

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA



**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE MÉDICO VETERINARIO
ZOOTECNISTA**

Efecto de la adición de pidolato de calcio en dietas de gallinas ponedoras
durante la semana 70 a 80 de edad sobre calidad de huevo

Área de Investigación:
Producción y Bienestar Animal

Autor:
Br. Liviapoma Flores, Luis Alberto

Jurado Evaluador:
Presidente: Castillo Soto, Wilson Lino.
Secretario: Rojas Paredes, Marco Antonio.
Vocal: Ortiz Tenorio, Luis Abraham.

Asesor:
Honorio Javes, César
Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8917-7085>

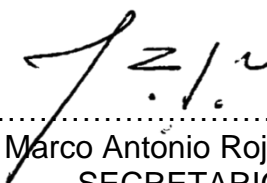
**Trujillo – Perú
2021**

Fecha de sustentación: 2020/12/22

La presente tesis ha sido revisada y aprobada por el siguiente jurado:



.....
Ing. Dr. Wilson Lino Castillo Soto
PRESIDENTE



.....
Ing. Marco Antonio Rojas Paredes
SECRETARIO



.....
MV. Mg. Luis Abraham Ortiz Tenorio
VOCAL



.....
Ing. Mg. César Eduardo Honorio Javes
ASESOR

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a Dios, por permitirme llegar hasta esta etapa y haberme brindado salud para conseguir mis objetivos y develar una solución frente las adversidades que se me presentaron.

A mi madre Mercedes Elena, y mi padre Obdulio gracias por el apoyo, perseverancia y constancia que los caracterizan y que infundieron en mí siempre, por el valor mostrado para salir adelante.

A mis hermanos Juan Carlos, Diego Martin y María Elena por estar siempre conmigo y apoyarme con una palabra que me alentaron a lograr mis metas.

AGRADECIMIENTO

A mi familia y amigos quienes siempre me mostraron su apoyo.

A mi asesor, el Ing. Mg. César Eduardo Honorio Javes, docente de la Escuela Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Privada Antenor Orrego, por su asesoramiento y apoyo en el desarrollo de mi investigación.

A mi jurado conformado por el Dr. Wilson Castillo Soto, M.V. Luis Ortiz Tenorio, Ing. Marco Rojas Paredes, por su tiempo y orientación en el perfeccionamiento de la investigación.

A los docentes de la Escuela Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Privada Antenor Orrego, por sus enseñanzas a lo largo de mis estudios universitarios.

ÍNDICE GENERAL

	Página
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE GENERAL	v
ÍNDICE DE CUADROS	vii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LA BIBLIOGRAFÍA.....	3
2.1. Generalidades de la gallina ponedora	3
2.2. El Huevo	4
2.2.1. Membranas	4
2.2.2. Cámara de aire.....	4
2.2.3. Chalazas	4
2.2.4. Capa mamilar	5
2.2.5. Composición de la clara.....	5
2.2.6. Ovoalbúmina	5
2.2.7. Formación del huevo	5
2.2.8. Estructura del huevo.....	7
2.3. Cáscara.....	8
2.4. Calidad del huevo	9
2.4.1. Calidad externa.....	9
2.4.2. Calidad interna.....	10
2.5. Pícolato de Calcio	11
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	14
3.1. Lugar de ejecución	14
3.2. Animales en estudio.....	14
3.3. Instalaciones	14
3.4. Manejo de las aves	14
3.5. Alimentación	15
3.6. Variable Independiente	15

3.7. Tratamientos	15
3.8. Variables dependientes.....	17
3.9. Metodología	17
IV. RESULTADOS	19
4.1. Peso de huevo	19
4.2. Altura de albumina	20
4.3. Unidades Haugh	21
4.4. Resistencia de la Ruptura (kgf)	22
4.5. Grosor de Cáscara	23
V. DISCUSIÓN	24
VI. CONCLUSIONES	27
VII. RECOMENDACIONES	28
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	29
IX. ANEXOS.....	34

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Peso y porcentaje de las partes del huevo.	8
Cuadro 2. Clasificación de huevos según las unidades Haugh.....	10
Cuadro 3. Composición porcentual y nutricional de dietas de gallinas ponedoras de la línea Hy-Line Brown a las 70 a 80 semanas.....	16
Cuadro 4. Peso promedio del huevo (g) al adicionar pidolato de calcio en la dieta de gallinas de postura, durante las 70 a 80 semanas de edad	19
Cuadro 5. Altura de albumina promedio (mm) usando pidolato de calcio en gallinas ponedoras, durante las 70 a 80 semanas de edad	20
Cuadro 6. Unidades Haugh promedio usando pidolato de calcio en gallinas ponedoras, durante las 70 a 80 semanas de edad.....	211
Cuadro 7. Resistencia a la ruptura promedio (kgf) usando pidolato de calcio en gallinas ponedoras, durante las 70 a 80 semanas de edad	222
Cuadro 8. Grosor de cáscara promedio (mm) usando pidolato de calcio en gallinas ponedoras, durante las 70 a 80 semanas de edad	233

ÍNDICE DE ANEXOS

	Página
Anexo 1. Base de datos sobre altura de albumina y peso.....	34
Anexo 2. Base de datos sobre grosor de cáscara y unidades Haugh.....	36
Anexo 3. Análisis de varianza.....	38
Anexo 4. Aplicación de pidolato de calcio granja Avipor S.A.C., Huanchaco	39
Anexo 5. Recolección de muestras de la granja Avipor SAC, Huanchaco.	39
Anexo 6. Determinando el peso del huevo utilizando el equipo DEP 600, laboratorio Montana S.A. Lima.	40

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de la adición de pidolato de calcio en dietas de gallinas ponedoras durante la semana 70 hasta la 80 de edad sobre la calidad de huevo. Se utilizaron 1120 gallinas ponedoras de la línea Hy-line Brown, las cuales fueron distribuidas a través de un diseño completamente al azar en cuatro tratamientos: DB (dieta base sin adición de pidolato), DB15 (dieta base con adición de pidolato a 0.015%), DB30 (dieta base con adición de pidolato a 0.030%), DB45 (dieta base con adición de pidolato a 0.045%) con diez repeticiones para cada tratamiento y 28 aves por unidad experimental. Se evaluaron peso de huevo (g), altura de albumina (mm), unidades haugh (UH), resistencia a la ruptura (kgf) y grosor de cáscara (mm) mediante el equipo DET 6000. Para el análisis estadístico se empleó análisis de variación ANOVA, y la prueba de Tukey para comparar diferencias entre los tratamientos ($P < 0.05$). Las aves que consumieron dietas con inclusión de 0.015, 0.030 y 0.045% de pidolato de calcio presentaron mayor peso de huevo, altura de albumina, unidades haugh, resistencia a la ruptura y grosor de cáscara en comparación a las que no recibieron el producto ($P < 0.05$); no obstante, no existió diferencia estadística entre los niveles de inclusión. Concluimos que el pidolato de calcio en dieta de gallinas ponedoras, tuvo un efecto positivo sobre los parámetros de calidad externa e interna del huevo: peso de huevo, altura de albumina, unidades haugh, resistencia a la ruptura y grosor de cascara.

ABSTRACT

The objective of the research was to evaluate the effect of the addition of calcium pidolate in diets of laying hens during the 70 to 80 week of age on egg quality. For which 1120 laying hens of the Hy-Line Brown line, from 70 to 80 weeks of age were used, which were distributed with a completely randomized design divided into four treatments: DB (Base diet without addition calcium pidolate), DB15 (Base diet with calcium pidolate addition to 0.015%), DB30 (Base diet with addition calcium pidolate to 0.030%), DB45 (Base diet with addition calcium pidolate to 0.045%) with ten repetitions for each treatment, having as an experimental unit of seven hens. Evaluating productive parameters: egg weight (g), albumin height (mm), haugh units (UH), breaking strength (kgf) and shell thickness (mm), egg production (%) using the DET 6000 equipment. For the statistical analysis ANOVA was used using the statistical program Infostat and the Tukey test to compare differences between treatments ($P < 0.05$). The birds that consumed diets with inclusion of 0.015, 0.030 and 0.045% calcium pidolate presented higher egg weight, albumin height, haugh units, resistance to rupture and shell thickness compared to those that did not receive the product ($P < 0.05$), however, there was no statistical difference between the inclusion levels. We conclude that calcium pidolate in the diet of laying hens had a positive effect on the external and internal quality parameters of the egg: egg weight, albumin height, haugh units, resistance to rupture and shell thickness.

I. INTRODUCCIÓN

En el Perú, el desarrollo de la avicultura ha tenido un gran crecimiento en el último decenio y representa el 25% del valor bruto de la actividad agropecuaria en Perú, el cual se ubica entre los 10 países con mayor consumo de huevo en Sudamérica (Gestión, 2019). Asimismo, a principios del año 2019 la producción de huevos incrementó en un 14.9% a nivel nacional (MINAGRI, 2019); dicho aumento es debido al mayor consumo de huevos, dado que el consumo per cápita anual se incrementó de 224 a 239 a nivel nacional (MINAGRI, 2019).

