

**UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC**  
**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y**  
**ZOOTECNIA**



**CALIDAD DE LA CÁSCARA DEL HUEVO DE GALLINAS NOVOGEN BROWN**  
**SUPLEMENTADAS CON METABOLITOS DE VITAMINA ALPHA D<sub>3</sub>,**  
**MINERALES ORGÁNICOS, INORGÁNICOS Y PROBIÓTICOS**

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

**Bach. ASUNTA VARGAS CABRERA**

**ABANCAY – PERÚ**

**2018**



**CALIDAD DE LA CÁSCARA DEL HUEVO DE GALLINAS NOVOGEN BROWN  
SUPLEMENTADAS CON METABOLITOS DE VITAMINA ALPHA D<sub>3</sub>,  
MINERALES ORGÁNICOS, INORGÁNICOS Y PROBIÓTICOS**



## DEDICATORIA

A Dios, por darme la vida, iluminarme en todo momento y permitirme terminar mi trabajo de tesis satisfactoriamente, disfrutando gratos momentos en el transcurso de su ejecución.

A mi esposo, por estar siempre pendiente de mis preocupaciones y presente en los momentos de alegría y tristeza. Agradezco sus consejos que me hicieron reflexionar, sobre lo bueno y malo de la vida. No solo como esposo, sino también como amigo, al enseñarme cosas que han contribuido en mi crecimiento personal y profesional.

A mi hija, por ser la luz de mis días, mi gran felicidad y mayor alegría, ella me dio las fuerzas necesarias para seguir adelante y su presencia es y será siempre el motivo más grande para lograr mis objetivos.

A mis amigos, Edith Cervantes y Hildebrandt Ortíz, por su apoyo incondicional en los diferentes momentos vividos.

A mis padres, por darme amor y cariño, que ahora ven su anhelo realizado, fruto de desvelos y muchos sacrificios. Esta tesis servirá como testimonio de mi eterno agradecimiento por haberme ayudado a terminar mi carrera profesional.



## AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Niltón César Gómez Urviola, por su gran amistad, comprensión, confianza, compañía y tiempo brindado en el desarrollo del presente estudio, en el que pude aprender mucho de sus conocimientos.

Al Dr. Marco Aurelio Balarezo Vivanco, por enseñarme a aprovechar las oportunidades que se presenten en el camino y consolidar mi formación profesional, asimismo, por su apoyo constante y desinteresado.

A Edith, Hildebrandt y Serafina, muy buenos amigos y compañeros de facultad que me ayudaron en la granja donde se llevó a cabo la investigación.

Agradecer también a todo el personal de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, y a todos mis compañeros de estudio y docentes por acompañarme en mi formación profesional.



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA




TESIS

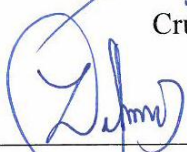
CALIDAD DE LA CÁSCARA DEL HUEVO DE GALLINAS NOVOGEN  
BROWN SUPLEMENTADAS CON METABOLITOS DE VITAMINA ALPHA  
D3, MINERALES ORGÁNICOS, INORGÁNICOS Y PROBIÓTICOS

PRESENTADO POR LA BACH. ASUNTA VARGAS CABRERA PARA OPTAR  
EL TÍTULO DE MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA, SUSTENTADO Y  
APROBADO EL 23 DE AGOSTO DE 2018, ANTE EL JURADO:

Presidente:

  
Mag. M.V. Sebastiana Virginia Bernilla De la  
Cruz

Primer miembro:

  
M.Sc. M.V.Z. Delmer Zea Gonzales

Segundo miembro:

  
M.V.Z. Gizely Alva Villavicencio

Asesor:

  
Dr. Nilton César Gómez Urviola



## ÍNDICE

	<b>Pág.</b>
RESUMEN	XIII
ABSTRACT	XIV
I. INTRODUCCIÓN	
II. MARCO TEÓRICO	
2.1. Antecedentes	3
2.2. Bases teóricas	7
2.2.1 Características del sector, población y producción nacional	7
2.2.2 Taxonomía de la gallina doméstica	7
2.2.3 Origen de la gallina	8
2.2.4 Anatomía del aparato reproductor de la gallina	8
2.2.5 Fisiología respecto a la formación del huevo de la gallina	12
2.2.6 Funciones del ovario de la gallina	14
2.2.7 Principales hormonas relacionadas con la reproducción	16
2.2.8 El huevo	17
2.2.9 Estructura del huevo	17
2.2.10 Calidad de huevo	21
2.2.11 Calidad externa del huevo	21
2.2.12 Calidad interna del huevo	23
2.2.13 Contaminación del huevo por bacterias	24
2.2.14 La cáscara del huevo	24
2.2.15 Composición de la cáscara	25



2.2.16 Estructura de la cáscara de huevo	25
2.2.17 Formación de la cáscara del huevo	27
2.2.18 Calcio	28
2.2.19 Fósforo	29
2.2.20 Metabolismo del calcio y fósforo	30
2.2.21 Defectos de la cáscara	31
2.2.22 Factores que afectan a la calidad de la cáscara	34
2.2.22.1 Factores fisiológicos	34
2.2.22.2 Manejo	35
2.2.22.3 Factores ambientales	36
2.2.22.4 Factores nutricionales	37
2.2.22.5 Infecciosos	37
2.2.22.6 Genética	38
2.2.22.7 Calidad del agua	38
2.2.23 Ponedoras Novogen Brown	38
2.2.24 Medición de los componentes del huevo y la cáscara	39
2.2.25 Composición del Ovocorte ®	42
2.2.26 Descripción de los ingredientes	42
2.2.26.1 Metabolito de la vitamina D3 (25 hidroxicolecalciferol)	42
2.2.26.2 Calcio	43
2.2.26.3 Magnesio	44
2.2.26.4 Zinc orgánico	45



2.2.26.5 Manganese orgánico	45
2.2.26.6 Bacteria <i>Bacillus subtilis</i>	46
2.2.27 Requerimientos nutricionales de la gallina de postura	46
Novogen Brown	
2.2.28 Principales funciones de los nutrientes	49
2.2.28.1 Proteína	49
2.2.28.2 Carbohidratos	49
2.2.28.3 Grasa y aceites	50
2.2.28.4 Vitaminas y minerales	50
2.2.28.5 Sal común	51
2.2.28.6 Antibióticos promotores de crecimiento	51
2.2.28.7 Enzimas	51
2.2.28.8 Secuestrante de micotoxinas	52
2.2.28.9 Acidificante	53
2.2.28.10 Aminoácidos de origen industrial	53
2.3 Marco conceptual	
2.3.1 Probiótico	54
2.3.2 Minerales orgánicos	55
2.3.3 Suplemento alimenticio	55
2.3.4 Aditivo	55
2.3.5 Premezcla	56
2.3.6 Alimento balanceado	56
2.3.7 Macromineral	56



2.3.8 Micromineral	57
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	
3.1 Tipo y nivel de investigación	58
3.2 Materiales, equipos e instalaciones	58
3.2.1 Materiales	58
3.2.2 Equipos	58
3.2.3 Instalaciones	59
3.3 Método y diseño de la investigación	59
3.3.1 Lugar de estudio	59
3.3.2 Población y muestra	60
3.4 Técnicas de investigación	61
3.4.1 Preparativos pre- experimentales	61
3.4.2 Manejo y evaluación de huevos	66
3.5 Análisis estadístico	67
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	
4.1 Análisis cualitativo del huevo en gallinas ponedoras Novogen Brown	69
4.2 Condición y tamaño del huevo en gallinas ponedoras Novogen Brown	72
4.3 Análisis cuantitativo del huevo en gallinas ponedoras Novogen Brown	75
<b>V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
5.1 Conclusiones	78



