14</b>   | <b>1.01</b>  | <b>0.225</b>   |
| <b>Día 8</b>   | <b>1</b>        | 39.22        | 4           | 89.54          | 0.95         | 0.227          |
|                | <b>2</b>        | 37.74        | 4           | 89.45          | 1.02         | 0.205          |
|                | <b>3</b>        | 44.00        | 4           | 89.56          | 0.95         | 0.215          |
|                | <b>4</b>        | 41.18        | 3           | 97.12          | 0.90         | 0.175          |
|                | <b>5</b>        | 35.85        | 5           | 86.62          | 0.98         | 0.210          |
|                | <b>6</b>        | 36.36        | 4           | 91.91          | 0.92         | 0.200          |
|                | <b>7</b>        | 35.85        | 4           | 89.58          | 1.21         | 0.182          |
|                | <b>Promedio</b> | <b>38.60</b> | <b>4.00</b> | <b>90.54</b>   | <b>0.99</b>  | <b>0.202</b>   |



### 2.3 Calidad de huevo con inclusión de 0.02% de extracto de palillo (T3)

| Almacenamiento | Repetición      | Índice yema  | Color       | Unidades Haugh | Peso cáscara | Grosor cáscara |
|----------------|-----------------|--------------|-------------|----------------|--------------|----------------|
| <b>Día 0</b>   | <b>1</b>        | 51.02        | 4           | 100.85         | 1.09         | 0.197          |
|                | <b>2</b>        | 52.27        | 4           | 97.42          | 1.07         | 0.197          |
|                | <b>3</b>        | 48.84        | 5           | 97.61          | 0.96         | 0.202          |
|                | <b>4</b>        | 51.11        | 4           | 99.78          | 1.05         | 0.202          |
|                | <b>5</b>        | 52.17        | 4           | 99.61          | 1.05         | 0.230          |
|                | <b>6</b>        | 48.84        | 5           | 90.90          | 0.93         | 0.200          |
|                | <b>7</b>        | 52.00        | 5           | 96.40          | 1.12         | 0.230          |
|                | <b>Promedio</b> | <b>50.84</b> | <b>4.40</b> | <b>97.44</b>   | <b>1.04</b>  | <b>0.213</b>   |
| <b>Día 4</b>   | <b>1</b>        | 40.82        | 5           | 97.81          | 0.94         | 0.178          |
|                | <b>2</b>        | 44.68        | 5           | 90.06          | 1.07         | 0.230          |
|                | <b>3</b>        | 47.92        | 5           | 99.51          | 0.93         | 0.217          |
|                | <b>4</b>        | 39.22        | 6           | 93.39          | 0.93         | 0.205          |
|                | <b>5</b>        | 46.00        | 5           | 92.30          | 0.94         | 0.240          |
|                | <b>6</b>        | 45.83        | 4           | 90.85          | 1.00         | 0.242          |
|                | <b>7</b>        | 41.51        | 5           | 96.47          | 1.15         | 0.247          |
|                | <b>Promedio</b> | <b>43.84</b> | <b>4.80</b> | <b>94.04</b>   | <b>1.02</b>  | <b>0.219</b>   |
| <b>Día 8</b>   | <b>1</b>        | 37.74        | 4           | 91.45          | 1.17         | 0.240          |
|                | <b>2</b>        | 35.19        | 4           | 92.02          | 1.10         | 0.197          |
|                | <b>3</b>        | 38.00        | 4           | 97.38          | 0.98         | 0.217          |
|                | <b>4</b>        | 35.85        | 5           | 94.68          | 0.87         | 0.185          |
|                | <b>5</b>        | 41.82        | 5           | 96.34          | 1.12         | 0.247          |
|                | <b>6</b>        | 40.82        | 5           | 93.90          | 1.25         | 0.210          |
|                | <b>7</b>        | 38.00        | 4           | 97.17          | 1.11         | 0.210          |
|                | <b>Promedio</b> | <b>38.15</b> | <b>4.40</b> | <b>94.82</b>   | <b>1.08</b>  | <b>0.215</b>   |