Sin embargo, el principal factor que afecta a la industria avícola es la calidad del huevo durante la vida de la gallina (Dunn y otros, 2011; Gil y otros, 2016); siendo la calidad de la cáscara la que mayor pérdida económica puede causar (Carnarius y otros, 1996). Además, la disminución de la calidad interna y externa del huevo se debe principalmente al aumento de la edad de las gallinas y a la insuficiente provisión de nutrientes (Bell, 2003; Roberts y otros, 2013). Debido una menor capacidad de las células duodenales para transferir Ca (Beck y Hansen, 2004).

En este sentido, la problemática de baja calidad del huevo en gallinas ponedoras es causada por insumos que no garantizan la cantidad suficiente de nutrientes requeridos para evitar que se presenten huevos quebrados, con deficiente coloración de cáscara y de yema; por esta razón, lo que buscó este estudio fue comprobar que el uso del aditivo nutricional pidolato de calcio puede mejorar las características básicas del huevo: el peso de huevo, resistencia de cáscara de huevo, color de yema de huevo, altura de la albumina, grosor de cáscara de huevo.

Si bien es cierto, se utilizan diversas estrategias para mejorar la calidad del huevo (Shi y otros, 2020; Shini y otros, 2020; Zhang y otros, 2020). No obstante, sólo el pidolato de calcio posibilita el transporte de

calcio a través de un sustrato proteico, lo que permite que el calcio sea liberado e ionizado más aceleradamente que en otras fuentes de calcio y sea soluble en un amplio rango de pH, por lo que se absorbe en forma constante en un 95% (Vilella, 2015).

Por tal motivo, el objetivo de esta investigación es evaluar el efecto de la adición de pidolato de calcio en dietas de gallinas sobre el desempeño productivo y calidad de huevo.

II. REVISIÓN DE LA BIBLIOGRAFÍA

2.1. Generalidades de la gallina ponedora

En la avicultura moderna, el potencial productivo se sitúa en la costa y la selva de nuestro país, siendo la gallina de postura una de las principales especies avícolas explotadas en la industria peruana, generando utilidades para los productores (Palomino, 2015).

La gallina *Hy-Line Brown* es la ponedora de huevo marrón y su producción supera los 355 huevos en 80 semanas, tiene un elevado pico de producción e inicia su postura a temprana edad, con un tamaño del huevo adecuado. Dichas características junto a una buena eficiencia alimenticia mejoran la calidad del huevo, lo que se ve reflejado en mayores ganancias para el productor avícola (Hy-line, 2016).

Hy-line está realizando trabajos a nivel genético para crear líneas comerciales con diferentes rangos en el tamaño del huevo. El peso del huevo está influenciado por la genética (40% aproximadamente) y factores no genéticos (60%) tales como la nutrición, manejo, etc. (Hy-line, 2016).

Según los estudios realizados, debido a estos factores genéticos podemos obtener un pico porcentual del 95 – 96% de producción estable a las 100 semanas y una puesta promedio de 453 – 457 huevos por ave alojada (Hy-line, 2016).

Sin embargo, los productores de huevo pueden manejar los factores no genéticos para alcanzar el perfil del tamaño del huevo deseado.

2.2. El Huevo

El huevo es una fuente encapsulada de macro y micronutrientes que cumple con todos los requisitos para apoyar el desarrollo embrionario hasta la eclosión. Posee perfecto equilibrio y diversidad de sus nutrientes junto con alta digestibilidad y precio asequible, estas características han puesto al huevo en el centro de atención como alimento básico para el ser humano (Réhault-Godbert y otros, 2019).

2.2.1. Membranas

Estas dos envolturas son la membrana testácea externa que se encuentra adherida a la cáscara y la testácea interna con la clara; estas membranas de naturaleza proteica están unidas, pero se separan en el extremo más ancho y forman la cámara de aire (Pina 2006).

2.2.2. Cámara de aire

La cámara de aire es formada por dos membranas (testácea interna y externa), las cuales están adheridas a la cáscara del huevo. Dicha cámara se encuentra localizada en el extremo ancho del huevo y es pequeña, llegando a medir 3mm en huevos recién puestos y va aumentando de tamaño con transcurrir del tiempo; por esta razón, es importante para determinar la frescura del huevo (Pina, 2006).

2.2.3. Chalazas

Son dos estructuras transparente-blanquecinas con forma de cordones, formados en el útero por la torsión de las fibras de mucina, formadas en el mágnum.

Su rol más importante es fijar la yema en el centro del huevo.

Además, cuanto más tamaño tienen las chalazas, más fresco es el huevo (Nifuri y otros, 2005).

2.2.4. Capa mamilar

Es la parte interna de la cáscara del huevo con mayor calcificación. Constituida mayormente por mucopolisacáridos y aminoácidos azufrados (Pina, 2006).

2.2.5. Composición de la clara

La clara es una solución viscosa, que circunda a la yema y está contenida entre la membrana vitelina y la membrana testácea interna, con alto contenido de aminoácidos esenciales. Estas glucoproteínas representan más del 80% de proteínas presentes en la clara (Pina, 2006).

2.2.6. Ovoalbúmina

La ovoalbúmina es la principal proteína presente en la clara del huevo, que representa más del 50%. Esta proteína es termolábil, una característica importante para la fabricación de alimentos. Esta fosfoglicoproteína está formada por las fracciones A1, A2 y A3 (proporción 85:12:3), que difieren en el contenido de fósforo. Además, la ovoalbúmina tiene alto contenido de cisteína y metionina, y contiene grupos sulfhidrilos (Solomon y otros, 1994).

2.2.7. Formación del huevo

La formación del huevo abarca desde la ovulación hasta la puesta del huevo. Para cumplir los requerimientos de calidad del huevo, sus componentes deben ser formados correctamente y deben realizarse en la

secuencia, cantidad y orientación adecuadas. El éxito de la formación del huevo depende de la alimentación con nutrientes de alta calidad, el confort ambiental y el óptimo estado sanitario de las gallinas (Codony, 2002).

La gallina de postura comienza la puesta de huevos a partir de las 20 semanas de vida, después de un crecimiento y desarrollo óptimos que le permiten madurar sexualmente. El aparato reproductor de la gallina está constituido por el ovario y el oviducto, siendo funcional solamente el lado izquierdo (Solomon y otros, 1994).

El ovario posee más de cuatro mil óvulos; de los cuales, solo un pequeño número logrará madurar y convertirse en yema. La que es formada de un óvulo envuelto por una membrana folicular altamente irrigada. La ovulación se da cuando la yema más grande es liberada del ovario y pasa al infundíbulo, que es la estructura inicial del oviducto.

Según Codony (2002) el oviducto es una estructura tubular que mide entre 60 y 70 cm de longitud y posee cinco partes: infundíbulo, magno, istmo, útero y cloaca. El inicio oviducto, es marcada por el infundíbulo, la yema pasa a este lugar después de la ovulación. Además, el oviducto posee forma de embudo y es transitado por la yema en 15 o 30 minutos. Donde se forjan las dos capas más externas de la membrana vitelina, que representan las dos terceras partes del total y que son muy importantes para la protección de la yema, evitando el ingreso de agua desde la clara. Asimismo, en el infundíbulo se produce la fertilización del huevo (Codony, 2002).

Codony (2002) indica que El magnus es la porción más larga del oviducto y tiene diferentes tipos de células que producen las proteínas que se depositan durante las tres horas y media que tarda dicho proceso. El magnus y el útero son responsables de las características fisicoquímicas

de la clara. Cuando el huevo sale del magnus, el albumen es gelatinoso puesto que solo posee un 50% del agua, y su hidratación y estructuración finaliza en el útero, por lo tanto, influye en la calidad interna del huevo (Codony, 2002).

Codony (2002) indica que cuando llega istmo, el albumen es cubierto por las membranas testáceas internas y externas; en el útero se realiza una rotación del huevo produciendo una torsión de las fibras proteicas del albumen denso, que forman a las chalazas, cuya función es mantener centrada la yema. Además, el huevo permanece en el útero de 18 a 22 horas y se forma la cáscara (Codony, 2002).

Una vez terminada la formación del huevo, será expulsado por la cloaca. En algunas gallinas, el huevo logra girar 180 grados, una hora antes de la postura y sale primero la parte roma (Solomon y otros, 1994).

La postura suele realizarse entre las 7 y las 11 de la mañana. La ovulación puede iniciarse 15 a 30 minutos después de la puesta de cada huevo (Solomon y otros, 1994).

2.2.8. Estructura del huevo

El huevo tiene tres partes principales:

- **Cáscara:** constituida fundamentalmente por carbonato de calcio. Cuya función es la protección y aislamiento del contenido del huevo. Tiene cerca de 7 mil a 17mil de poros que facilitan el intercambio de gases. Asimismo, tanto la membrana testácea interna, como la externa se encuentran adjuntas a la cáscara, pero se separan en el extremo roma del huevo para formar la cámara de aire.
- **Clara o albumen:** tiene dos componentes: el albumen denso y el

fluido. Está constituida por proteínas y agua. Además, su textura y firmeza sirven para determinar la frescura del huevo.