5.2 Recomendaciones	79
VI. BIBLIOGRAFÍA	80
VII. ANEXOS	97



## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1.</b> Proceso de formación del huevo	14
<b>Tabla 2.</b> Tamaño de huevo en relación a su peso	41
<b>Tabla 3.</b> Requerimientos de dietas para gallinas de postura Novogen Brown	47
<b>Tabla 4.</b> Recomendaciones nutricionales de dietas para diferentes etapas	48
<b>Tabla 5.</b> Tratamientos de la experimentación	61
<b>Tabla 6.</b> Composición de la dieta de postura de 42 semanas a más	63
<b>Tabla 7.</b> Requerimiento nutricional estimado para la etapa de postura de 42 semanas a más	65
<b>Tabla 8.</b> Color de cáscara y tonalidad de la yema de huevo en gallinas ponedoras Novogen Brown	70
<b>Tabla 9.</b> Condición y tamaño del huevo en gallinas ponedoras Novogen Brown por tratamiento	73
<b>Tabla 10.</b> Caracteres cuantitativos del huevo de gallinas ponedoras Novogen Brown por tratamiento	76
<b>Tabla 11.</b> Chi cuadrado de Pearson para variables cualitativas entre tratamientos	106
<b>Tabla 12.</b> ANOVA de un factor de las variables cuantitativas evaluadas	107



## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1.</b> Esquema del aparato reproductor de la gallina	9
<b>Figura 2.</b> Hormonas que intervienen en la reproducción	15
<b>Figura 3.</b> Estructura del huevo	20
<b>Figura 4.</b> Estructura de la cáscara	27
<b>Figura 5.</b> Abanico colorimétrico (Yolk Color Fan)	39
<b>Figura 6.</b> Calibrador digital (Vernier)	40
<b>Figura 7.</b> Abanico colorimétrico (Egg Shell Color Fan)	41
<b>Figura 8.</b> Plano de ubicación del lugar de la investigación	60
<b>Figura 9.</b> Baterías de 432 jaulas	61
<b>Figura 10.</b> Tonalidad de la cáscara	69
<b>Figura 11.</b> Tonalidad de la yema	71
<b>Figura 12.</b> Identificación y almacenaje del alimento preparado con el aditivo.	97
<b>Figura 13.</b> Identificación de las baterías, tratamiento y control.	97
<b>Figura 14.</b> Recolección de huevos por baterías, tratamiento y control.	98
<b>Figura 15.</b> Huevo quebrado o quiñado	98
<b>Figura 16.</b> Huevo sucio	99
<b>Figura 17.</b> Huevo roto	99
<b>Figura 18.</b> Huevo rosado (comercial)	100
<b>Figura 19.</b> Huevo blanco (pálido)	100
<b>Figura 20.</b> Identificación de los huevos, tratamiento y control	101



<b>Figura 21.</b> Enumeración de los huevos para su respectiva evaluación	101
<b>Figura 22.</b> Pesado de los huevos en una balanza digital	102
<b>Figura 23.</b> Determinación del color de la cáscara de huevo con el abanico colorimétrico (Egg Shell Color Fan)	102
<b>Figura 24.</b> Ruptura del huevo para la observación	103
<b>Figura 25.</b> Determinación del color de la yema de huevo con el abanico colorimétrico (Yolk Color Fan)	103
<b>Figura 26.</b> Extracción de las membranas de la cáscara del huevo con ayuda de una pinza	104
<b>Figura 27.</b> Ubicación de las partes de la cáscara (polo agudo, cámara de aire y ecuador)	104
<b>Figura 28.</b> Medición de la cáscara con el micrómetro digital	105

## RESUMEN

Se realizó una investigación en la granja Corporación e Inversiones La Torre Blanca ubicada en el distrito de Aucallama, provincia de Huaral, región Lima. El objetivo fue evaluar la calidad de la cáscara del huevo de gallinas Novogen Brown suplementadas con metabolitos de vitamina  $D_3$ , minerales orgánicos (manganeso, zinc), minerales inorgánicos (calcio, magnesio) y probiótico (*Bacillus subtilis*). El peso del huevo y cáscara, grosor de la cáscara, tonalidad de la cáscara y yema, fueron evaluados en una muestra aleatoria por conveniencia de 156 huevos en el grupo experimental (T2) y 156 huevos en el grupo testigo (T1), mediante una balanza digital de 0.1 g de precisión, un calibrador digital (regla Vernier) y abanicos colorimétricos (Egg Shell Color Fan y Yolk Color Fan). La investigación duró 3 semanas entre los meses junio y julio de 2017. Se utilizó el ANOVA y Chi-cuadrado, para el análisis estadístico. Se determinó que el grosor y peso de la cáscara, no difieren entre T1 y T2 ( $P > 0.05$ ), pero sí en el peso del huevo ( $P \leq 0.05$ ). El color del huevo no está asociado al suplemento ( $P > 0.05$ ), en cambio la condición del huevo (huevos blancos, rosados, rotos, quebradizos, sucios, rugosos y en fáfara) y tamaño del huevo (muy grande, grande, normal y pequeño), si están asociados ( $P \leq 0.05$ ).

**Palabras claves:** alimentación, crianza intensiva, aves de corral.



## ABSTRACT

An investigation was conducted at the La Torre Blanca Corporation and Investment farm located in the Aucallama district, Huaral province, Lima region. The objective was to evaluate the egg shell quality of Novogen Brown hens supplemented with metabolites of vitamin D<sub>3</sub>, organic minerals (manganese, zinc), inorganic minerals (calcium, magnesium) and probiotic (*Bacillus subtilis*). The weight of the egg and shell, shell thickness, tonality of the shell and yolk were evaluated in a random sample for convenience of 156 eggs in the experimental group (T1) and 156 eggs in the control group (T0), by a digital balance of 0.1 g of precision, a digital calibrator (Vernier rule) and colorimetric fans (Egg Shell Color Fan and Yolk Color Fan). The investigation lasted 3 weeks between June and July 2016. The ANOVA and Chi-square were used for the statistical analysis. It was determined that the thickness and weight of the egg did not differ between T1 and T0 ( $P>0.05$ ), but it did differ in the weight of the egg ( $P\leq 0.05$ ). The color of the egg is not associated with the supplement ( $P>0.05$ ), on the other hand the condition of the egg (white, pink, broken, brittle, dirty, rough and in coltsfoot eggs) and egg size (very large, large, normal and small), if they are associated ( $P\leq 0.05$ ).

**Keywords:** feeding, intensive breeding, poultry.



## I. INTRODUCCIÓN

La población humana viene incrementándose conjuntamente con el sector avícola mundial, ya que las aves domésticas tienen una contribución sustancial en la seguridad alimentaria y nutrición, proporcionando energía, proteína, y micronutrientes esenciales para el ser humano (Mottet y Tempio, 2017). El ranking de los 7 países que producen más del 90% de huevos en América es como sigue (en miles de toneladas anuales): Estados Unidos, 5498.8; México, 2418.9; Brasil, 1978.7; Colombia, 518.4; Argentina, 513; Canadá, 435.2 y Perú, 316 (Vásquez, 2014). Siendo las regiones de mayor producción a nivel nacional, en orden de importancia, Ica, Lima, La Libertad, Arequipa, Lambayeque, San Martín y Loreto, además se estima que en la sierra la mayor producción es en Cajamarca y Puno (Cumpa, 2014).

Para lograr huevos con un buen tamaño y calidad, es necesario cubrir los requerimientos nutricionales de energía, ácido linoleico, aceite o grasa adicional, aminoácidos digestibles, vitaminas (D) y minerales (calcio, fósforo, manganeso, cobre, zinc, entre otros) (Kingori, 2012).

Resaltamos que la gallina necesita para lograr un buen tamaño de huevo, consumir un nivel de energía metabolizable entre 280 a 300 kcal/kg (Zaviezo, 2016).

La rotura parcial o total de la cáscara posibilita que se pierda el contenido del huevo y peor aún se contamine mediante el ingreso de microorganismos patógenos, generándole pérdidas económicas al avicultor (Inca *et al.*, 2016).

Además, cuando un huevo llega roto al mercado y ensucia a los demás huevos, genera malestar y por ende rechazo del comprador, esto genera problemas a la



empresa, que ve dañada su imagen institucional y la disminución de su rentabilidad. Los avicultores vienen utilizando para mejorar la calidad de la cáscara suplementos nutricionales, sin conocer en realidad sus efectos, por esta razón nos planteamos como objetivo determinar la calidad de la cáscara del huevo de gallinas Novogen Brown suplementadas con metabolitos de vitamina alpha D<sub>3</sub>, minerales orgánicos, minerales inorgánicos y probióticos, en la granja Corporación e Inversiones La Torre Blanca situada en la provincia de Huaral, región Lima.

Una de las limitantes en el presente estudio fue que la línea de gallinas Novogen Brown recientemente ha sido introducida al mercado peruano, por lo que investigaciones respecto al grosor, tonalidad y peso de la cáscara, son escasas.



## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

Ramos (2005), evaluó en Chile fuentes orgánicas e inorgánicas de zinc, manganeso y cobre en la dieta de gallinas ponedoras Hy-Line W-36 durante el segundo ciclo de postura, período comprendido entre las 65 a 84 semanas de edad, los indicadores fueron: producción de huevos, calidad interna y externa del huevo. Utilizaron 140 gallinas las cuales fueron distribuidas en 36 jaulas con 4 aves cada una. La dieta estándar se elaboró en base a maíz nacional, afrecho de soya, afrechillo de trigo y aceite vegetal. Esta dieta se suplementó en los 3 tratamientos de la siguiente manera: T1 o control (80 ppm de  $ZnSO_4$ , 80 ppm de  $MnSO_4$  y 5 ppm de  $CuSO_4$ ); T2 (80 ppm de  $ZnSO_4$ , 80 ppm de  $MnSO_4$  y 5 ppm de  $CuSO_4$  más 40 ppm de Availa Zn®, 40 ppm de Availa Mn® y 7 ppm de Availa Cu®); T3: (120 ppm de  $ZnSO_4$ , 120 ppm de  $MnSO_4$  y 12 ppm de  $CuSO_4$ ). Las evaluaciones de calidad del huevo fueron de dos tipos: registro diario (huevos rotos, quebrados, sin cáscara y sucios expresados como porcentaje) y de análisis mensual (grosor de la cáscara, color de yema). No se encontró diferencias significativas ( $P>0.05$ ) entre tratamientos a excepción del peso del huevo ( $P\leq 0.05$ ). Respecto de la calidad externa del huevo, el número de huevos rotos, color de la yema y grosor de la cáscara no fue diferente significativamente entre tratamientos ( $P>0.05$ ), pero sí lo fue con relación al número de huevos sucios, quebrados y sin cáscara ( $P\leq 0.05$ ).

Salazar (2008), evaluó en Guatemala la adición de minerales orgánicos e inorgánicos, sobre la calidad externa de la cáscara de huevo en gallinas ponedoras Lohman Blanca de 43 semanas de edad, con una duración de 35 días. Trabajó con dos grupos, al grupo



dos grupos, al grupo A, se le ofreció alimento balanceado para aves de postura con núcleo vitamínico de minerales orgánicos y al grupo B, el mismo alimento con núcleo vitamínico de minerales inorgánicos. Las variables evaluadas fueron: 1) a nivel de campo: porcentaje de huevos rotos. 2) a nivel de laboratorio: peso del huevo y grosor de la cáscara del huevo. El número de huevos rotos considerando la “diferencia de porcentajes”, resultó diferente estadísticamente entre grupos ( $P \leq 0.05$ ). Cuando se comparó el peso del huevo y grosor de cáscara entre ambos grupos, utilizando el estadístico “t de Student”, no existió diferencia ( $P > 0.05$ ).

González *et al.* (2016), evaluaron en Colombia el efecto de la suplementación de dos fuentes de vitamina D<sub>3</sub>, 1 $\alpha$  – hidroxicolecalciferol (1 $\alpha$ -OH-D<sub>3</sub>) y 25–hidroxicolecalciferol (25–OH-D<sub>3</sub>), en la presencia de fitasa, sobre los indicadores productivos, como la calidad externa del huevo. Se utilizaron 360 gallinas Lohmann Brown de 55 – 68 semanas, distribuidas entre 4 tratamientos con 6 réplicas por tratamiento y 15 aves por replica. Las dietas fueron: T1 (dieta con 50 g/t de fitasa), T2 (igual a T1 más la adición de 12.5 g/t de (1 $\alpha$ -OH-D<sub>3</sub>) sin valorar los aportes de calcio y fósforo), T3 (igual a T1 con la adición de 12.5 g/t de (1 $\alpha$ -OH-D<sub>3</sub>) considerando una liberación de 0.05% del fósforo y calcio disponible), T4 (igual a T1 con la adición de 5.52 g/t de (25–OH-D<sub>3</sub>) considerando una liberación de 0.05% del fósforo y calcio disponible). Todas las aves tuvieron acceso a agua y alimento de acuerdo a la recomendación para la línea comercial. Las variables fueron: porcentaje de postura, calidad de huevo, los resultados no fueron significativos ( $P > 0.05$ ) por la fuente ni el tipo de inclusión de la vitamina D<sub>3</sub>. Sin embargo, el uso de la vitamina

matrizada mostró un beneficio económico neto, representado en menor costo de producción y mayor ingreso por ventas de huevo.

Inca *et al.* (2016), llevaron a cabo en Perú un estudio observacional en la Unidad de Avicultura de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Se utilizaron 870 huevos provenientes de 16 poblaciones distintas de gallinas Hy Line Brown. Se consideraron dos períodos de colección de datos: período I (75 – 77 semanas de edad) y período II (85 – 87 semanas de edad). Se realizaron mediciones de la calidad externa de huevo (peso de huevo, peso y espesor de cáscara); además, se calcularon los indicadores de calidad de cáscara y peso de cáscara por unidad superficial. Para las estimaciones, se utilizaron las siguientes fórmulas: peso de cáscara por unidad superficial ( $\text{mg}/\text{cm}^2$ ) = peso de huevo (g)/área superficial del huevo (ASH). Los resultados para el peso de huevo fueron influenciados significativamente ( $P \leq 0.05$ ) por la edad de la gallina, siendo este mayor en el período II, por su parte, el peso de la cáscara presenta diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) entre semanas de edad siendo esta mayor en el período II. El grosor de cáscara fue mayor en huevos del período I y la diferencia fue estadísticamente significativa ( $P \leq 0.05$ ). Respecto al peso de cáscara reportaron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre períodos, se observa mayores valores para el período II. Por su parte para el peso de huevo por unidad de área superficial fue mayor para huevos de gallinas del período II. En conclusión, los indicadores de calidad externa y calidad de cáscara del huevo son afectados por la edad de las gallinas ( $P \leq 0.01$ ).

Oruna (2015), durante 8 semanas evaluó el efecto de la suplementación de minerales orgánicos sobre los parámetros productivos de ponedoras comerciales Hy Line Brown.



Se emplearon 168 gallinas de postura comercial de la línea genética Hy line Brown de 35 – 42 semanas de edad con peso vivo y condiciones sanitarias homogéneas distribuidos al azar en tres tratamientos. El tratamiento T1 y T2 recibieron la misma dieta base suplementada con diferentes cantidades de mineral orgánico (250 y 500 g/t) ya T0 (testigo) se le suplementó con minerales inorgánicos. Los resultados mostraron que los tratamientos con mineral orgánico no tuvieron efectos significativos ( $P>0.05$ ) en el porcentaje de huevos en fáfara. Se concluyó que la suplementación con minerales orgánicos (250 y 500 g/t) en la dieta, aumentó el peso promedio del huevo y disminuyó el porcentaje de huevos rotos y quebrados.

Hidalgo *et al.* (2015), evaluaron en Chile el potencial de la suplementación de una combinación de probióticos, minerales orgánicos y metabolito de vitamina D<sub>3</sub> en la calidad de cáscara de huevos de ponedoras comerciales Hy Line W-36 de 50 semanas de edad. La muestra consistió en 64 animales, 32 en T1 y 32 en T2 (8 repeticiones de 4 aves cada uno), distribuidos en forma aleatoria. El tratamiento (T1) fue diseñado según las recomendaciones de la guía genética Hy Line 2011. El segundo tratamiento (T2) consistió en la misma dieta del T1 con adición de un aditivo con base a minerales orgánicos (Mn, Zn), metabolito de vitamina D<sub>3</sub> y probióticos. Luego de 20 semanas de experimentación, se concluyó que existe una baja en la calidad de cáscara a partir de las 58 semanas para ambos tratamientos. A pesar de que esta disminución en la calidad de cáscara ocurre en ambos grupos, los resultados experimentales sugirieron que la suplementación de minerales orgánicos, metabolito D<sub>3</sub> y probióticos, producen efectos beneficiosos en la capacidad de deformación y resistencia a la fractura de la cáscara.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1 Características del sector, población y producción nacional**

La distribución de la producción avícola nacional de aves se estimó en pollos (79.9%), pavos (0.9%), gallina de postura para consumo (15.0%), gallina de postura para descarte (1.9%), y otras aves (2.4%) (MINAGRI, 2018). La población nacional de gallinas ponedoras es de aproximadamente 76639600, existiendo en Apurímac 357 800, con una producción de 142 toneladas de huevos. Las regiones con mayor producción de huevos son: Ica 38.7%, Lima 18.7%, La Libertad 16.8%, Lima Metropolitana 9.7%, San Martín 3.5% Ucayali 1.0%, Loreto 1.2%, Madre de Dios 0.6%, mientras en la sierra se dan en Cajamarca 0.6%, Ayacucho 0.3%, Cusco 0.3%, Apurímac 0.1%, (SIEA, 2017).