## 2.4 Calidad de huevo con inclusión de 0.03% de extracto de palillo (T4)

| Almacenamiento | Repetición      | Índice yema  | Color       | Unidades Haugh | Peso cáscara | Grosor cáscara |
|----------------|-----------------|--------------|-------------|----------------|--------------|----------------|
| Día 0          | 1               | 53.33        | 4           | 101.50         | 1.09         | 0.215          |
|                | 2               | 47.83        | 4           | 101.48         | 1.05         | 0.217          |
|                | 3               | 52.17        | 4           | 99.42          | 1.03         | 0.210          |
|                | 4               | 51.06        | 4           | 101.38         | 1.07         | 0.230          |
|                | 5               | 43.75        | 3           | 97.15          | 1.01         | 0.210          |
|                | 6               | 45.83        | 4           | 99.07          | 1.00         | 0.220          |
|                | 7               | 45.65        | 4           | 97.06          | 1.07         | 0.237          |
|                | <b>Promedio</b> | <b>48.52</b> | <b>3.86</b> | <b>99.58</b>   | <b>1.05</b>  | <b>0.220</b>   |
| Día 4          | 1               | 42.86        | 4           | 99.35          | 0.99         | 0.212          |
|                | 2               | 46.00        | 5           | 100.73         | 1.16         | 0.235          |
|                | 3               | 42.55        | 4           | 96.60          | 1.10         | 0.230          |
|                | 4               | 44.90        | 4           | 96.61          | 1.04         | 0.217          |
|                | 5               | 41.18        | 4           | 96.52          | 1.15         | 0.240          |
|                | 6               | 42.31        | 4           | 94.26          | 1.02         | 0.225          |
|                | 7               | 40.00        | 5           | 97.15          | 0.99         | 0.220          |
|                | <b>Promedio</b> | <b>42.83</b> | <b>4.29</b> | <b>97.32</b>   | <b>1.06</b>  | <b>0.226</b>   |
| Día 8          | 1               | 37.04        | 4           | 96.55          | 1.01         | 0.220          |
|                | 2               | 36.36        | 4           | 92.75          | 0.85         | 0.190          |
|                | 3               | 40.38        | 4           | 89.38          | 0.99         | 0.222          |
|                | 4               | 35.85        | 3           | 86.54          | 1.04         | 0.205          |
|                | 5               | 32.86        | 4           | 87.20          | 1.05         | 0.230          |
|                | 6               | 32.73        | 4           | 87.38          | 1.15         | 0.236          |
|                | 7               | 37.03        | 5           | 94.53          | 0.98         | 0.215          |
|                | <b>Promedio</b> | <b>36.04</b> | <b>4.00</b> | <b>90.62</b>   | <b>1.01</b>  | <b>0.217</b>   |

## 2.5 Calidad de huevo con inclusión de 0.04% de extracto de palillo (T5)

| Almacenamiento | Repetición      | Índice yema  | Color       | Unidades Haugh | Peso cáscara | Grosor cáscara |
|----------------|-----------------|--------------|-------------|----------------|--------------|----------------|
| <b>Día 0</b>   | <b>1</b>        | 50.00        | 5           | 96.43          | 1.24         | 0.227          |
|                | <b>2</b>        | 55.81        | 4           | 101.52         | 1.04         | 0.180          |
|                | <b>3</b>        | 46.81        | 5           | 99.29          | 0.94         | 0.167          |
|                | <b>4</b>        | 48.94        | 4           | 98.80          | 1.08         | 0.230          |
|                | <b>5</b>        | 50.00        | 4           | 97.12          | 0.96         | 0.220          |
|                | <b>6</b>        | 44.90        | 5           | 94.60          | 0.94         | 0.200          |
|                | <b>7</b>        | 47.92        | 6           | 98.93          | 1.13         | 0.200          |
|                | <b>Promedio</b> | <b>49.20</b> | <b>4.71</b> | <b>98.10</b>   | <b>1.05</b>  | <b>0.203</b>   |
| <b>Día 4</b>   | <b>1</b>        | 46.94        | 5           | 95.90          | 1.12         | 0.220          |
|                | <b>2</b>        | 42.86        | 4           | 95.12          | 0.90         | 0.200          |
|                | <b>3</b>        | 46.00        | 4           | 99.32          | 1.06         | 0.217          |
|                | <b>4</b>        | 39.22        | 4           | 89.06          | 0.86         | 0.180          |
|                | <b>5</b>        | 45.10        | 4           | 95.04          | 1.02         | 0.200          |
|                | <b>6</b>        | 42.31        | 5           | 90.96          | 1.08         | 0.207          |
|                | <b>7</b>        | 42.00        | 5           | 90.14          | 0.88         | 0.207          |
|                | <b>Promedio</b> | <b>43.49</b> | <b>4.43</b> | <b>93.65</b>   | <b>0.99</b>  | <b>0.204</b>   |
| <b>Día 8</b>   | <b>1</b>        | 40.00        | 5           | 92.95          | 1.04         | 0.227          |
|                | <b>2</b>        | 39.22        | 5           | 89.65          | 0.97         | 0.237          |
|                | <b>3</b>        | 35.71        | 5           | 88.80          | 1.07         | 0.210          |
|                | <b>4</b>        | 38.60        | 5           | 93.78          | 1.12         | 0.238          |
|                | <b>5</b>        | 39.62        | 5           | 89.17          | 1.14         | 0.217          |
|                | <b>6</b>        | 38.46        | 4           | 86.95          | 1.03         | 0.245          |
|                | <b>7</b>        | 40.74        | 4           | 88.81          | 0.96         | 0.200          |
|                | <b>Promedio</b> | <b>38.91</b> | <b>4.71</b> | <b>90.02</b>   | <b>1.05</b>  | <b>0.225</b>   |