- Yema o vitelo: es la parte central y anaranjada del huevo, está rodeada por la membrana vitelina y su color depende de la alimentación del ave. Así mismo, posee la mayor cantidad de nutrientes (Solomon y otros, 1994).

Cuadro 1. Peso y porcentaje de las artes del huevo.

Huevo de 60g	Peso (g)	Porcentaje (%)
Yema	17.3	29.0
Clara	37	61.5
Cáscara	5.5	9.1
Membrana interna y externa	0.2	0.4

Fuente: Adaptado de INRA (2011).

2.3. Cáscara

El color de la cáscara puede variar según la raza y de la cantidad de pigmentos, conocidos como porfirinas, que se depositan en la matriz cálcica y no guarda relación con la calidad, ni con el aporte nutricional del huevo (Solomon y otros, 1994; Gil y otros, 2016).

Los distintos niveles de coloración de la cáscara dependen del estado de cada gallina. No obstante, la alimentación y el tipo de crianza no tienen relación con la pigmentación de la cáscara, ni en la intensidad del pigmento (Solomon y otros, 1994).

La resistencia de la cáscara se relaciona directamente con el metabolismo de los minerales y la alimentación. Además, la genética, la sanidad y la temperatura ambiental afectan la calidad de la cáscara (Solomon y otros, 1994).

Toda la cáscara es protegida por una cutícula, constituida mayormente por proteínas (90%), lípidos y carbohidratos (Solomon y otros,

1994; Gil y otros, 2016). La función principal de dicha película de mucina es cubrir los poros, constituyendo una barrera física que impide el ingreso de microorganismos. Del mismo modo, impide la deshidratación y da brillo al huevo. Después de la puesta, se encuentra en forma húmeda, posteriormente pierde humedad y se va deteriorando hasta desaparecer luego de dos o cuatro días; no obstante, dicho proceso se puede acelerar si el huevo es lavado o frotado (Martín, 2002).

2.4. Calidad del huevo

Las características externas de la calidad del huevo son el peso del huevo, la forma del huevo, el grosor de la cáscara, el color y la fuerza; la calidad interna del huevo implica la calidad de la albúmina, la yema y la membrana (Bain, 2005; Nowaczewski y otros, 2010).

2.4.1. Calidad externa

2.4.1.1. Medición de la fuerza de ruptura:

Para Guerra y Molina (2016) es la capacidad del huevo para resistir un peso en la zona ecuatorial del mismo. La medición se realiza colocando el huevo en el equipo medidor de fuerza de fractura (QC-SPA). Un huevo es de buena calidad cuando la cáscara puede resistir aproximadamente 4082 gramos antes de fracturarse. Siendo 4000 gramos el mínimo aceptado en el mercado, pero se quiere llegar a 4200 (Guerra y Molina, 2016).

2.4.1.2. Grosor de la cáscara:

Es medido mediante un micrómetro y un huevo es de buena calidad cuando mide al menos 0.3 milímetros de grosor. La alimentación es muy importante para cubrir los requerimientos de calcio y fósforo para satisfacer las necesidades del ave y el fortalecimiento de la cáscara; en este sentido, mientras más gruesa sea la cáscara, más resistente será el huevo (Guerra y Molina, 2016).

2.4.2. Calidad interna

Es esencial para el consumidor y está delimitado por aspectos morfológicos, químicos, físicos, microbiológicos y organolépticos de la yema y el albumen.

2.4.2.1. Unidades Haugh:

Es una medida utilizada internacionalmente para evaluar la frescura del huevo, en base al logaritmo de la altura del albumen denso corregido respecto al peso de un huevo de dos onzas (56,7 g) (Instituto de Estudios del huevo, 2002). Al medirse la altura de la albumina puede determinarse la frescura del huevo (Silversides y otros, 1994). Para determinar dicho valor, se utilizan huevos refrigerados de 7.2 a 15.6°C, y la medición se realiza a una distancia de 1 cm a partir del borde de la yema utilizando el micrómetro Haugh, así como el peso del huevo en gramos. Luego, se aplica la siguiente fórmula (Silversides y otros, 1994):

$$U.H. = 100 * \text{Log} [H + 7.57 - (1.7 * P^{0.37})]$$

Donde:

U.H. = Unidades Haugh (UH).

H = Altura de albumina (mm).

P = Peso del huevo (g).

Cuadro 2. Clasificación de huevos según las unidades Haugh.

Cantidad, clase y definición de unidades Haugh				
	Valor de unidades Haugh (UH)			
	>79	78-55	54-31	<30
Clase	AA	A	B	C
Definición	Extra	Frescos	Baja calidad	Desechables

Fuente: Adaptado de Instituto de Estudios del huevo (2002).

El estándar aceptado por el mercado, según el manual de clasificación USDA 2000 es de 72 UH (Guerra y Molina, 2016).

2.5. Pícolato de Calcio

Según Laurenceau y otros (2011), citado por Nogueira (2017), el pícolato de calcio es una sal de calcio cuya composición es aproximadamente 13,5% de calcio y 86,5% de ácido pícolico, con un alto valor de solubilidad. Es formado por el ácido glutámico ($C_5H_9O_4N$), extraído de la remolacha, que sufre una reacción de deshidratación para formar el ácido pícolico, que reacciona con el óxido de calcio (CaO) en una reacción de deshidratación formando pícolato de calcio; en la misma línea, lo confirma el estudio de Torres (2016) en la Universidad de La Salle, Bogotá.

Por otro lado, aproximadamente el 80% del calcio en la molécula de pícolato de calcio se absorbe fácilmente por difusión pasiva y el 20% es absorbido por la proteína que transporta calcio. Además, el pícolato de calcio es un precursor en la síntesis de arginina, que constituye el 28% de la proteína transportadora de calcio ($CaBp$) así como en la síntesis de prolina, que está presente en la composición del colágeno junto con arginina, hidroxiprolina, glicina (Vilella, 2015, Joshi y otros, 2019). Así mismo, el pícolato de calcio es el único que permite el transporte de calcio a través de un sustrato proteico. Dicha característica permite que el calcio sea liberado e ionizado más rápido comparado con otras sales de calcio y sea soluble en un mayor rango de pH. Por tal motivo, el calcio que procede del pícolato de calcio puede absorberse casi un 95% de forma continua, independientemente del pH intestinal, mientras que en otras fuentes sólo se alcanza a absorber entre un 10-30%, dependiendo del pH intestinal (Vilella, 2015, Joshi y otros, 2019).

El pícolato de calcio, aumenta el depósito de calcio en la membrana inferior a la capa mineral; lo que ayuda a amortiguar los golpes y disminuir la deshidratación y el ingreso de dióxido de carbono permitiendo que el huevo se mantenga fresco y aumente la viabilidad de los embriones (Vilella,

2015). Con todo esto, la adición de pidolato de calcio en la dieta de las gallinas de postura parece ser beneficiosa, debido a su doble función al calcificar la estructura ósea de las gallinas y la cáscara de huevo, lo que aumenta la resistencia de los huesos y reduce el número de huevos quebrados o rotos (Vilella, 2015).

2.6. Pidolato de calcio en avicultura

En un estudio se comparó el efecto de la suplementación con 500 g/t de pidolato de calcio en la dieta con 4% de calcio y la dieta base con 4% de calcio sobre la producción y calidad del huevo durante la última fase (semana 55) del ciclo de producción. Donde la suplementación con pidolato de calcio ayudó a reducir los huevos degradados. Sin embargo, la suplementación con pidolato de calcio no fue útil para reducir la mortalidad, ni mejoró la calidad de la cáscara del huevo. El porcentaje de ceniza de tibia y calcio de tibia fue el más alto en las aves del grupo que utilizó 4% de calcio. Además, este grupo registró la ganancia neta más alta por huevo recibido, que fue de 0.48 reales. Por lo tanto, los resultados generales concluyeron que el uso de calcio al 4% en la dieta de ponedoras durante la última fase de producción registró un mejor rendimiento y ganancias (Joshi y otros, 2019).

Isaac y otros (2015) compararon el uso de pidolato de calcio (300g/t) y conchas de ostras (3 g/día/ave) en gallinas Lohmann White (55 semanas de edad). Donde el grupo de pidolato de calcio, aumentó la producción significativamente en un 5% ($p < 0.05$) y el número de huevos descartados debido a problemas de calidad de la cáscara se redujo en un 25% ($p < 0.05$). También se mejoró el peso del huevo y esto disminuyó la conversión alimenticia del 10%.