En Perú, el consumo anual promedio/persona/año de huevos es 198 huevos que es bajo comparado con México (354 huevos), Argentina (230 huevos) (GESTIÓN, 2016).

### **2.2.2 Taxonomía de la gallina**

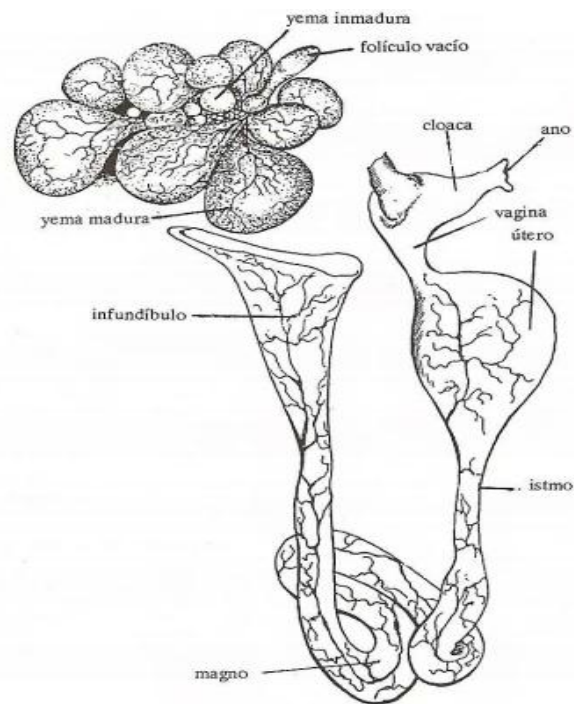
Según Mendiola (2002), la taxonomía de la gallina doméstica es la siguiente: reino Animalia; filo Chordata; sub-reino Metazoos; clase Aves; orden Galliformes; familia *Phasianidae*; género *Gallus*; especie *Gallus gallus*; subespecie *Gallusgallus domesticus*.

### 2.2.3 Origen de la gallina de postura actual

El origen de la gallina se remonta a 120 millones de años cuando aparecieron los dinosaurios. El *Sinosauriapteryx* fue el primer eslabón dentro de esta evolución de los dinosaurios hasta que apareció *Archeopteryx*, el cual contaba con plumas y hacia vuelos rudimentarios, esta evolución tardó 70 millones de años. Son los vertebrados más numerosos de la tierra, después de los peces y están delicadamente adaptados para explorar casi todos los hábitats. La base de la avicultura moderna es el *Gallus gallus domesticus*, que es el nombre científico de la gallina doméstica, de la cual se desarrollaron 300 variedades y razas puras, sin embargo, pocas sobrevivieron comercialmente en la industria avícola (Díaz, 2005). Algunos consideran que las razas actuales provienen de cuatro especies salvajes que son: *Gallus gallus* (Bankiva), especie salvaje; *Gallus lafayette*, originario de Ceilán; *Gallus somerati*, originario de India y *Gallus varius* originario de Java. Su domesticación de la gallina propiamente dicha tuvo su origen en India (García, 2003).

### 2.2.4 Anatomía del aparato reproductor de la gallina

En las aves, el aparato reproductor de la gallina está compuesto por dos partes principales, el ovario y oviducto.



*Figura 1. Esquema del aparato reproductor de la gallina (Antruejo, 2010).*

#### a) Ovario

En el momento de eclosión (nacimiento de la pollita) el ovario izquierdo pesa 0.3 g, básicamente está constituido por un tejido conjuntivo que envuelve una serie de capilares sanguíneos y de células denominadas intersticiales, capaces de sintetizar hormonas esteroideas, durante las primeras semanas evoluciona de forma lenta llegando a tener a las 12 semanas una longitud aproximada de 1.5 cm y llegando a alcanzar a la madurez sexual un peso de 50 – 60 g (Domínguez, 2012). El ovario de una gallina adulta, tiene aproximadamente 1.2 – 3.4 cm de longitud; 0.8 – 2.2 cm de ancho y 0.35 – 1 cm de alto, el ovario izquierdo único funcional de la gallina se encuentra situado en la cavidad abdominal izquierda (Angulo, 2009). Debajo de la arteria aorta y de la vena cava posterior se apoya sobre el riñón, pulmón, y por la parte posterior, sobre el saco aéreo abdominal izquierdo (Ricaurte, 2006). Y está

sujeto por un ligamento mesoovarico, es un órgano de aspecto arracimado por la presencia de gran número de folículos en diferentes estados evolutivos (Angulo, 2009).

## **b) Oviducto**

Órgano tubular, hueco y flexuoso, relativamente largo de 60 – 65 cm de largo y 40 g de peso (Menéndez, 2005; IEH, 2009), que va desde la región del ovario hasta la cloaca, se enrolla en forma de espiral para que pueda alojarse dentro de la cavidad abdominal del ave (Sevilla, 2015). Se presenta como un tubo de color rosa pálido, que se extiende desde la región del ovario a la cloaca. El oviducto no es solamente un órgano tubular si no que produce sustancias importantes en la composición y estructura del huevo además cumple un papel importante en la conservación de espermatozoides y fecundación (Mattiello, 2010). Anatómicamente se divide en una serie de segmentos con funciones determinadas y en estos se irán depositando los diferentes componentes que conforman el huevo (Martin, 2015).

### **b.1) Infundíbulo**

Primer segmento del oviducto con forma de embudo invertido y con paredes finas, lugar donde la yema es capturada tras la ovulación (Martin, 2015). Ocurre la fertilización en la porción del cuello, donde el espermatozoide reside en la mucosa aguardando la llegada del ovocito (Mattiello, 2010). Mide 9 cm de longitud, presenta repliegues en su mucosa (Ricaurte, 2006). Aquí se forman las dos capas más externas de la membrana vitelina, que representan 2/3 partes del total y juegan un papel



importante en la protección de la yema, evitando la entrada de agua desde la clara (IEH, 2009).

### **b.2) Magnum o magno**

Segmento más largo del oviducto de 33 cm de longitud, presenta grandes pliegues y dispone gran cantidad de células y glándulas secretoras y tiene lugar la formación del albumen denso del futuro huevo y su parcial hidratación (Ricaurte, 2006; Martin, 2015). Cuando el huevo sale del magno, el albumen presenta un aspecto gelatinoso denso ya que solo contiene un 50% del agua, y pesa alrededor de 15 g. El proceso de hidratación y estructuración del albumen acaba en el útero (IEH, 2009).

### **b.3) Istmo**

Segmento pequeño de 10 cm de longitud más reducido que el mágnium, con repliegues de la mucosa menos asentados, aquí comienza la secreción de las membranas testáceas (interna y externa), e iniciación de la cáscara (Ricaurte, 2006). Además, se formarán membranas proteicas que protege la clara y la membrana testácea interna (Martin, 2015).

### **b.4) Útero**

Aquí rota el huevo dando lugar a la torsión de las fibras proteicas del albumen denso, formándose las chalazas, que sostienen centrada la yema. Por lo tanto, el útero, complementariamente al magno, es responsable de las propiedades fisicoquímicas de la clara y yema (IEH, 2009). En el útero se forma la cáscara propiamente dicha (Ricaurte, 2006) y se lleva a cabo la mineralización, con carbonato de calcio,

magnesio, manganeso y fósforo, de la membrana testácea externa. La falta de estos minerales ocasiona huevos fárfara, deformes, rugosos y descoloración de la cáscara, las alteraciones pueden ser causada por gran variedad de patógenos como: enfermedades virales, deficiencia de vitaminas y minerales (Casaubon, 2015).