**Anexo III. Estabilidad oxidativa, medida como  $\mu\text{gMDA/gYema}$ , según tiempo de almacenaje, edad de la codorniz e inclusión de extracto de palillo**

| Repetición | Día 0 | Día 4 | Día 8 | Día 0 | Día 4 | Día 8 | Día 0 | Día 4 | Día 8 | Día 0 | Día 4 | Día 8 |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|            | 16-C  | 16-C  | 16-C  | 16-T  | 16-T  | 16-T  | 52-C  | 52-C  | 52-C  | 52-T  | 52-T  | 52-T  |
| 1          | 0.888 | 0.672 | 0.701 | 0.518 | 0.489 | 0.642 | 0.81  | 0.722 | 0.784 | 0.940 | 0.784 | 0.822 |
| 2          | 0.560 | 0.685 | 0.707 | 0.531 | 0.582 | 0.667 | 0.54  | 0.723 | 0.792 | 0.574 | 0.588 | 0.875 |
| 3          | 0.586 | 0.692 | 0.709 | 0.534 | 0.611 | 0.693 | 0.55  | 0.724 | 0.844 | 0.578 | 0.673 | 0.908 |
| 4          | 0.614 | 0.693 | 0.710 | 0.538 | 0.635 | 0.718 | 0.68  | 0.725 | 0.986 | 0.579 | 0.700 | 0.915 |
| 5          | 0.620 | 0.702 | 0.728 | 0.565 | 0.692 | 0.722 | 0.72  | 0.726 | 0.995 | 0.613 | 0.720 | 0.916 |
| 6          | 0.661 | 0.707 | 0.731 | 0.657 | 0.739 | 0.722 | 0.74  | 0.780 | 1.017 | 0.642 | 0.744 | 0.969 |
| 7          | 0.727 | 0.711 | 0.762 | 0.750 | 0.750 | 0.731 | 0.75  | 0.782 | 1.036 | 0.696 | 0.762 | 1.033 |
| 8          | 0.757 | 0.735 | 0.789 | 0.786 | 0.751 | 0.743 | 0.79  | 0.783 | 1.055 | 0.749 | 0.768 | 1.044 |
| 9          | 0.764 | 0.742 | 0.791 | 0.791 | 0.775 | 0.755 | 0.82  | 0.809 | 1.125 | 0.780 | 0.775 | 1.047 |
| 10         | 0.792 | 0.809 | 0.794 | 0.809 | 0.789 | 0.763 | 0.88  | 0.884 | 1.206 | 0.807 | 0.906 | 1.051 |

*Tiempo de almacenaje: 0 días, 4 días y 8 días; Edad de codorniz: 16 semanas de vida y 52 semanas de vida; Inclusión de extracto de palillo: C: ración control y T: ración con 0.02% de extracto de palillo.*

## Anexo IV.Respuesta productiva semanal

### 4.1 Consumo promediario de alimento por codorniz

| Tratamiento | Repetición      | Semana       |              |              |              |              |              |              |
|-------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|             |                 | 1            | 2            | 3            | 4            | 5            | 6            | 7            |
| <b>T1</b>   | <b>1</b>        | 26.31        | 28.40        | 27.86        | 27.54        | 27.14        | 26.74        | 26.91        |
|             | <b>2</b>        | 26.40        | 28.31        | 27.26        | 27.14        | 26.74        | 26.03        | 26.26        |
|             | <b>3</b>        | 26.34        | 27.86        | 27.46        | 27.34        | 27.11        | 26.54        | 26.43        |
|             | <b>4</b>        | 26.09        | 28.43        | 27.54        | 26.82        | 26.11        | 25.29        | 26.18        |
|             | <b>Promedio</b> | <b>26.29</b> | <b>28.25</b> | <b>27.53</b> | <b>27.21</b> | <b>26.78</b> | <b>26.15</b> | <b>26.44</b> |
| <b>T2</b>   | <b>1</b>        | 25.54        | 28.29        | 27.89        | 26.68        | 26.54        | 26.93        | 26.71        |
|             | <b>2</b>        | 26.46        | 27.34        | 27.43        | 27.46        | 27.34        | 26.11        | 26.11        |
|             | <b>3</b>        | 25.63        | 27.69        | 27.34        | 27.11        | 26.79        | 26.75        | 26.14        |
|             | <b>4</b>        | 25.97        | 27.60        | 27.29        | 27.34        | 27.51        | 27.09        | 27.31        |
|             | <b>Promedio</b> | <b>25.90</b> | <b>27.73</b> | <b>27.49</b> | <b>27.15</b> | <b>27.04</b> | <b>26.72</b> | <b>26.57</b> |
| <b>T3</b>   | <b>1</b>        | 25.23        | 26.63        | 26.80        | 26.94        | 26.74        | 26.23        | 26.89        |
|             | <b>2</b>        | 25.37        | 26.83        | 26.83        | 26.77        | 26.40        | 25.71        | 26.69        |
|             | <b>3</b>        | 25.69        | 26.77        | 27.03        | 26.91        | 27.09        | 26.00        | 26.40        |
|             | <b>4</b>        | 25.91        | 26.49        | 26.71        | 26.74        | 26.63        | 26.00        | 26.77        |
|             | <b>Promedio</b> | <b>25.55</b> | <b>26.68</b> | <b>26.84</b> | <b>26.84</b> | <b>26.71</b> | <b>25.99</b> | <b>26.69</b> |
| <b>T4</b>   | <b>1</b>        | 26.23        | 28.31        | 28.31        | 27.83        | 27.11        | 26.69        | 25.94        |
|             | <b>2</b>        | 27.11        | 28.57        | 28.80        | 27.97        | 27.20        | 26.74        | 27.20        |
|             | <b>3</b>        | 26.57        | 28.46        | 27.63        | 27.54        | 26.97        | 26.86        | 26.46        |
|             | <b>4</b>        | 26.57        | 27.74        | 27.14        | 27.29        | 27.57        | 26.25        | 25.46        |
|             | <b>Promedio</b> | <b>26.62</b> | <b>28.27</b> | <b>27.97</b> | <b>27.66</b> | <b>27.21</b> | <b>26.63</b> | <b>26.27</b> |
| <b>T5</b>   | <b>1</b>        | 26.51        | 28.86        | 27.40        | 27.31        | 27.54        | 25.46        | 24.75        |
|             | <b>2</b>        | 26.14        | 27.29        | 27.14        | 27.00        | 26.89        | 26.43        | 25.86        |
|             | <b>3</b>        | 26.57        | 28.00        | 27.23        | 26.32        | 26.46        | 25.39        | 25.39        |
|             | <b>4</b>        | 26.57        | 27.51        | 27.17        | 27.03        | 26.60        | 25.91        | 26.14        |
|             | <b>Promedio</b> | <b>26.45</b> | <b>27.91</b> | <b>27.24</b> | <b>26.92</b> | <b>26.87</b> | <b>25.80</b> | <b>25.54</b> |