Al-Zahrani y Roberts (2016) compararon el uso de pidolato de calcio

y 25-hydroxycholecalciferol (Hy-D) en ponedoras Lohmann Brown 21 a 80 semanas de edad. Donde hubo un efecto significativo de la edad de la gallina y el grupo de tratamiento sobre la altura de la albúmina, la unidad Haugh y la puntuación del color de la yema. Hubo un efecto principal significativo de la edad de la gallina y el grupo de tratamiento en el peso del huevo, peso de la cáscara, porcentaje de cáscara, resistencia a la rotura de la cáscara, deformación de la cáscara, grosor de la cáscara, reflectividad de la cáscara antes de la tinción. Los resultados indicaron que, con el aumento de la edad de las gallinas, hubo una disminución en la altura de la albúmina, la unidad Haugh, el porcentaje de la cáscara, la resistencia a la rotura de la cáscara, la deformación de la cáscara y el espesor de la cáscara. La puntuación del color de la yema y la puntuación de la translucidez aumentaron con la edad de la gallina. El efecto del grupo de tratamiento sobre las variables medidas fue inconsistente, aunque la adición de Hy-D pareció tener mayores efectos que la adición de pidolato de calcio.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

La fase experimental se realizó en la granja Avícola AVIPORC S.A.C., ubicada en el sector de Valdivia Alta, Huanchaco, La Libertad. Latitud -8.12714, longitud -79.0324, altitud 82 msnm. El análisis de calidad de huevo se llevó a cabo en el laboratorio de la empresa Montana S.A., localizada en, la ciudad de Lima.

3.2. Animales en estudio

Se utilizaron 1120 gallinas de postura de la línea Hy-line Brown de 70 a 80 semanas de edad, las cuales se alojaron en jaulas. Donde cada 4 jaulas forman una unidad experimental de 28 gallinas.

Para el análisis de calidad de huevo se utilizaron 640 huevos, distribuidos de la semana 70 a 80 de edad.

3.3. Instalaciones

Se utilizaron 160 jaulas (cada cuatro jaulas forman una unidad experimental) que tuvieron las siguientes dimensiones: altura 36cm, ancho 52cm, largo 60 cm. En las cuales se colocaron siete gallinas por jaula y se utilizó diez repeticiones para cada uno de los cuatro tratamientos.

3.4. Manejo de las aves

El manejo rutinario comprendió: el suministro y regulación del agua de bebida; distribución y suministro del alimento por la mañana y tarde; así mismo, el movimiento para estimulación; la medicación para manejo de

enfermedades; manejo de mantas (de acuerdo con temperatura, humedad y ventilación); manejo de aves muertas y plagas (moscas, roedores).

3.5. Alimentación

La alimentación de las gallinas consistió en una ración de 110g/ave/día, durante una semana de adaptación a los tratamientos con el pidolato de calcio. Se tomaron muestras de huevos (16 por cada semana y repetición), desde la semana 71 hasta la 80, los cuales fueron trasladados al laboratorio de la empresa Montana S.A., ubicada en Lima.

Las dietas suministradas se detallan en el Cuadro 3, las cuales fueron atendidas según los requerimientos de la guía línea genética Hy-line Brown.

3.6. Variable Independiente

Pidolato de calcio

3.7. Tratamientos

DB : Dieta base sin pidolato de calcio

DB15 : Dieta base más pidolato de calcio (0.015%)

DB30 : Dieta base más pidolato de calcio (0.030%)

DB45 : Dieta base más pidolato de calcio (0.045%)

Cuadro 3. Composición porcentual y nutricional de dietas de gallinas ponedoras de la línea Hy-Line Brown a las 70 a 80 semanas.

Ingredientes (%) ¹	Tratamientos ²			
	DB	DB15	DB30	DB45
Maíz	56.00	56.00	56.00	56.00
Torta de soya	20.75	20.70	20.75	20.70
Harina Integral de soya	10.50	10.50	10.50	10.50
Aceite vegetal	2.00	2.00	2.00	2.00
Carbonato de calcio	11.5	11.5	11.5	11.5
Sal veterinaria sin yodo	0.35	0.35	0.35	0.35
Bicarbonato de sodio	0.20	0.20	0.20	0.20
DL –Metionina	0.15	0.15	0.15	0.15
Lisina-HcL	0.05	0.05	0.05	0.05
Premix Vitamina/Mineral	0.10	0.10	0.10	0.10
Fosfato monodicalcico	0.30	0.30	0.30	0.30
Secuestrante de micotoxinas	0.10	0.10	0.10	0.10
Bacitracina	0.05	0.05	0.05	0.05
Pidolato de calcio	0.00	0.015	0.030	0.045
Cloruro de Colina	0.10	0.10	0.10	0.10
Valor nutricional ²				
Energía Metabolizable				
(kcal/kg)	2800.00	2800.00	2800.00	2800.00
Proteína Cruda (%)	17.25	17.25	17.25	17.25
Lisina (%)	0.84	0.84	0.84	0.84
Metionina+Cistina (%)	0.70	0.70	0.70	0.70
Calcio (%)	4.10	4.10	4.10	4.10
Fosforo Disponible (%)	0.42	0.42	0.42	0.42

¹ composición de ingredientes según Rostagno (2011).

²DB: Dieta base, DB15: Dieta base más pidolato de calcio (0.015%), DB30: Dieta base más pidolato de calcio (0.030%), DB45: Dieta base más pidolato de calcio (0.045%).

3.8. Variables dependientes

- Peso huevo (g)
- Altura de albumina (mm)
- Unidades haugh (UH)
- Resistencia a la ruptura (kg/f)
- Grosor de cáscara (mm)

3.9. Metodología

La calidad de huevo fue evaluada en el laboratorio de la empresa Montana S.A., empleando el equipo DET 6000. Con el cual se realizaron los siguientes análisis:

- Peso de huevo (g): Los pesos se tomaron utilizando el equipo DET 6000, colocando cada huevo en la balanza del equipo, registrando los datos globales y promedio de cada tratamiento, desde la 70 hasta la 80 semana de edad.
- Altura de albumina (mm): Se evaluó cada huevo y según tratamientos, quebrando los huevos y colocándolos en un plato (parte del equipo DET 6000) y mediante el uso de rayos infrarrojo se estimó la altura en mm.
- Unidades Haugh: Previamente determinada la altura de albumina y peso de huevo, el equipo calculó las UH.
- Resistencia a la ruptura (kgf): se colocaron los huevos individual y horizontalmente en el equipo, el cual otorgó los resultados en kgf.
- Grosor de Cáscara (mm): Se realizó utilizando un micrómetro (accesorio del equipo DET 6000), para lo cual se retiró en contenido del huevo la membrana interna. Se obtuvo los resultados en mm e individualmente para cada tratamiento en las diferentes semanas.

3.10. Análisis estadístico.

Los animales fueron distribuidos a través del diseño completamente al azar (DCA). Cada unidad experimental está formada por 28 gallinas (4 jaulas, cada una conformada por 7 aves) realizando 4 tratamientos y 4 repeticiones; es decir, un total de 448 análisis, siguiendo el modelo lineal aditivo.

El modelo lineal aditivo fue:

$$Y_{ijk} = u + T_i + e_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk} = Respuesta de la variable

u = Promedio general

T_i = Efecto del tipo del pidolato de calcio

e_{ijk} = Error experimental.

Las variables evaluadas fueron analizadas a través del análisis ANOVA y los promedios comparados por la prueba de Tukey.

IV. RESULTADOS

4.1. Peso de huevo

En el Cuadro 4, se muestra el efecto de la adición de pidolato de calcio en dietas de gallinas sobre el peso de huevo (g), donde se observó diferencia estadística entre la dieta control y las dietas que utilizaron pidolato de calcio.

Cuadro 4. Peso promedio del huevo (g) al adicionar pidolato de calcio en la dieta de gallinas de postura, durante las 70 a 80 semanas de edad.

Semanas de edad	Tratamientos ¹				SEM ²
	DB	DB15	DB30	DB45	
71	62.40 b	64.00 a	63.70 a	64.60 a	0.29
72	62.40 b	63.80 a	63.90 a	64.00 a	0.23
73	61.40 b	64.60 a	63.20 a	64.00 a	0.38
74	62.40 b	64.00 a	63.70 a	63.70 a	0.29
75	62.40 b	64.00 a	63.70 a	63.90 a	0.29
76	62.40 b	63.80 a	63.90 a	63.20 a	0.23
77	61.40 b	64.60 a	63.20 a	63.70 a	0.38
78	62.40 b	64.00 a	63.70 a	63.90 a	0.29
79	62.40 b	64.80 a	63.90 a	64.00 a	0.23
80	62.40 b	64.80 a	63.90 a	63.80 a	0.26

Medias con una misma letra en común en la misma fila, no son significativamente diferentes ($P>0.05$).

¹DB: Dieta base, DB15: Dieta base más pidolato de calcio (0.015%), DB30: Dieta base más pidolato de calcio (0.030%), DB45: Dieta base más pidolato de calcio (0.045%).

²SEM: Error Estándar del Promedio.

4.2. Altura de albumina

En el Cuadro 5, se describe el efecto de la adición de pidolato de calcio en dietas de gallinas sobre la altura de albumina (mm), donde se observó diferencia estadística entre el tratamiento control y los tratamientos que utilizaron pidolato de calcio.