#### **b.5) Vagina**

Conducto muscular y estrecho que representa el tramo final del oviducto y desemboca en el urodeum de la cloaca, junto con el útero contribuye a la expulsión muscular del huevo, mecanismo regulado por la oxitocina y la arginin-vosotocina neurohipofisiaria, las deficiencias de calcio predisponen a la retención del huevo debido a disfunción muscular o formación de huevo sin cáscara (Mattiello, 2010). El paso del huevo en la vagina es de solo dos a tres segundos, al momento de la ovoposición es recubierta la cáscara por una cutícula de origen proteico que obstruye los poros impidiendo la entrada de gérmenes (Casaubon, 2015).

#### **b.6) Cloaca**

Aquí se retiene al huevo completo, antes de la postura, generalmente se expulsa rápido, pero puede también permanecer varias horas. Si la gallina no es molestada, el huevo sale rotando por su extremo más ancho (Antruejo, 2010).

### **2.2.5 Fisiología respecto a la formación del huevo de la gallina**

Se inicia cuando la yema madura, portadora del disco germinal, recibe la estimulación de la hormona luteinizante (LH) secretada por la pituitaria y se desprende del folículo que la contiene, la yema ahora solo cubierta de una membrana



vitelina, pasa a la primera parte del oviducto que es el infundíbulo (Sevilla, 2015). Para ser rodeada por la membrana vitelina en un período hasta 30 minutos (IEH, 2009). La yema del infundíbulo se dirige al magnum, impulsada por movimientos peristálticos, y empieza a ser cubierta por las primeras capas de albúmina o clara espesa, que constituye cerca de la mitad de la clara total del huevo, a partir de esta clara espesa, y por adición de agua y del movimiento de la yema en el oviducto, se forman las chalazas, una especie de cordones de clara espesa retorcida, que sostienen a la yema en su posición central cuando el huevo se está formando (Vaca, 2003). A continuación, pasa al istmo absorbe agua y se forman las 2 membranas testáceas de la cáscara en 1.5 horas. En el útero se forma la cáscara del huevo, está formada casi totalmente de carbonato de calcio y pequeñas cantidades de sodio, potasio y magnesio (Sevilla, 2015). Su formación dura 5 horas; y en las 15 horas restantes, se produce la expulsión, una vez formado el huevo se producirá la expulsión a través de la cloaca o vagina. El huevo sale con fuerza gracias a las contracciones de la musculatura lisa que rodea a la mucosa. En algunas gallinas, 1 hora antes de la ovoposición, el huevo gira 180 grados y sale primero la parte roma (IEH, 2009).



**Tabla 1.** Proceso de formación del huevo

Oviducto	Tiempo	Longitud	Función
Infundíbulo	15 -30 min	9 cm	Fecundación
Magnum	2-3 h	33 cm	Albúmina o clara espesa
Ítmo	1.5h	10 cm	Membranas testáceas
Útero	20 h	10-12 cm	Cáscara y cutícula
Vagina	30 min	12 cm	Expulsión
<b>Total</b>	<b>25 h 30 min</b>	<b>65 cm</b>	

Menéndez (2005).

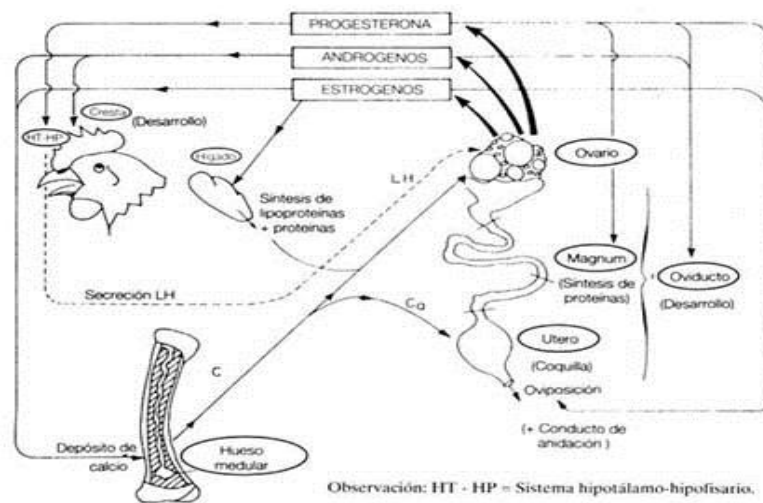
### 2.2.6 Funciones del ovario de la gallina

Las funciones principales del ovario son:

#### a) Síntesis de esteroides

El ovario, bajo el control de las hormonas gonadotrópicas de la hipófisis, segrega los tres tipos de esteroides sexuales: estrógenos, andrógenos y progesterona (Caravaca *et al.*, 2003). Las funciones principales de los estrógenos son: crecimiento del oviducto, síntesis de las proteínas y lípidos de la yema en el hígado, transporte sanguíneo de las proteínas de la clara en el magnum, formación del hueso medular, junto con parathormona, aumento de la retención fosfo-cálcica al inicio de la postura, aparición de los caracteres sexuales secundarios y separación de huesos pelvianos. Los andrógenos, por su parte, actúan estimulando el crecimiento de la cresta y otros caracteres secundarios, como ensanchamiento y suavidad de los huesos pelvianos y

deposición de pigmentos en el pico. Por último, la progesterona, es secretada por las células de la granulosa del folículo preovulatorio, y en menor medida por el postovulatorio, es esencial para la ovulación, controla los ritmos de ovulación (Onagbesan *et al.*, 2009).



**Figura 2.** Hormonas que intervienen en la reproducción (Peralta y Miazzo, 2002)

### b) Formación de los gametos (oogenesis)

En estado embrionario y al final de la etapa del desarrollo ya se inicia el proceso de oogenesis, correspondiente al momento de la transformación de las células germinales en oogonias. Las oogonias sufren repetidas divisiones mitóticas, dando lugar a los oocitos primarios, que son células diploides tienen  $2n$  cromosomas, estando en profase meiótica en el momento de la eclosión del núcleo del mencionado oocito, 24 horas antes de tener lugar la ovulación en el folículo preovulatorio listo para ovular tiene un proceso de división reduccional, por la cual queda un oocito haploide denominado oocito secundario, y la expulsión del primer corpúsculo polar o

glóbulo polar. La expulsión del segundo corpúsculo polar se realiza tras la ovulación y fecundación en el infundibulum (Domínguez, 2012).

### **c) Formación de la yema de huevo (vitelogénesis)**

El vitelo o yema de huevo es un proceso muy largo que se inicia en la pollita cuando es muy joven y termina antes de cada ovulación, pero es justo durante la última semana antes de la puesta del huevo cuando tiene el mayor desarrollo (Angulo, 2009). El material de la yema, se produce en el hígado y llega al folículo por la sangre. Después de 1 a 2 días se inicia la formación de la segunda yema, y así sucesivamente hasta que hay 5 – 10 yemas en formación, momento en el cual se produce la primera oviposición. Es decir que se precisan de 8 a 10 días para que madure la yema (Antruejo, 2010). La yema formada presenta alternancias más o menos claras de color cuya coloración varía en función del tipo y concentración de carotenoides del alimento consumido por gallina (Domínguez, 2012).

### **2.2.7 Principales hormonas relacionadas con la reproducción**

El fotoperiodo (longitud del día) es captado por los receptores intracraneales y oculares en el ave. Esa información es traducida a señales que involucran la producción de melatonina y de tirotrófina, cuyo órgano blanco es el hipotálamo. Este órgano produce factores liberadores de las gonadotrofinas, que en las aves se denominan LHRH I y II, que se van a producir y liberar según la edad del ave. Su órgano blanco en la pituitaria (hipófisis), donde produce la liberación de las gonadotrofinas como la LH (hormona luteinizante), en las hembras, participa en el desarrollo del ovario, cumpliendo un papel fundamental en la ovulación y



producción de estrógenos y progesterona, mientras que en los machos es responsable de la producción de testosterona en las células de Leydig (Madineni *et al.*,2008; Burns y Matzuk, 2002).Y la FSH (hormona folículo estimulante), responsable del crecimiento folicular y de la producción de estrógenos en los folículos pequeños del ovario. La LTH (prolactina), responsable de la cloquez (comportamiento maternal) y la pelecha (muda), interviene en el metabolismo del agua, así como presenta una acción antagónica a la FSH y LH, de ahí que su predominio relativo inhiba la puesta (Angulo, 2009).