T1: Dieta basal; T2: Dieta basal con 0.01% de extracto de palillo; T3: Dieta basal con 0.02% de extracto de palillo; T4: Dieta basal con 0.03% de extracto de palillo; T5: Dieta basal con 0.04% de extracto de palillo.

## 4.2 Peso promedio de huevo por semana

| Tratamiento | Repetición      | Semana       |              |              |              |              |              |              |
|-------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|             |                 | 1            | 2            | 3            | 4            | 5            | 6            | 7            |
| T1          | 1               | 11.87        | 12.07        | 12.06        | 12.25        | 12.27        | 12.53        | 12.28        |
|             | 2               | 11.44        | 11.74        | 11.52        | 11.61        | 11.68        | 11.43        | 11.46        |
|             | 3               | 12.03        | 11.94        | 11.76        | 11.97        | 11.94        | 12.00        | 11.85        |
|             | 4               | 11.87        | 11.83        | 11.95        | 11.92        | 11.53        | 11.68        | 11.56        |
|             | <b>Promedio</b> | <b>11.80</b> | <b>11.90</b> | <b>11.82</b> | <b>11.94</b> | <b>11.86</b> | <b>11.91</b> | <b>11.79</b> |
| T2          | 1               | 11.67        | 11.89        | 11.98        | 12.09        | 12.00        | 12.04        | 11.90        |
|             | 2               | 11.95        | 12.10        | 12.01        | 11.98        | 11.79        | 11.57        | 11.24        |
|             | 3               | 12.15        | 11.99        | 11.89        | 11.98        | 11.91        | 11.90        | 11.73        |
|             | 4               | 11.17        | 11.47        | 11.42        | 11.38        | 11.29        | 11.34        | 11.22        |
|             | <b>Promedio</b> | <b>11.73</b> | <b>11.86</b> | <b>11.83</b> | <b>11.86</b> | <b>11.75</b> | <b>11.71</b> | <b>11.52</b> |
| T3          | 1               | 11.70        | 11.91        | 12.02        | 12.19        | 12.05        | 11.82        | 11.69        |
|             | 2               | 12.33        | 12.48        | 12.42        | 12.72        | 12.36        | 12.50        | 12.50        |
|             | 3               | 12.08        | 12.36        | 12.46        | 12.56        | 12.37        | 12.46        | 12.12        |
|             | 4               | 11.61        | 11.63        | 11.46        | 11.41        | 11.49        | 11.53        | 11.32        |
|             | <b>Promedio</b> | <b>11.93</b> | <b>12.10</b> | <b>12.09</b> | <b>12.22</b> | <b>12.07</b> | <b>12.08</b> | <b>11.91</b> |
| T4          | 1               | 11.84        | 11.87        | 11.80        | 11.87        | 11.73        | 11.78        | 11.50        |
|             | 2               | 11.98        | 12.07        | 12.27        | 12.30        | 12.40        | 12.26        | 11.99        |
|             | 3               | 11.61        | 11.92        | 11.87        | 11.87        | 11.83        | 11.84        | 11.66        |
|             | 4               | 11.99        | 11.92        | 11.66        | 12.02        | 11.95        | 12.07        | 11.94        |
|             | <b>Promedio</b> | <b>11.86</b> | <b>11.94</b> | <b>11.90</b> | <b>12.01</b> | <b>11.98</b> | <b>11.99</b> | <b>11.77</b> |
| T5          | 1               | 11.77        | 11.77        | 11.72        | 11.81        | 12.15        | 11.95        | 11.52        |
|             | 2               | 11.46        | 11.50        | 11.47        | 11.60        | 11.46        | 11.42        | 11.26        |
|             | 3               | 12.49        | 12.20        | 12.14        | 11.88        | 11.83        | 11.98        | 11.93        |
|             | 4               | 11.65        | 11.93        | 11.83        | 11.78        | 11.79        | 11.82        | 11.56        |
|             | <b>Promedio</b> | <b>11.84</b> | <b>11.85</b> | <b>11.79</b> | <b>11.77</b> | <b>11.81</b> | <b>11.80</b> | <b>11.57</b> |

T1: Dieta basal; T2: Dieta basal con 0.01% de extracto de palillo; T3: Dieta basal con 0.02% de extracto de palillo; T4: Dieta basal con 0.03% de extracto de palillo; T5: Dieta basal con 0.04% de extracto de palillo.