Cuadro 5. Altura de albumina promedio (mm) usando pidolato de calcio en gallinas de postura, durante las 70 a 80 semanas de edad

Semanas de edad	Tratamientos ¹				SEM ²
	DB	DB15	DB30	DB45	
71	3.56 b	4.62 a	4.70 a	4.61 a	0.12
72	3.52 b	4.61 a	4.69 a	4.69 a	0.08
73	3.55 b	4.69 a	4.89 a	4.62 a	0.09
74	3.56 b	4.62 a	4.70 a	4.70 a	0.12
75	3.52 b	4.61 a	4.69 a	4.69 a	0.08
76	3.52 b	4.61 a	4.69 a	4.69 a	0.08
77	3.56 b	4.62 a	4.70 a	4.62 a	0.12
78	3.55 b	4.69 a	4.89 a	4.70 a	0.09
79	3.52 b	4.61 a	4.69 a	4.69 a	0.08
80	3.55 b	4.69 a	4.89 a	4.69 a	0.09

Medias con una misma letra en común en la misma fila, no son significativamente diferentes ($P>0.05$)

¹DB: Dieta base, DB15: Dieta base más pidolato de calcio (0.015%), DB30: Dieta base más pidolato de calcio (0.030%), DB45: Dieta base más pidolato de calcio (0.045%).

²SEM: Error Estándar del Promedio

4.3. Unidades Haugh

En el Cuadro 6, se muestra el efecto de la adición de pidolato de calcio en la dieta de gallinas sobre las Unidades Haugh, donde se observó diferencia estadística entre el tratamiento control y los tratamientos que utilizaron pidolato de calcio.

Cuadro 6. Unidades Haugh promedio usando pidolato de calcio en gallinas de postura, durante las 70 a 80 semanas de edad

Semanas de edad	Tratamientos ¹				SEM ²
	DB	DB15	DB30	DB45	
71	63.55 b	74.69 a	74.89 a	74.61 a	0.09
72	63.56 b	74.62 a	74.70 a	74.62 a	0.12
73	63.52 b	74.61 a	74.69 a	74.61 a	0.08
74	63.56 b	74.62 a	74.70 a	74.70 a	0.12
75	63.52 b	74.61 a	74.69 a	74.69 a	0.08
76	63.52 b	74.61 a	74.69 a	74.69 a	0.08
77	63.56 b	74.62 a	74.70 a	74.70 a	0.12
78	63.56 b	74.62 a	74.70 a	74.69 a	0.12
79	63.52 b	74.61 a	74.69 a	74.62 a	0.08
80	63.52 b	74.61 a	74.69 a	74.69 a	0.08

Medias con diferente letra en la misma fila, son significativamente diferentes ($p < 0.05$)

¹DB: Dieta base, DB15: Dieta base más pidolato de calcio (0.015%), DB30: Dieta base más pidolato de calcio (0.030%), DB45: Dieta base más pidolato de calcio (0.045%).

²SEM: Error Estándar del Promedio

4.4. Resistencia de la Ruptura (kgf)

En el Cuadro 7, se describe el efecto de la adición de pidolato de calcio en la dieta de gallinas de postura sobre la resistencia a la ruptura (kgf), donde se observó diferencia estadística entre el tratamiento control y los tratamientos que utilizaron pidolato de calcio.

Cuadro 7. Resistencia a la ruptura promedio (kgf) usando pidolato de calcio en gallinas de postura, durante las 70 a 80 semanas de edad

Semanas de edad	Tratamientos ¹				SEM ²
	DB	DB15	DB30	DB45	
71	3.25 b	3.59 a	3.74 a	3.74 a	0.13
72	3.53 b	4.74 a	4.77 a	4.77 a	0.08
73	3.59 b	4.78 a	4.92 a	4.89 a	0.09
74	3.25 b	3.59 a	3.74 a	4.74 a	0.13
75	3.53 b	4.74 a	4.77 a	4.78 a	0.08
76	3.53 b	4.74 a	4.77 a	4.79 a	0.08
77	3.59 b	4.78 a	4.92 a	4.74 a	0.09
78	3.25 b	3.59 a	3.74 a	4.74 a	0.13
79	3.53 b	4.74 a	4.77 a	4.78 a	0.08
80	3.59 b	4.78 a	4.92 a	4.74 a	0.09

Medias con una misma letra en la misma fila, no son significativamente diferentes ($P>0.05$).

¹DB: Dieta base, DB15: Dieta base más pidolato de calcio (0.015%), DB30: Dieta base más pidolato de calcio (0.030%), DB45: Dieta base más pidolato de calcio (0.045%).

²SEM: Error Estándar del Promedio

4.5. Grosor de Cáscara

En el Cuadro 8, se describe el efecto de la adición de pidolato de calcio en la dieta de gallinas de postura sobre el grosor de cáscara (mm), en la cual se observó diferencia estadística entre el tratamiento control y los tratamientos que utilizaron pidolato de calcio.

Cuadro 8. Grosor de cáscara promedio (mm) usando pidolato de calcio en gallinas ponedoras, durante las 70 a 80 semanas de edad.

Semanas de edad	Tratamientos ¹				SEM ²
	DB	DB15	DB30	DB45	
71	0.36 b	0.39 a	0.40 a	0.39 a	0.01
72	0.36 b	0.44 a	0.46 a	0.44 a	0.01
73	0.37 b	0.46 a	0.48 a	0.46 a	0.02
74	0.36 b	0.46 a	0.48 a	0.48 a	0.02
75	0.36 b	0.45 a	0.46 a	0.45 a	0.02
76	0.37 b	0.46 a	0.52 a	0.50 a	0.01
77	0.36 b	0.44 a	0.46 a	0.46 a	0.01
78	0.37 b	0.46 a	0.46 a	0.47a	0.02
79	0.36 b	0.45 a	0.46 a	0.46 a	0.01
80	0.36 b	0.45 a	0.46 a	0.46 a	0.01

Medias con diferente letra en la misma fila, son significativamente diferentes ($p < 0.05$)

¹DB: Dieta base, DB15: Dieta base más pidolato de calcio (0.015%), DB30: Dieta base más pidolato de calcio (0.030%), DB45: Dieta base más pidolato de calcio (0.045%).

²SEM: Error Estándar del Promedio

V. DISCUSIÓN

En el periodo del presente estudio que abarcó desde las 70 hasta las 80 semanas de edad de gallinas de la línea Hy-line Brown, se evidenció diferencia estadística en la calidad externa e interna del huevo al usar pidolato de calcio en gallinas ponedoras, sobre la dieta base.

Los resultados del peso del huevo, descritos el cuadro 4, donde existió diferencia estadística entre los tratamientos que emplearon pidolato de calcio en gallinas ponedoras y los que no, obteniendo mayor peso promedio 64.24g, 63.68g y 63.88g para los tratamientos con inclusión de 0.015, 0.030 y 0.045% de pidolato de calcio respectivamente, en comparación a la dieta base que se obtuvo 62.20g; no obstante, no existió diferencia estadística entre los niveles de inclusión. Esto puede deberse a una mayor absorción de calcio en el animal al usar pidolato de calcio (Vilella, 2015, Joshi y otros, 2019). El peso del huevo obtenido con uso de pidolato es similar a los valores referenciales (63.5g) del manual de la Línea Hy-line Brown (Hy-line, 2016). Nuestros hallazgos coinciden con los de Isaac y otros (2015) que reportaron un aumento de peso del huevo y disminución de la conversión alimenticia al comparar el pidolato de calcio (300 g/t o 0.030%) y conchas de ostras (3 g/día/ave) en gallinas Lohmann White de 55 semanas de edad.

Respecto a la altura de albumina (Cuadro 5); se observó diferencia estadística entre los tratamientos que emplearon pidolato de calcio en niveles de 0.015, 0.030 y 0.045% de inclusión en la dieta con valores de 4.64, 4.75 y 4.67mm respectivamente, en comparación a la dieta base (3.54 mm); no obstante, no existió diferencia estadística entre los niveles de inclusión. Estos valores son inferiores los estándares de USDA (2000) que indica 6mm como altura mínima de albumina. Lo cual puede estar influenciado por la temperatura. Figueroa y otros (2007), demostraron que

la temperatura influye en la calidad del huevo, en dicho trabajo obtuvieron 4.55mm de altura de albumina; similar a los obtenidos en las dietas que emplearon pidolato de calcio. Del mismo modo, Oliveira y otros (2009), concluyeron que las condiciones del almacenamiento influyen en la calidad de huevo, en dicho trabajo obtuvieron 4.70mm como promedio óptimo el cual es similar a nuestros resultados.

Sobre a la coloración de yema; se observó diferencia estadística entre tratamientos que adicionaron pidolato de calcio en niveles de 0.015, 0.030 y 0.045% de inclusión en la dieta obteniendo valores de 11.64, 11.89 y 11.81 respectivamente comparados con la dieta control (6.24); no obstante, no se encontró diferencia estadística entre los niveles de inclusión. Nuestros hallazgos superan al parámetro estándar del mercado de 7 (DSM, 2013). Con esto se comprueba que el pidolato de calcio posibilita el transporte de calcio a través de un sustrato proteico, lo que permite que el calcio sea liberado e ionizado más aceleradamente que en otras fuentes de calcio y sea soluble en un amplio rango de pH, por lo que se absorbe en forma constante en un 95% (Vilella, 2015).