### **2.2.8 El huevo**

El huevo resulta de la ovulación de la gallina (*Gallus gallus domesticus*) y de otras especies como el pato, codorniz, ganso, avestruz y pavo. Es consumido en todo el mundo y se caracteriza por su bajo costo y alto valor nutricional. El huevo es un alimento sano y completo, protegido por una cáscara y rico en proteínas (principalmente albúmina) y lípidos. Es un alimento de fácil digestión, que se utiliza en múltiples platos dulces y salados, cumpliendo un papel primordial en la dieta humana, sobre todo debido a una importante cantidad de nutrientes de elevado valor biológico por su contenido en aminoácidos esenciales (Aburto, 2008).

### **2.2.9 Estructura del huevo**

Es importante conocer la estructura del huevo para comprender cómo debe ser manipulado. De este modo se garantiza la máxima calidad y seguridad de este alimento. La estructura del huevo está diseñada por la naturaleza para dar protección y mantener al embrión del que surgiría el pollito después de la eclosión. Por esta

razón, el huevo se encuentra protegido de la contaminación exterior por las barreras físicas (cáscara, cutícula y las membranas testáceas) y por la barrera química (lisozima y fosvitina) (IEH, 2009). El peso medio de un huevo para consumo suele ser de unos 60 g aproximadamente, la cáscara que lo envuelve le confiere una forma ovalada y puede tener un color blanco o entre amarillo y marrón, que depende de la genética del ave. El corte transversal de un huevo permite diferenciar nítidamente: la cáscara, la clara o albumen y la yema, separadas entre sí por membranas que mantienen su integridad (Hernández y Ruiz, 2010).

#### **a) Yema o vitelo**

La yema está constituida por múltiples capas de vitelo blanco y amarillo, un disco germinal, una membrana vitelina y latebra, contiene las células germinales, donde se produce la fecundación y después el desarrollo embrionario. Este es posible gracias a la gran riqueza de nutrientes de la yema (IEH, 2015). En la yema se encuentran las principales vitaminas, lípidos y minerales del huevo y por ello es la parte nutricionalmente más valiosa (IEH, 2009). La yema de huevo es uno de los pocos alimentos que naturalmente contiene vitamina D, posee una amina terciaria esencial e imprescindible para mantener la integridad de la membrana, denominada colina (Castañeda y Gómez, 2010). Representa el 30 – 33% del huevo (Sastre *et al.*, 2002).

#### **b) Clara o albumen**

La clara es una solución coloidal que está compuesta de agua 88%, proteínas 12%, carbohidratos 0.9%, minerales y trazas de lípidos 0.6%. Las proteínas que la conforman son: ovoalbúmina, conalbúmina, ovomucoide, lisozima, ovomucina, avidina,

ovoflavoproteína (IEH, 2015) Siendo la ovoalbúmina la más importante, cuyas propiedades son de especial interés tanto desde el punto de vista nutritivo y culinario. Nutricionalmente, su riqueza en aminoácidos esenciales se encuentra en la molécula de las proteínas (Hy Line, 2013). Se compone de 4 capas que forman el llamado “saco albuminoideo”, cuya función es proteger a la yema: capa fina interior fluida, capa intermedia densa, capa gruesa fluida y capa fina exterior densa (IEH, 2018).

### **c) Cáscara**

La cáscara es bastante porosa, constituida principalmente por carbonato de calcio y la recubre una cutícula proteica que constituye la barrera más importante contra la invasión bacteriana y regula el intercambio de gases (Downes y Ito, 2001). Constituye un 9 – 12% del peso del huevo y se compone de carbonato cálcico 94%, carbonato magnésico 1%, fosfato cálcico 1% y materia orgánica 4% (Sastre *et al.*, 2002). Su color depende de la presencia de un pigmento compuesto por ovoporfirinas, ligado a la raza de la gallina, en su superficie hay numerosos poros (entre 7000 y 15000) que facilitan el intercambio gaseoso entre el interior y el exterior del huevo (IEH, 2018).

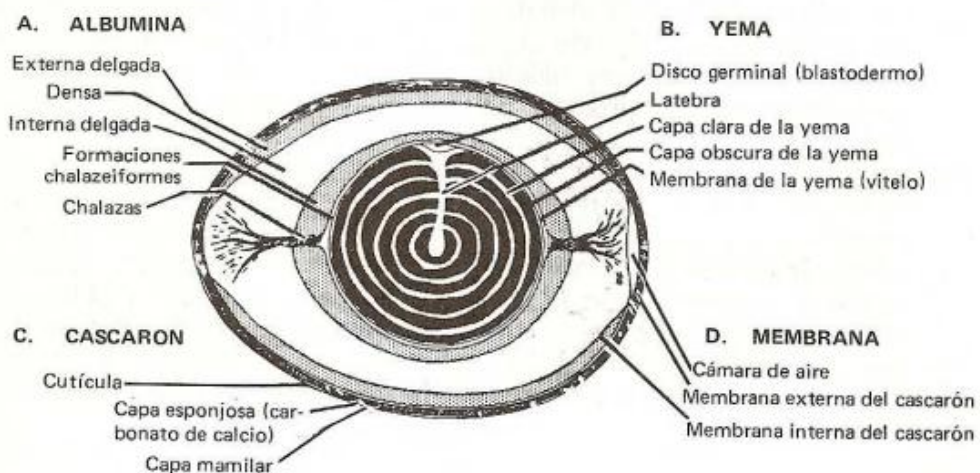
### **d) Membranas testáceas (interna y externa)**

Las membranas de la cáscara de huevo de gallina se conocen también como membranas testáceas, membranas intersticiales o fáfara y corresponden a las capas más internas de la cáscara. Juntas tienen un espesor aproximado de 65 – 96  $\mu$ . Se encuentran dispuestas en dos capas, una interna de 15 – 26  $\mu$  de espesor, que está en contacto con la albúmina y otra externa de 50 – 70  $\mu$  de grosor, que está situada entre

la zona mineralizada de la cáscara y la membrana interna. Las membranas testáceas interna y externa, en el polo más grueso del huevo se separan y dan lugar a la cámara de aire, representan un 3% aproximadamente del peso del huevo y son parte de las barreras defensivas del huevo contra la contaminación (IEH, 2018). Las membranas se añaden al huevo en la sección del istmo del oviducto, produciéndose poco a poco la calcificación de la cáscara (Hy Line, 2013). La lámina interna presenta fibras más finas que la capa externa y muestra una superficie lisa y homogénea debido a la presencia de un material no fibrilar conocido como manto (Bellairs y Boyde, 1969).

#### e) Cámara de aire

La cámara de aire es el espacio vacío formado entre la clara y la cáscara en el extremo más ancho, se empieza a formar una vez que se produce la contracción del contenido del huevo al enfriarse después de la puesta. Este espacio de aire es muy importante para el desarrollo del embrión, permite la evaporación y absorción dentro de la estructura rígida, es útil al polluelo para su movilidad (Gómez y Valero, 2006).



**Figura 3.** Estructura del huevo (Antruejo, 2010).

### **2.2.10 Calidad de huevo**

La calidad del huevo es un término general que se refiere a diversos estándares externos e internos (Koelkebeck, 1999). Los aspectos externos de los huevos incluyen peso, forma, color, grosor de cáscara, peso de cáscara, densidad de cáscara, y textura. El peso, forma y color son factores que influyen en la clasificación, precio y preferencias del consumidor. Los aspectos internos del huevo se tienen en cuenta el albumen (altura y viscosidad), tamaño de la cámara de aire, la forma y el color de la yema (Kingori, 2012). En las variedades de huevo blanco, la cáscara de color blanco es puro y uniforme, mientras en las variedades de huevo marrón, la cáscara es de color marrón oscuro uniforme, después de romper el huevo y colocar su contenido en una superficie plana, la apariencia de la yema debe ser de un color claro, con apariencia de un gel y libre de inclusiones. Una yema en buenas condiciones presenta un color uniforme que va entre un amarillo brillante a naranja, fijada por las chalazas en el centro del huevo (Hy Line, 2017).