### 4.3 Porcentaje de postura semanal

| Tratamiento | Repetición      | Semana       |              |              |               |               |              |              |
|-------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|--------------|--------------|
|             |                 | 1            | 2            | 3            | 4             | 5             | 6            | 7            |
| <b>T1</b>   | <b>1</b>        | 100.00       | 102.86       | 97.14        | 97.14         | 94.29         | 100.00       | 100.00       |
|             | <b>2</b>        | 80.00        | 102.86       | 94.29        | 97.14         | 100.00        | 77.14        | 97.14        |
|             | <b>3</b>        | 88.57        | 97.14        | 100.00       | 100.00        | 100.00        | 100.00       | 100.00       |
|             | <b>4</b>        | 97.14        | 85.71        | 77.14        | 89.29         | 96.43         | 100.00       | 100.00       |
|             | <b>Promedio</b> | <b>91.43</b> | <b>97.14</b> | <b>92.14</b> | <b>95.89</b>  | <b>97.68</b>  | <b>94.29</b> | <b>99.29</b> |
| <b>T2</b>   | <b>1</b>        | 97.14        | 80.00        | 80.00        | 100.00        | 85.71         | 75.00        | 75.00        |
|             | <b>2</b>        | 100.00       | 100.00       | 100.00       | 100.00        | 91.43         | 107.14       | 89.29        |
|             | <b>3</b>        | 91.43        | 80.00        | 80.00        | 100.00        | 100.00        | 100.00       | 100.00       |
|             | <b>4</b>        | 100.00       | 100.00       | 100.00       | 100.00        | 100.00        | 100.00       | 100.00       |
|             | <b>Promedio</b> | <b>97.14</b> | <b>90.00</b> | <b>90.00</b> | <b>100.00</b> | <b>94.29</b>  | <b>95.54</b> | <b>91.07</b> |
| <b>T3</b>   | <b>1</b>        | 77.14        | 97.14        | 88.57        | 97.14         | 100.00        | 100.00       | 100.00       |
|             | <b>2</b>        | 82.86        | 100.00       | 100.00       | 100.00        | 100.00        | 100.00       | 100.00       |
|             | <b>3</b>        | 102.86       | 97.14        | 94.29        | 91.43         | 97.14         | 94.29        | 94.29        |
|             | <b>4</b>        | 97.14        | 100.00       | 102.86       | 97.14         | 102.86        | 100.00       | 100.00       |
|             | <b>Promedio</b> | <b>90.00</b> | <b>98.57</b> | <b>96.43</b> | <b>96.43</b>  | <b>100.00</b> | <b>98.57</b> | <b>98.57</b> |
| <b>T4</b>   | <b>1</b>        | 91.43        | 97.14        | 100.00       | 100.00        | 100.00        | 100.00       | 100.00       |
|             | <b>2</b>        | 77.14        | 80.00        | 80.00        | 100.00        | 94.29         | 91.43        | 97.14        |
|             | <b>3</b>        | 88.57        | 80.00        | 94.29        | 100.00        | 91.43         | 102.86       | 97.14        |
|             | <b>4</b>        | 100.00       | 100.00       | 85.71        | 100.00        | 100.00        | 96.43        | 100.00       |
|             | <b>Promedio</b> | <b>89.29</b> | <b>89.29</b> | <b>90.00</b> | <b>100.00</b> | <b>96.43</b>  | <b>97.68</b> | <b>98.57</b> |
| <b>T5</b>   | <b>1</b>        | 71.43        | 80.00        | 102.86       | 94.29         | 96.43         | 103.57       | 92.86        |
|             | <b>2</b>        | 102.86       | 100.00       | 100.00       | 100.00        | 100.00        | 97.14        | 100.00       |
|             | <b>3</b>        | 88.57        | 80.00        | 80.00        | 89.29         | 92.86         | 96.43        | 100.00       |
|             | <b>4</b>        | 94.29        | 100.00       | 100.00       | 97.14         | 100.00        | 100.00       | 97.14        |
|             | <b>Promedio</b> | <b>89.29</b> | <b>90.00</b> | <b>95.71</b> | <b>95.18</b>  | <b>97.32</b>  | <b>99.29</b> | <b>97.50</b> |

T1: Dieta basal; T2: Dieta basal con 0.01% de extracto de palillo; T3: Dieta basal con 0.02% de extracto de palillo; T4: Dieta basal con 0.03% de extracto de palillo; T5: Dieta basal con 0.04% de extracto de palillo.