Respecto a las unidades Haugh, se observó diferencia estadística entre tratamientos que adicionaron pidolato de calcio en niveles de 0.015, 0.030 y 0.045% de inclusión en la dieta, donde se obtuvo 74.62, 74.71 y 74.66 UH respectivamente, respecto a la dieta base (63.53 UH); no obstante, no se encontró diferencia estadística entre los niveles de inclusión. Nuestros resultados son mayores a lo obtenido por Reyes (2017), quien comparó el efecto de pidolato de calcio y cantaxina en gallinas de postura, donde sólo los que utilizaron pidolato de calcio en la dieta obtuvieron valores superiores a 72 UH que es el valor ideal según USDA (2000). Además, nuestros valores coinciden con lo reportado por Arnaiz (2013), que obtuvo 74.20 UH en su estudio sobre el empleo de pidolato de calcio de gallinas de postura.

Acerca de la resistencia de la ruptura (kgf), existió diferencia estadística entre tratamientos que adicionaron pidolato de calcio en niveles de 0.015, 0.030 y 0.045% de inclusión en la dieta se obtuvo 4.40, 4.50 y 4.67 kgf respectivamente, comparado con la dieta base (3.16 kgf); no obstante, no se encontró diferencia estadística entre los niveles de inclusión. Nuestros resultados coinciden con los obtenidos por Arnaiz (2013), quien reportó una resistencia de la ruptura de 4.80 kgf, en su trabajo sobre la utilización de pidolato de calcio en gallinas de postura, este efecto se puede deber a que la resistencia mecánica de la cáscara depende del grosor de la cáscara, su estructura y de la distribución de los cristales de calcita (Nys y otros, 2010).

Sobre el grosor de cáscara, se observaron diferencias estadísticas entre los tratamientos que usaron pidolato de calcio en niveles de 0.015, 0.030 y 0.045% de inclusión en la dieta se obtuvo 0.44, 0.46 y 0.45mm respectivamente, respecto a la dieta base 0.36 mm; no obstante, no se encontró diferencia estadística entre los niveles de inclusión. Nuestros hallazgos coinciden con los obtenidos por Arnaiz (2013) que reportó un grosor de cáscara de 0.48 mm, y son superiores a los alcanzados por Nys y otros (2010) que indicaron 0.30 mm de grosor de la cáscara de huevo que es un nivel mínimo para ser de buena calidad.

VI. CONCLUSIONES

El pidolato de calcio en dieta de gallinas ponedoras, tuvo un efecto positivo sobre los parámetros de calidad del huevo. En este estudio, se demostró que el pidolato de calcio en niveles de 0.015, 0.030 y 0.045% de inclusión en la dieta de las gallinas aumentan significativamente el peso de huevo, altura de albumina, unidades Haugh, resistencia a la ruptura y grosor de cáscara.

VII. RECOMENDACIONES

Evaluar los efectos del pidolato de calcio en la dieta, en la etapa de pre-postura y postura para obtener diferencias significativas en las características cualitativas de los huevos.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Al-Zahrani, K., Roberts, J.R. *The effect of dietary supplementation with calcium pidolate and 25-hydroxycholecalciferol on egg quality in commercial laying hens. In: 27th Annual Australian Poultry Science Symposium (27., 2016, Sydney, Australia).* 141-144 p.
- Arnaiz, V. 2013. *Programa de promotores: Visión de un nutricionista.* Disponible en: <https://docplayer.es/72354742-Programa-de-promotores-y-anticoccidiales-vision-de-un-nutricionista.html>
- Bain, M.M. 2005. *Avances recientes en la evaluación de la calidad de la cáscara de huevo y su aplicación futura.* Revista mundial de ciencias avícolas. 61: 268 - 277.
- Beck, M., Hansen, K. (2004). *Role of estrogen in avian osteoporosis.* Poultry science. 83(2):200-206.
- Bell, D. (2003). *Historical and current molting practices in the US table egg industry.* Poultry science. 82(6):965-970.
- Carnarius, K., Conrad, K., Mast, M., MacNeil, J. (1996). *Relationship of eggshell ultrastructure and shell strength to the soundness of shell eggs.* Poultry science. 75(5):656-663.
- Codony, R. 2002. *Composición y valor nutritivo del huevo.* En: Lecciones sobre el huevo, Ed, Instituto de Estudios del Huevo. Madrid, España.
- DSM. 2013. *Guía de DSM para la pigmentación de la yema de huevo con CAROPHYLL®.* DSM Nutrition al Products Ltd. Disponible en: https://www.dsm.com/markets/anh/en_US/products/products-carotenoids/products-carotenoids-carophyll.html
- Dunn, I., Nys, Y., Bain, M., Immerseel, F. (2011). *Poultry breeding for egg quality: traditional and modern genetic approaches. In: Improving the safety and quality of eggs and egg products (chapter 11).* Egg chemistry, production and consumption, Woodhead publishing limited, Cambridge, UK, 245-260.
- Figueroa, S.F., Pérez, L.C., Barreras, S.A., Silva, P.L.E., Chávez, C.M.,

- Hernández, M.S, Sotelo, F.A.P., Aguilar, D.V.M., Juárez, C.L.D. 2007. *Efecto de la Temperatura de Almacenamiento Sobre la Calidad Física y Microbiológica del Huevo Lavado con Cinco Días de Almacenamiento: Avances de Investigación*. Disponible en: www.respyn.uanl.mx/especiales/2007/ee-12-2007/documentos/CNCA-2007-70.pdf.
- Gestión. 2019. *Producción de pollo alcanzó los 590 millones 782 mil unidades a setiembre de 2019*. Disponible en: <https://gestion.pe/economia/produccion-de-pollo-alcanzo-los-590-millones-782-mil-unidades-a-setiembre-de-2019-noticia/?ref=gesr>
- Gil, P., Barroeta, A., Garcés, C. 2016. *El huevo como alimento funcional y sus componentes*. de Sitio Argentino de producción animal. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_aves/produccion_avicola/173-huevo_como_alimento.pdf.
- Guerra, J., Molina, R. 2016. *Evaluación de la calidad del huevo procedente de tres distribuidoras como propuesta para estandarización de parámetros de calidad del mercado hondureño*. Proyecto Especial Lic. Ing. Agrónoma. Zamorano, Honduras. Escuela Agrícola Panamericana. 18p.
- Hy-line. 2016. *Guía de manejo Hy-line Brown*. Disponible en: <https://www.hyline.com/filesimages/Hy-Line-Products/Hy-Line-Product-PDFs/Brown/BRN%20COM%20SPN.pdf>
- INRA. 2011. *Improving the safety and quality of eggs and egg products: Egg chemistry, production and consumption*. UK. Woodhead Publishing Limited.
- Instituto de estudios del huevo. 2002. *Lecciones sobre el huevo*. España. Everest.
- Isaac, D., Valderrama, M., Roulleau, X. *The effect of incorporation of calcium pidolate and oyster shell on the quantitative and qualitative parameters of egg production*. In: 26th Annual Australian poultry

- science symposium. (26., 2015, Sydney, Australia). 2015. 36-39 p.
- Joshi, N., Desai, D., Ranade, A., Avari, P. 2019. *Effect of Calcium Pidolate on Egg Production and Egg Quality during Last Phase of Production Cycle with Reducing Levels of Inorganic Calcium*. International Journal of Livestock Research. 9(1): 125-133.
- Martín, F. 2002. *Contaminación y microbiología del huevo*. En: Lecciones sobre huevo. 1ª ed. Madrid: Instituto de Estudios del Huevo. p. 75-88.
- MINAGRI. 2019. Boletín estadístico mensual de la producción y comercialización de productos avícolas. Disponible en: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/519920/produccion-comercializacion-avicola-dic19-070220.pdf>
- Nifuri, P., Fredes, F., Alcaíno, H., Rosende, S. 2005. *Efecto antiprotozoario de saponinas del Quillay (Quillaja saponaria) sobre coccidiosis Aviar*. Tesis Médico Veterinario. Santiago, Chile. Universidad de Chile.
- Nowaczewski, S., Kontecka, H., Rosinski, A., Koberling, S., Koronowski, P. 2010. *La calidad del huevo de la codorniz japonesa depende de la edad de las ponedoras y del tiempo de almacenamiento*. Folia Biologica. 58: 201 - 207.
- Nys, Y., Hincke, M.T., Hernandez-Hernandez, A., Rodriguez-Navarro A.B., Gomez-Morales, J., Jonchère, V., Garcia-Ruiz, J.M., Gautron, J. 2010. *Structure, propriétés et minéralisation de la coquille de l'oeuf: rôle de la matrice organique dans le contrôle de la fabrication*. INRA Production Animal. 23 (2): 143-154.
- Oliveira, G.E., Figueiredo, T.C., Souza, M.R., Oliveira, A.L., Cancado, S.V., Gloria, M.B.A. 2009. *Bioactive amines and quality of egg from Dekalb hens under different storage conditions*. Poult Sci. 88(11):2428–2434.
- Palomino, D. 2015. *Evaluación productiva y económica de gallinas criollas en postura en una crianza vivencial en el predio hualaria, alis – yauyos*. Tesis para obtener el título de Ingeniero Zootecnista. Huancayo, Perú. Universidad nacional del centro del Perú. 69p.
- Pina. 2006. *Estructura del huevo* - Aviornis Internacional junio 2006 - 87-

40p.