### **2.2.11 Calidad externa del huevo**

#### **a) Peso del huevo**

Es el parámetro en el que se basa la legislación europea para catalogar los huevos para consumo directo humano, el consumidor conoce por el etiquetado el peso de los huevos, es un criterio económico fundamental para el productor de huevos, precisándose un equilibrio en el mismo. Los huevos pequeños disminuyen el rendimiento económico del grupo mientras que huevos excesivamente grandes aumentan el número de huevos rotos y fisurados (Rodríguez, 2016). La clasificación



de los huevos por peso se da de la siguiente manera: huevos pequeños (43 – 53 g), medianos (53 – 63 g), grandes o comerciales (63 – 73 g), muy grandes (73 g a más) (Hy line Brown, 2016).

#### **b) Grosor de la cáscara**

Para la medición del espesor de la cáscara, se tiene en cuenta que una cáscara resistente es aquella que puede absorber y tolerar mayor impacto y otras fuerzas físicas sin agrietarse, los huevos con cáscara delgada y muy porosa están sujetos a una evaporación más intensa pierden peso con mayor rapidez siendo de menor calidad que los que poseen cáscara grueso y poco poroso. La integridad está relacionada con su estructura y el patrón con el cual los minerales de calcio se depositan formando las diferentes capas de la cáscara (Hy Line, 2013.; Abarca, 2011). El grosor medio de la cáscara del huevo es de 0.35 mm, y huevos menores a 0.30 mm son considerados como no apropiados para su comercialización ya que son relacionados a valores bajos de resistencia (Saer *et al.*, 2017).

#### **c) Color de la cáscara**

La gallina tiene una capacidad constante de secreción de protoporfirina en la glándula calcífera a lo largo del ciclo de puesta, así que la variación de coloración está relacionada con el tamaño del huevo (Odabasi *et al.*, 2007. El color marrón de los huevos proviene de la deposición de porfirinas, que son pigmentos sintetizados a partir de la hemoglobina sanguínea, y depositados como protoporfirina y biliverdina a través de las células superficiales de la glándula calcífera del oviducto (Baird *et al.*, 1975). Las situaciones fuertes de estrés siempre van a provocar una falta de

coloración de la cáscara del huevo (Zaviezo, 2016). La preferencia del color de la cáscara es una característica importante para ser estudiada debido a la demanda del mercado. Es así que en Francia los consumidores en forma casi unánime demandan huevos marrones a diferencia de los Estados Unidos y Brasil, donde se prefieren huevos blancos (Hunton, 1981; Souza, 2008).

### **2.2.12 Calidad interna del huevo**

#### **a) Color de la yema**

El contenido de la ración, influye enormemente en la composición de la yema, por lo tanto, manipulando la nutrición, se puede modificar la estructura y color de ella, las aves ponedoras poseen capacidad individual diferente para transportar pigmentos a la yema. Así también, huevos de cáscara color marrón, poseen un color de yema más intenso que huevos de cáscara blanca. Las aves de color marrón depositan más xantofilas que aves blancas, debido a un mayor consumo de alimento (Blas, 1991). La pigmentación de la yema de huevo ha sido una característica de suma importancia a la hora de su comercialización. Actualmente el consumidor exige colores más intensos en este producto debido a que asocia una pigmentación más alta con animales sanos y un huevo de mejor calidad comparado con uno que tenga el color de la yema pálida. La preferencia por la tonalidad de color depende de las culturas de distintos países (Rodríguez *et al.*, 2006). Se puede observar que en Alemania, Italia y España prefieren la tonalidad 14, Francia, Reino Unido la 12 – 14 y Brasil la 12 (Souza, 2008). En Estados Unidos, Irlanda y Perú prefieren la tonalidad 9, mientras que en Venezuela y Argentina 8 (Becerril, 1988).



### 2.2.13 Contaminación del huevo por bacterias

Para que un microorganismo produzca alteraciones en el huevo, debe penetrar a través de los poros de la cáscara hasta a la membrana interna, crecer sobre la membrana y alcanzar la clara o la yema (Mossel, 2003). Las bacterias del género *Salmonella* están asociadas a las aves y los huevos, siendo éstos los principales vehículos de su distribución e infección en el hombre. Colonizan el tracto gastrointestinal, principalmente el buche y el ciego, y se diseminan entre las aves a través de la ruta fecal-oral. En particular *S. Gallinarum*, *S. Pullorum*, *S. Enteritidis* y *S. Typhimurium* presentan una afinidad por las aves (Wigley *et al.*, 2005). Existen otras bacterias asociadas con más frecuencia al deterioro del huevo como son Gram-negativos: *Pseudomonas fluorescens*, *Acinetobacter*, *Moraxella*, *Alcaligenes*, *Proteus*, *Escherichia* y *Serratia* (Mossel, 2003).

### 2.2.14 La cáscara del huevo

La cáscara está constituida en su mayor parte por una matriz cálcica en cuya composición están presentes pequeñas cantidades de proteínas, mucopolisacáridos y calcio, este último componente, es el elemento más abundante y de mayor importancia. Sin embargo, existen concentraciones muchos menores de sodio, magnesio, zinc, manganeso, hierro, cobre, aluminio y boro (IEH, 2007). Poseen numerosos poros que forman túneles entre los cristales minerales y que permiten el intercambio gaseoso entre el interior y el exterior. El número de estos poros varía entre 7 000 y 16 000, con un diámetro aproximado de 20 – 45 micrones (IEH, 2009).



### **2.2.15 Composición de la cáscara**

En forma general la cáscara está compuesta por agua 1.6%, proteínas 3.3%, minerales 95.1%, y en forma más específica por carbonato de calcio 93.6%, fósforo 0.3%, magnesio 0.8%, fosfato tricálcico 0.8% y materia orgánica 3.3% (Buxade, 1987; Arias *et al.*, 1991).

### **2.2.16 Estructura de la cáscara de huevo**

Está constituida por tres capas, como son:

#### **a) Capa mamilar**

Caracterizada por la presencia de acumulaciones discretas de materia orgánica que se entremezclan con el material fibrilar de la subcapa exterior de las membranas de la cáscara, sus botones mamilares corresponden a los sitios donde se inicia la formación de cristales de la cáscara, son difíciles de distinguir con microscopia electrónica de barrido y solo se hacen evidentes en secciones descalcificadas (Robinson y King, 1968).

#### **b) Capa empalizada**

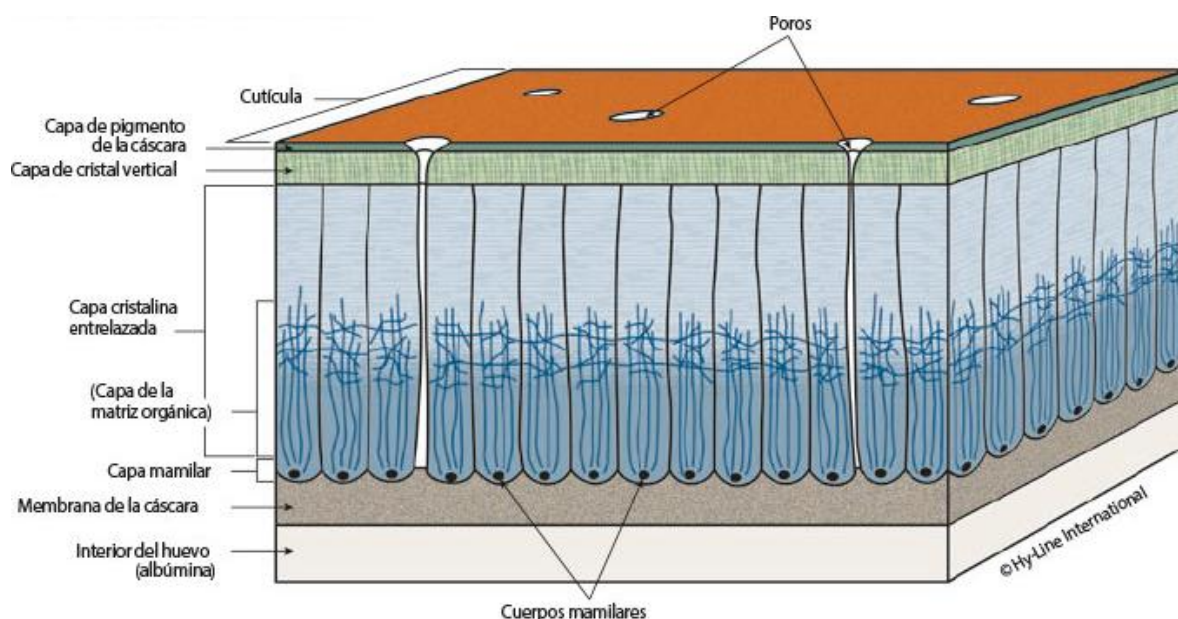
Esta capa empieza por sobre los botones mamilares donde los cristales se hacen confluentes y termina en la cutícula (Parsons, 1982). Corresponde a la capa de mayor espesor (200 pm) y está compuesta de una parte inorgánica (carbonato de calcio) y una parte orgánica. Tanto la parte del inorgánica y orgánica de la capa empalizada, está estructurada en columnas entre las cuales se delimitan los poros de la cáscara (Board, 1982), que suelen conectarse en el polo más obtuso del huevo (Romanoff *et*

*al.*, 1949). Su función está directamente relacionada con el intercambio gaseoso, siendo la capa empalizada la capa más resistente al paso de los gases (Pahanelli, 1980).