#### 4.4 Masa de huevo semanal producida por cada repetición

| Tratamiento | Repetición      | Semana        |               |               |               |               |               |               |
|-------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|             |                 | 1             | 2             | 3             | 4             | 5             | 6             | 7             |
| T1          | 1               | 296.86        | 310.34        | 293.39        | 297.44        | 289.65        | 313.29        | 307.07        |
|             | 2               | 228.86        | 302.04        | 271.50        | 282.00        | 292.07        | 220.64        | 278.43        |
|             | 3               | 266.07        | 289.60        | 293.79        | 299.14        | 298.57        | 299.93        | 296.29        |
|             | 4               | 288.07        | 253.64        | 230.36        | 212.50        | 222.50        | 233.64        | 231.29        |
|             | <b>Promedio</b> | <b>269.96</b> | <b>288.91</b> | <b>272.26</b> | <b>272.77</b> | <b>275.70</b> | <b>266.88</b> | <b>278.27</b> |
| T2          | 1               | 283.43        | 237.71        | 239.57        | 241.71        | 205.71        | 180.57        | 178.43        |
|             | 2               | 298.79        | 302.43        | 300.29        | 299.57        | 269.91        | 248.09        | 201.57        |
|             | 3               | 277.86        | 240.19        | 237.82        | 239.50        | 238.14        | 238.07        | 234.57        |
|             | 4               | 279.14        | 286.79        | 285.57        | 284.50        | 282.29        | 283.57        | 280.57        |
|             | <b>Promedio</b> | <b>284.80</b> | <b>266.78</b> | <b>265.81</b> | <b>266.32</b> | <b>249.01</b> | <b>237.58</b> | <b>223.79</b> |
| T3          | 1               | 226.71        | 288.30        | 266.31        | 297.14        | 301.10        | 295.57        | 292.36        |
|             | 2               | 255.71        | 312.84        | 310.57        | 318.00        | 309.07        | 312.50        | 312.50        |
|             | 3               | 310.79        | 300.29        | 293.56        | 286.39        | 300.50        | 293.57        | 285.46        |
|             | 4               | 282.14        | 290.79        | 294.61        | 276.89        | 295.40        | 288.21        | 282.93        |
|             | <b>Promedio</b> | <b>268.84</b> | <b>298.05</b> | <b>291.26</b> | <b>294.60</b> | <b>301.52</b> | <b>297.46</b> | <b>293.31</b> |
| T4          | 1               | 270.43        | 288.06        | 295.07        | 296.64        | 293.14        | 294.50        | 287.43        |
|             | 2               | 231.43        | 240.86        | 245.36        | 307.43        | 291.72        | 280.00        | 291.29        |
|             | 3               | 257.20        | 237.71        | 279.86        | 296.84        | 269.99        | 304.36        | 283.21        |
|             | 4               | 299.86        | 298.02        | 250.73        | 240.21        | 239.07        | 232.76        | 238.86        |
|             | <b>Promedio</b> | <b>264.73</b> | <b>266.16</b> | <b>267.75</b> | <b>285.28</b> | <b>273.48</b> | <b>277.90</b> | <b>275.20</b> |
| T5          | 1               | 210.43        | 235.36        | 302.01        | 278.46        | 234.14        | 247.64        | 213.79        |
|             | 2               | 294.57        | 287.43        | 286.79        | 290.00        | 286.43        | 277.45        | 281.50        |
|             | 3               | 276.82        | 244.07        | 242.86        | 211.71        | 219.86        | 231.07        | 238.57        |
|             | 4               | 274.45        | 298.14        | 295.79        | 286.14        | 294.79        | 295.57        | 280.57        |
|             | <b>Promedio</b> | <b>264.07</b> | <b>266.25</b> | <b>281.86</b> | <b>266.58</b> | <b>258.80</b> | <b>262.93</b> | <b>253.61</b> |

T1: Dieta basal; T2: Dieta basal con 0.01% de extracto de palillo; T3: Dieta basal con 0.02% de extracto de palillo; T4: Dieta basal con 0.03% de extracto de palillo; T5: Dieta basal con 0.04% de extracto de palillo.