- Réhault-Godbert, S., Guyot, N., Nys, Y. 2019. *The Golden Egg: Nutritional Value, Bioactivities, and Emerging Benefits for Human Health*. *Nutrients*. 11(3): 684.
- Reyes, A. 2017. *Uso de un aditivo a base de cantaxantina y pidolato de calcio en dietas de gallinas de postura y su efecto sobre la calidad del huevo*. Tesis para obtener el título de Médico Veterinario y Zootecnista. Trujillo, Perú. Universidad Privada Antenor Orrego. 27p.
- Roberts, J. (2004). *Factors affecting egg internal quality and egg shell quality in laying hens*. *The Journal of poultry science*. 41(3):161-177.
- Rostagno, H., Teixeira, I., Donzele, J., Gomes, P., Oliveira, R., Lopes, D., Ferreira, A., Toledo, S., Euclides, R. 2011. *Tablas brasileñas para aves y cerdos*. Trad. por Salguero, S., Prada, J. 3 ed. Brasil. Universidad federal de vicosa. 259p.
- Shi, H.-T., Wang, B.-Y., Bian, C.-Z., Han, Y.-Q., Qiao, H.-X. 2020. *Fermented Astragalus in diet improved laying performance, egg quality, antioxidant and immunological status and intestinal microbiota in laying hens*. *AMB Express*. 10(1): 159.
- Shini, S., Zhang, D., Aland, R.C., Li, X., Dart, P.J., Callaghan, M.J., Speight, R.E., Bryden, W.L. 2020. *Probiotic Bacillus amyloliquefaciens H57 ameliorates subclinical necrotic enteritis in broiler chicks by maintaining intestinal mucosal integrity and improving feed efficiency*. *Poultry Science*. 99(9): 4278-4293.
- Silversides, F.G., Villeneuve, P. 1994. *Is the Haugh unit correction for egg weight valid for eggs stored at room temperature?* *Poultry Science*. 73: 50-55.
- Solomon, S.E., Bain, M.M., Cranstoun, S., Nascimento, V. 1994. *Hen's egg shell structure and function*. In: *Microbiology of the Avian Egg*. Ed. por Board, R.G., Fuller, R. Springer US. p. 1-24.
- Torres, A. (2016) *Factores relacionados con el metabolismo y suplementación con calcio en gallinas ponedoras*. Tesis presentada a

la Universidad de La Salle, Bogotá, Colombia.

USDA. 2000. *Egg-Grading Manual. Agricultural Marketing Service*. Washington, DC: United States Department of Agriculture. Agricultural Handbook Number 75. Disponible en: www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/Egg%20Grading%20Manual.pdf

Vilella. 2015. *Pidolato de Calcio*. Disponible en: <http://www.tecnovit.net/noticias-tecnovit/pidolato-de-calcio>

Zhang, J., Na, T., Jin, Y., Zhang, X., Qu, H., Zhang, Q. 2020. *Thicker Shell Eggs with Enriched N-3 Polyunsaturated Fatty Acids and Lower Yolk Cholesterol Contents, as Affected by Dietary Nettle (Urtica cannabina) Supplementation in Laying Hens*. *Animals*. 10(11): 1994.

IX. ANEXOS

Anexo 1. Base de datos sobre altura de albumina y peso

Semana	Repeticiones	Promedio de Tratamiento por repeticiones							
		Altura albumina (mm)				peso promedio (g)			
		DB	DB15	DB30	DB45	DB	DB15	DB30	DB45
71	1	3.55	4.71	4.79	4.73	62.40	63.60	64.20	64.70
	2	3.54	4.50	4.72	4.50	62.50	63.80	63.70	64.50
	3	3.56	4.56	4.66	4.52	62.40	64.20	63.50	64.60
	4	3.57	4.72	4.61	4.70	62.30	64.20	63.40	64.60
72	1	3.49	4.70	4.59	4.78	62.30	64.20	64.00	64.20
	2	3.52	4.63	4.70	4.67	62.50	63.50	63.90	63.80
	3	3.53	4.59	4.67	4.71	62.30	63.80	64.20	63.90
	4	3.52	4.53	4.78	4.60	62.50	63.70	63.50	64.10
73	1	3.55	4.61	4.92	4.70	61.40	64.90	63.70	63.50
	2	3.57	4.68	4.88	4.68	61.50	64.90	63.00	64.30
	3	3.54	4.67	4.86	4.58	61.40	64.20	63.10	64.20
	4	3.53	4.78	4.89	4.53	61.30	64.40	63.00	64.00
74	1	3.59	4.72	4.64	4.63	62.30	64.50	63.20	64.20
	2	3.56	4.59	4.68	4.71	62.50	63.90	64.20	63.10
	3	3.53	4.63	4.69	4.69	62.30	64.40	63.20	63.60
	4	3.55	4.55	4.77	4.76	62.50	63.20	64.20	63.90
75	1	3.56	4.72	4.64	4.67	62.40	63.40	64.00	64.30
	2	3.52	4.49	4.65	4.71	62.60	64.30	63.40	63.20
	3	3.51	4.63	4.68	4.63	62.10	64.20	64.20	63.50
	4	3.50	4.59	4.77	4.75	62.50	64.10	63.20	64.60
76	1	3.56	4.74	4.62	4.69	62.30	64.50	64.40	63.00
	2	3.49	4.49	4.65	4.70	62.40	63.10	63.90	63.70
	3	3.53	4.63	4.71	4.61	62.50	63.20	64.10	63.10
	4	3.51	4.56	4.77	4.76	62.40	64.40	63.20	63.00
77	1	3.56	4.74	4.76	4.69	61.30	64.70	63.60	64.40
	2	3.59	4.52	4.70	4.58	61.20	64.30	63.00	63.20
	3	3.55	4.63	4.63	4.66	61.50	64.60	63.20	63.70
	4	3.52	4.60	4.69	4.56	61.60	64.80	63.00	63.50
78	1	3.55	4.61	4.92	4.67	62.40	64.40	64.20	64.10
	2	3.58	4.75	4.88	4.69	62.20	63.50	63.30	63.80
	3	3.52	4.68	4.86	4.71	62.40	64.30	63.60	63.80
	4	3.53	4.71	4.89	4.73	62.60	63.80	63.70	63.90
79	1	3.52	4.74	4.76	4.59	62.40	64.90	64.40	64.90
	2	3.54	4.49	4.66	4.77	62.30	64.70	63.80	64.50
	3	3.53	4.63	4.63	4.66	62.40	64.80	63.90	63.50
	4	3.48	4.56	4.69	4.72	62.50	64.80	63.50	63.10
80	1	3.55	4.79	4.90	4.60	62.40	64.80	64.50	63.70
	2	3.58	4.67	4.89	4.75	62.50	64.80	63.50	63.60
	3	3.52	4.59	4.88	4.68	62.40	64.90	63.20	64.50
	4	3.53	4.70	4.89	4.72	62.30	64.70	64.40	63.40

Semana	Repeticiones	Promedio de Tratamiento por repeticiones
--------	--------------	--

		Grosor de Cáscara (mm)				Unidades Haugh (UH)			
		DB	DB15	DB30	DB45	DB	DB15	DB30	DB45
71	1	0.36	0.41	0.40	0.38	63.61	74.71	74.72	74.65
	2	0.34	0.39	0.39	0.39	63.59	74.69	74.69	74.68
	3	0.37	0.38	0.41	0.40	63.49	74.69	74.71	74.57
	4	0.36	0.39	0.40	0.39	63.50	74.68	74.62	74.55
72	1	0.35	0.42	0.43	0.44	63.56	74.62	74.72	74.68
	2	0.37	0.44	0.48	0.43	63.59	74.66	74.72	74.61
	3	0.36	0.48	0.45	0.45	63.51	74.59	74.69	74.58
	4	0.37	0.43	0.46	0.43	63.56	74.62	74.65	74.62
73	1	0.35	0.45	0.46	0.43	63.55	74.69	74.61	74.71
	2	0.38	0.46	0.49	0.47	63.48	74.61	74.69	74.57
	3	0.37	0.48	0.50	0.48	63.52	74.58	74.71	74.58
	4	0.36	0.44	0.45	0.44	63.53	74.57	74.73	74.59
74	1	0.35	0.44	0.49	0.46	63.59	74.76	74.63	74.67
	2	0.36	0.46	0.48	0.48	63.54	74.57	74.72	74.71
	3	0.37	0.47	0.47	0.47	63.62	74.61	74.72	74.68
	4	0.34	0.45	0.46	0.49	63.50	74.55	74.71	74.72
75	1	0.37	0.47	0.44	0.45	63.52	74.76	74.69	74.71
	2	0.35	0.45	0.48	0.46	63.57	74.61	74.62	74.70
	3	0.36	0.44	0.47	0.45	63.48	74.53	74.71	74.61
	4	0.34	0.45	0.46	0.43	63.51	74.54	74.72	74.72
76	1	0.37	0.45	0.55	0.49	63.51	74.75	74.72	74.79
	2	0.36	0.49	0.51	0.48	63.53	74.53	74.69	74.60
	3	0.37	0.46	0.53	0.53	63.49	74.64	74.62	74.66
	4	0.36	0.45	0.47	0.50	63.54	74.53	74.71	74.72
77	1	0.35	0.43	0.46	0.48	63.56	74.78	74.72	74.77
	2	0.37	0.48	0.45	0.46	63.59	74.55	74.70	74.66
	3	0.36	0.42	0.46	0.43	63.51	74.63	74.72	74.62
	4	0.34	0.44	0.45	0.45	63.57	74.50	74.64	74.76
78	1	0.37	0.46	0.44	0.46	63.60	74.60	74.68	74.75
	2	0.36	0.47	0.47	0.47	63.54	74.56	74.72	74.67
	3	0.37	0.43	0.45	0.47	63.53	74.61	74.67	74.71
	4	0.36	0.49	0.46	0.46	63.57	74.72	74.71	74.61
79	1	0.34	0.49	0.45	0.46	63.49	74.73	74.62	74.59
	2	0.35	0.45	0.45	0.44	63.52	74.57	74.70	74.62
	3	0.37	0.42	0.46	0.47	63.54	74.64	74.71	74.55
	4	0.36	0.45	0.46	0.46	63.53	74.51	74.71	74.73
80	1	0.35	0.48	0.47	0.46	63.54	74.72	74.63	74.68
	2	0.37	0.46	0.45	0.47	63.51	74.69	74.72	74.67
	3	0.36	0.44	0.44	0.44	63.49	74.51	74.70	74.69
	4	0.34	0.43	0.46	0.46	63.54	74.53	74.69	74.70