#### 4.5 Conversión alimenticia semanal de cada repetición según tratamiento

| Tratamiento | Repetición      | Semana      |             |             |             |             |             |             |
|-------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|             |                 | 1           | 2           | 3           | 4           | 5           | 6           | 7           |
| T1          | 1               | 3.10        | 3.20        | 3.32        | 3.24        | 3.28        | 2.99        | 3.07        |
|             | 2               | 4.04        | 3.28        | 3.51        | 3.37        | 3.20        | 4.13        | 3.30        |
|             | 3               | 3.47        | 3.37        | 3.27        | 3.20        | 3.18        | 3.10        | 3.12        |
|             | 4               | 3.17        | 3.92        | 4.18        | 3.53        | 3.29        | 3.03        | 3.17        |
|             | <b>Promedio</b> | <b>3.44</b> | <b>3.44</b> | <b>3.57</b> | <b>3.34</b> | <b>3.24</b> | <b>3.31</b> | <b>3.16</b> |
| T2          | 1               | 3.15        | 4.16        | 4.07        | 3.09        | 3.61        | 4.18        | 4.19        |
|             | 2               | 3.10        | 3.16        | 3.20        | 3.21        | 3.55        | 2.95        | 3.63        |
|             | 3               | 3.23        | 4.03        | 4.02        | 3.17        | 3.15        | 3.15        | 3.12        |
|             | 4               | 3.26        | 3.37        | 3.34        | 3.36        | 3.41        | 3.34        | 3.41        |
|             | <b>Promedio</b> | <b>3.18</b> | <b>3.68</b> | <b>3.66</b> | <b>3.21</b> | <b>3.43</b> | <b>3.40</b> | <b>3.59</b> |
| T3          | 1               | 3.89        | 3.23        | 3.52        | 3.17        | 3.11        | 3.11        | 3.22        |
|             | 2               | 3.47        | 3.00        | 3.02        | 2.95        | 2.99        | 2.88        | 2.99        |
|             | 3               | 2.89        | 3.12        | 3.22        | 3.29        | 3.15        | 3.10        | 3.24        |
|             | 4               | 3.21        | 3.19        | 3.17        | 3.38        | 3.16        | 3.16        | 3.31        |
|             | <b>Promedio</b> | <b>3.37</b> | <b>3.14</b> | <b>3.24</b> | <b>3.20</b> | <b>3.10</b> | <b>3.06</b> | <b>3.19</b> |
| T4          | 1               | 3.39        | 3.44        | 3.36        | 3.28        | 3.24        | 3.17        | 3.16        |
|             | 2               | 4.10        | 4.15        | 4.11        | 3.18        | 3.26        | 3.34        | 3.27        |
|             | 3               | 3.62        | 4.19        | 3.46        | 3.25        | 3.50        | 3.09        | 3.27        |
|             | 4               | 3.10        | 3.26        | 3.79        | 3.18        | 3.23        | 3.16        | 2.99        |
|             | <b>Promedio</b> | <b>3.55</b> | <b>3.76</b> | <b>3.68</b> | <b>3.22</b> | <b>3.31</b> | <b>3.19</b> | <b>3.17</b> |
| T5          | 1               | 4.41        | 4.29        | 3.18        | 3.43        | 3.29        | 2.88        | 3.24        |
|             | 2               | 3.11        | 3.32        | 3.31        | 3.26        | 3.29        | 3.33        | 3.21        |
|             | 3               | 3.36        | 4.02        | 3.92        | 3.48        | 3.37        | 3.08        | 2.98        |
|             | 4               | 3.39        | 3.23        | 3.22        | 3.31        | 3.16        | 3.07        | 3.26        |
|             | <b>Promedio</b> | <b>3.57</b> | <b>3.71</b> | <b>3.41</b> | <b>3.37</b> | <b>3.28</b> | <b>3.09</b> | <b>3.17</b> |

T1: Dieta basal; T2: Dieta basal con 0.01% de extracto de palillo; T3: Dieta basal con 0.02% de extracto de palillo; T4: Dieta basal con 0.03% de extracto de palillo; T5: Dieta basal con 0.04% de extracto de palillo.

#### 4.6 Conversión alimenticia acumulada

| <b>Tratamiento</b> | <b>Repetición</b> | <b>Valor</b> |
|--------------------|-------------------|--------------|
| <b>T1</b>          | 1                 | 3.17         |
|                    | 2                 | 3.51         |
|                    | 3                 | 3.24         |
|                    | 4                 | 3.47         |
|                    | <b>Promedio</b>   | <b>3.35</b>  |
| <b>T2</b>          | 1                 | 3.73         |
|                    | 2                 | 3.24         |
|                    | 3                 | 3.41         |
|                    | 4                 | 3.36         |
|                    | <b>Promedio</b>   | <b>3.43</b>  |
| <b>T3</b>          | 1                 | 3.30         |
|                    | 2                 | 3.03         |
|                    | 3                 | 3.14         |
|                    | 4                 | 3.22         |
|                    | <b>Promedio</b>   | <b>3.17</b>  |
| <b>T4</b>          | 1                 | 3.29         |
|                    | 2                 | 3.59         |
|                    | 3                 | 3.46         |
|                    | 4                 | 3.24         |
|                    | <b>Promedio</b>   | <b>3.39</b>  |
| <b>T5</b>          | 1                 | 3.50         |
|                    | 2                 | 3.26         |
|                    | 3                 | 3.46         |
|                    | 4                 | 3.23         |
|                    | <b>Promedio</b>   | <b>3.36</b>  |

T1: Dieta basal; T2: Dieta basal con 0.01% de extracto de palillo; T3: Dieta basal con 0.02% de extracto de palillo; T4: Dieta basal con 0.03% de extracto de palillo; T5: Dieta basal con 0.04% de extracto de palillo.