Anexo 2: Base de datos sobre grosor de cáscara y unidades Haugh

Semana	Repeticiones	Promedio de Tratamiento por repeticiones								
		Grosor de Cáscara (mm)				Unidades Haugh (UH)				
		DB	DB15	DB30	DB45	DB	DB15	DB30	DB45	
71	1	0.36	0.41	0.40	0.38	63.61	74.71	74.72	74.65	71
	2	0.34	0.39	0.39	0.39	63.59	74.69	74.69	74.68	
	3	0.37	0.38	0.41	0.40	63.49	74.69	74.71	74.57	
	4	0.36	0.39	0.40	0.39	63.5	74.68	74.62	74.55	
	Promedio	0.36	0.39	0.40	0.39	63.55	74.69	74.69	74.61	
		0.36 b	0.39 a	0.40 a	0.39 a	63.55 b	74.69 a	74.69 a	74.61 a	72
72	1	0.35	0.42	0.43	0.44	63.56	74.62	74.72	74.68	73
	2	0.37	0.44	0.48	0.43	63.59	74.66	74.72	74.61	
	3	0.36	0.48	0.45	0.45	63.51	74.59	74.69	74.58	
	4	0.37	0.43	0.46	0.43	63.56	74.62	74.65	74.62	
	Promedio	0.36	0.44	0.46	0.44	63.56	74.62	74.70	74.62	
		0.36 b	0.44 a	0.46 a	0.44 a	63.56 b	74.62 a	74.70 a	74.62 a	74
73	1	0.35	0.45	0.46	0.43	63.55	74.69	74.61	74.71	75
	2	0.38	0.46	0.49	0.47	63.48	74.61	74.69	74.57	
	3	0.37	0.48	0.50	0.48	63.52	74.58	74.71	74.58	
	4	0.36	0.44	0.45	0.44	63.53	74.57	74.73	74.59	
	Promedio	0.37	0.46	0.48	0.46	63.52	74.61	74.69	74.61	
		0.37 b	0.46 a	0.48 a	0.46 a	63.52 b	74.61 a	74.69 a	74.61 a	76
74	1	0.35	0.44	0.49	0.46	63.59	74.76	74.63	74.67	77
	2	0.36	0.46	0.48	0.48	63.54	74.57	74.72	74.71	
	3	0.37	0.47	0.47	0.47	63.62	74.61	74.72	74.68	
	4	0.34	0.45	0.46	0.49	63.5	74.55	74.71	74.72	
	Promedio	0.36	0.46	0.48	0.48	63.56	74.62	74.70	74.70	
		0.36 b	0.46 a	0.48 a	0.48 a	63.56 b	74.62 a	74.70 a	74.70 a	78
75	1	0.37	0.47	0.44	0.45	63.52	74.76	74.69	74.71	79
	2	0.35	0.45	0.48	0.46	63.57	74.61	74.62	74.7	
	3	0.36	0.44	0.47	0.45	63.48	74.53	74.71	74.61	
	4	0.34	0.45	0.46	0.43	63.51	74.54	74.72	74.72	
	Promedio	0.36	0.45	0.46	0.45	63.52	74.61	74.69	74.69	
		0.36 b	0.45 a	0.46 a	0.45 a	63.52 b	74.61 a	74.69 a	74.69 a	80
76	1	0.37	0.45	0.55	0.49	63.51	74.75	74.72	74.79	79
	2	0.36	0.49	0.51	0.48	63.53	74.53	74.69	74.6	
	3	0.37	0.46	0.53	0.53	63.49	74.64	74.62	74.66	
	4	0.36	0.45	0.47	0.50	63.54	74.53	74.71	74.72	
	Promedio	0.37	0.46	0.52	0.50	63.52	74.61	74.69	74.69	
		0.37 b	0.46 a	0.52 a	0.50 a	63.52 b	74.61 a	74.69 a	74.69 a	80
77	1	0.35	0.43	0.46	0.48	63.56	74.78	74.72	74.77	80

	2	0.37	0.48	0.45	0.46	63.59	74.55	74.7	74.66
	3	0.36	0.42	0.46	0.43	63.51	74.63	74.72	74.62
	4	0.34	0.44	0.45	0.45	63.57	74.5	74.64	74.76
	Promedio	0.36	0.44	0.46	0.46	63.56	74.62	74.70	74.70
		0.36 b	0.44 a	0.46 a	0.46 a	63.56 b	74.62 a	74.70 a	74.70 a
78	1	0.37	0.46	0.44	0.46	63.6	74.6	74.68	74.75
	2	0.36	0.47	0.47	0.47	63.54	74.56	74.72	74.67
	3	0.37	0.43	0.45	0.47	63.53	74.61	74.67	74.71
	4	0.36	0.49	0.46	0.46	63.57	74.72	74.71	74.61
	Promedio	0.37	0.46	0.46	0.47	63.56	74.62	74.70	74.69
		0.37 b	0.46 a	0.46 a	0.47a	63.56 b	74.62 a	74.70 a	74.69 a
79	1	0.34	0.49	0.45	0.46	63.49	74.73	74.62	74.59
	2	0.35	0.45	0.45	0.44	63.52	74.57	74.7	74.62
	3	0.37	0.42	0.46	0.47	63.54	74.64	74.71	74.55
	4	0.36	0.45	0.46	0.46	63.53	74.51	74.71	74.73
	Promedio	0.36	0.45	0.46	0.46	63.52	74.61	74.69	74.62
		0.36 b	0.45 a	0.46 a	0.46 a	63.52 b	74.61 a	74.69 a	74.62 a
80	1	0.35	0.48	0.47	0.46	63.54	74.72	74.63	74.68
	2	0.37	0.46	0.45	0.47	63.51	74.69	74.72	74.67
	3	0.36	0.44	0.44	0.44	63.49	74.51	74.70	74.69
	4	0.34	0.43	0.46	0.46	63.54	74.53	74.69	74.70
	Promedio	0.36	0.45	0.46	0.46	63.52	74.61	74.69	74.69
		0.36 b	0.45 a	0.46 a	0.46 a	63.52 b	74.61 a	74.69 a	74.69 a
		3.59	74.62	74.69	74.66				

Anexo 3: Análisis de varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
GROSOR CÁSCARA	160	0.72	0.71	6.08

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.27	3	0.09	133.24	<0.0001
TRATAMIENTO	0.27	3	0.09	133.24	<0.0001
Error	0.11	156	6.8E-04		
Total	0.38	159			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.01504
 Error: 0.0007 gl: 156

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
DB	0.36	40	4.1E-03 A
DB15	0.45	40	4.1E-03 B
DB45	0.45	40	4.1E-03 B
DB30	0.46	40	4.1E-03 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
UH	160	1.00	1.00	0.08

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3709.72	3	1236.57	374995.85	<0.0001
TRATAMIENTO	3709.72	3	1236.57	374995.85	<0.0001
Error	0.51	156	3.3E-03		
Total	3710.23	159			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.03304
 Error: 0.0033 gl: 156

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
DB	63.54	40	0.01 A
DB15	74.62	40	0.01 B
DB45	74.66	40	0.01 C
DB30	74.69	40	0.01 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 4. Aplicación de pidolato de calcio granja Avipor S.A.C., Huanchaco



Anexo 5. Recolección de muestras de la granja Avipor S.A.C., Huanchaco.



Anexo 6. Determinando el grosor de la cáscara mediante el equipo DEP 600, laboratorio de Montana S.A. Lima.