## Anexo V. Resultados semanales de huevos no comerciales

### 5.1 Resultados de huevos en fárfara

|              | <b>T1</b> | <b>T2</b> | <b>T3</b> | <b>T4</b> | <b>T5</b> |
|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Semana 1     | 0         | 2         | 2         | 0         | 1         |
| Semana 2     | 2         | 2         | 0         | 4         | 1         |
| Semana 3     | 2         | 1         | 6         | 1         | 1         |
| Semana 4     | 2         | 0         | 2         | 1         | 2         |
| Semana 5     | 1         | 4         | 2         | 3         | 3         |
| Semana 6     | 1         | 2         | 0         | 2         | 2         |
| Semana 7     | 1         | 3         | 1         | 1         | 2         |
| <b>Total</b> | <b>9</b>  | <b>14</b> | <b>13</b> | <b>12</b> | <b>12</b> |

T1: Dieta basal; T2: Dieta basal con 0.01% de extracto de palillo; T3: Dieta basal con 0.02% de extracto de palillo; T4: Dieta basal con 0.03% de extracto de palillo; T5: Dieta basal con 0.04% de extracto de palillo.

## 5.2 Resultados de huevos rotos

|              | <b>T1</b> | <b>T2</b> | <b>T3</b> | <b>T4</b> | <b>T5</b> |
|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Semana 1     | 0         | 0         | 0         | 0         | 1         |
| Semana 2     | 0         | 0         | 0         | 1         | 0         |
| Semana 3     | 0         | 0         | 0         | 0         | 1         |
| Semana 4     | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         |
| Semana 5     | 1         | 0         | 0         | 0         | 0         |
| Semana 6     | 0         | 0         | 0         | 0         | 1         |
| Semana 7     | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         |
| <b>Total</b> | <b>1</b>  | <b>0</b>  | <b>0</b>  | <b>1</b>  | <b>3</b>  |

T1: Dieta basal; T2: Dieta basal con 0.01% de extracto de palillo; T3: Dieta basal con 0.02% de extracto de palillo; T4: Dieta basal con 0.03% de extracto de palillo; T5: Dieta basal con 0.04% de extracto de palillo.

## Anexo VI. Peso promedio inicial y final de las codornices

### 6.1 Peso inicial

|                 | <b>T1</b>     | <b>T2</b>     | <b>T3</b>     | <b>T4</b>     | <b>T5</b>     |
|-----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| <b>R1</b>       | 187.60        | 181.40        | 190.80        | 189.60        | 173.00        |
| <b>R2</b>       | 176.20        | 182.20        | 170.60        | 176.20        | 178.60        |
| <b>R3</b>       | 169.00        | 165.80        | 179.00        | 181.80        | 191.00        |
| <b>R4</b>       | 184.00        | 182.80        | 177.40        | 169.00        | 175.00        |
| <b>Promedio</b> | <b>179.20</b> | <b>178.05</b> | <b>179.45</b> | <b>179.15</b> | <b>179.40</b> |

T1: Dieta basal; T2: Dieta basal con 0.01% de extracto de palillo; T3: Dieta basal con 0.02% de extracto de palillo; T4: Dieta basal con 0.03% de extracto de palillo; T5: Dieta basal con 0.04% de extracto de palillo.

## 6.2 Peso final

|                 | <b>T1</b>     | <b>T2</b>     | <b>T3</b>     | <b>T4</b>     | <b>T5</b>     |
|-----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| <b>R1</b>       | 208.04        | 220.25        | 212.51        | 211.02        | 195.25        |
| <b>R2</b>       | 197.60        | 197.30        | 188.76        | 205.00        | 200.13        |
| <b>R3</b>       | 187.90        | 184.36        | 202.00        | 199.88        | 210.48        |
| <b>R4</b>       | 203.20        | 201.64        | 195.00        | 187.25        | 195.65        |
| <b>Promedio</b> | <b>199.19</b> | <b>200.89</b> | <b>199.57</b> | <b>200.79</b> | <b>200.38</b> |

T1: Dieta basal; T2: Dieta basal con 0.01% de extracto de palillo; T3: Dieta basal con 0.02% de extracto de palillo; T4: Dieta basal con 0.03% de extracto de palillo; T5: Dieta basal con 0.04% de extracto de palillo.

**Anexo VII. Temperaturas ambientales promedio leídas a nivel de jaulas experimentales**

| Semana | Temperatura |           |          |
|--------|-------------|-----------|----------|
|        | Mínima °C   | Máxima °C | Promedio |
| 1      | 19.52       | 21.20     | 20.36    |
| 2      | 20.35       | 21.62     | 20.99    |
| 3      | 21.62       | 22.75     | 22.19    |
| 4      | 21.82       | 23.14     | 22.48    |
| 5      | 21.74       | 22.83     | 22.29    |
| 6      | 22.10       | 23.31     | 22.71    |
| 7      | 22.23       | 23.50     | 22.87    |

### Anexo VIII. Mortalidad semanal

| Tratamientos | Semana |   |   |   |   |   |   |   | Total |
|--------------|--------|---|---|---|---|---|---|---|-------|
|              | 1      | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |       |
| <b>T1</b>    | 0      | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1     |
| <b>T2</b>    | 0      | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 | 4     |
| <b>T3</b>    | 0      | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0     |
| <b>T4</b>    | 0      | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2     |
| <b>T5</b>    | 0      | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 4     |

T1: Dieta basal; T2: Dieta basal con 0.01% de extracto de palillo; T3: Dieta basal con 0.02% de extracto de palillo; T4: Dieta basal con 0.03% de extracto de palillo; T5: Dieta basal con 0.04% de extracto de palillo.

-