### c) Cutícula

Corresponde a la capa más exterior del huevo que recubre por completo la porción calcificada de la cáscara y tiene un espesor promedio de 10  $\mu$ . Su superficie es irregular dado que su espesor varía en diversas regiones del huevo entre 0.5 – 12.8  $\mu$ , estas diferencias de espesor son el reflejo de la presencia de hendiduras, algunas de las cuales marcan la abertura de los poros de la cáscara y los cubre en forma de tampones (Parsons, 1982). Su principal función es contribuir a la prevención de la excesiva pérdida de agua desde el huevo y favorecer el intercambio de gases (Peebles y Brake, 1986; Peebles *et al.*, 1987), su principal composición es la mucina, glicoproteína de alto peso molecular asociadas a moléculas de carbohidratos, además protege al huevo de invasiones bacterianas, posiblemente debido a mecanismos de reconocimiento y ligamiento de bacterias a través de los residuos de carbohidratos como las glicoproteínas (Roussel *et al.*, 1988).





**Figura 4.** Estructura de la cáscara (Hy Line, 2017).

### 2.2.17 Formación de la cáscara del huevo

La cáscara del huevo se forma durante su paso a través del oviducto (24 a 25 horas); después de la fertilización del huevo, éste permanece de 2 a 3 horas en el magnum donde se forma la capa perivitelina; posteriormente permanece de 1 a 2 horas en el istmo donde las dos membranas testáceas y la matriz orgánica de la cáscara son construidas. El huevo entra a la glándula de la cáscara (GC), por un lapso de 21 horas, donde se lleva a cabo la deposición del calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ). La deposición del carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) es acompañada por grandes cambios en el flujo de potasio ( $\text{K}^+$ ), magnesio ( $\text{Mg}^+$ ), glucosa dentro, sodio ( $\text{Na}^+$ ) y cloro ( $\text{Cl}^-$ ) fuera del fluido de la GC, mientras ellos recirculan dentro de la mucosa de la GC, vía un sistema de transporte activo. La capacidad de transporte del tejido de la GC está altamente correlacionada con la concentración de la “calbindina”, proteína enlazadora de vitamina D dependiente de calcio. El gene de la calbindina es

durante el fenómeno circadiano, correlacionado con el ciclo diario del huevo. En la GC, los genes que codifican proteínas que juegan el papel en el control de la calcificación del cascarón, pueden ser regulados por estímulos hormonales y no hormonales. El flujo de calcio es considerado uno de los estímulos principales no hormonales, que afecta la expresión de los genes (Troncoso y Rodríguez, 2014).

### **2.2.18 Calcio**

El calcio es uno de los elementos necesarios para el mantenimiento, producción de huevo y buena calidad de la cáscara, tiene dos orígenes, orgánico e inorgánico. La conchuela es una de las fuentes orgánicas importantes de calcio, contiene 38% de calcio (Fraga, 1985). El calcio es uno de los minerales esenciales para la alimentación de las gallinas, tanto por su función vital como componente principal de la estructura ósea, el balance ácido-base y el sistema enzimático, como por su participación en la composición de la cáscara del huevo. El carbonato cálcico ( $\text{CaCO}_3$ ) es considerado como la principal fuente inorgánica de calcio, siendo obtenida directamente de yacimientos de piedra caliza y pasando posteriormente por un proceso de molienda para ser utilizada en alimentos de los animales, además de brindar un aporte de calcio aproximado de 39%, por su origen el  $\text{CaCO}_3$  podría contener agentes contaminantes en cantidades variables (Mateos, 1998). Asimismo, el aporte de calcio que se adiciona a los alimentos debe ser lo más puro posible, conteniendo a lo más entre 2 – 3% de impurezas, además de contener otro tipo de nutrientes como fósforo (Hand *et al.*, 2000). El calcio desempeña importantes funciones metabólicas como: formación y mantenimiento de los huesos, contracción de los músculos esqueléticos, cardiacos y lisos, coagulación de la sangre, regulación del ritmo cardiaco en unión de sodio y



de los músculos esqueléticos, cardíacos y lisos, coagulación de la sangre, regulación del ritmo cardíaco en unión de sodio potasio, ganancia de peso y utilización de alimentos, producción de huevos y calidad de cáscara, transmisión de impulsos nerviosos, excitabilidad neuromuscular, catalizador de enzimas, secreción de hormonas y de factores liberadores de hormonas (Díaz, 2011). Un adecuado aporte de calcio mejora la calidad de la cáscara y su coloración, además previene la desmineralización del hueso (osteoporosis) y fracturas. Es de particular importancia incrementar el contenido de calcio después de 50 semanas de edad para satisfacer el incremento en los requerimientos de calcio debido a un aumento natural en el tamaño de huevo, además de ayudar a compensar la pérdida en calidad de la cáscara asociada a la edad (Novogen, 2009).

### **2.2.19 Fósforo**

Es uno de los componentes de mayor importancia en el hueso, aproximadamente el 80% del fósforo del cuerpo está presente en el esqueleto, forma parte importante de compuestos orgánicos implicados en el metabolismo, cumple funciones de metabolismo energético de los hidratos de carbono, grasas, aminoácidos, metabolismo de tejidos nerviosos, química normal de la sangre, está implicado en el almacenamiento y transporte de energía (Díaz, 2011). El nivel dietético de fósforo disponible es importante en la calidad de la cáscara. Durante el crecimiento del ave un nivel y una relación apropiada de calcio y fósforo disponible son necesarios para la óptima calcificación de los huesos y formación del hueso medular. Sin embargo, durante la postura, un nivel relativamente alto de fósforo disponible inhibe la movilización de calcio de los huesos; porque, aunque exista disponibilidad de calcio



dietético durante la noche, la gallina siempre recurrirá al hueso medular para obtener parte del calcio que va a la cáscara y la movilización de calcio del hueso implica la presencia de un alto nivel de fósforo en la sangre. Por lo tanto, es necesario limitar el nivel de fósforo disponible en la dieta, especialmente después de las 60 semanas de edad, para mejorar calidad de cáscara (Zaviezo, 2012).

### **2.2.20 Metabolismo del calcio y fósforo**

La gallina ponedora es uno de los animales con el más eficiente manejo metabólico de calcio y fósforo, siendo capaz de manejar metabólicamente relaciones Ca – P, que en otros animales serían incompatibles con la vida, el metabolismo del calcio está regulado por el nivel de fósforo disponible de la dieta (Díaz, 2011). Intervienen múltiples factores tanto hormonales y no hormonales. Dentro de los primeros sobresalen tres hormonas principales como: vitamina D, PTH, y la Calcitonina, que ejercen su acción en forma selectiva en tres órganos (hueso, tubo digestivo y riñón). El hueso sirve como reservorio de Ca – P, permiten que sean sacados estos minerales cuando sus niveles séricos descienden. El intestino permite absorción de Ca – P, y el riñón regula los niveles séricos de Ca – P aumentando o disminuyendo la excreción renal. La vitamina D, absorbe el Ca – P del intestino y favorece la actividad del hueso aumentando la resorción ósea y mineralización. La hormona paratiroidea (PTH), es la encargada de elevar los niveles de calcio y disminuir el fósforo, para la cual actúa a nivel del hueso extrayendo Ca – P a nivel renal excretado fósforo y reabsorbiendo el calcio, cuya función es la de mantener la concentración de calcio iónico en el plasma dentro de los límites nutricionales requeridos en la etapa fisiológica en la que se encuentre el animal; para cual activa los mecanismos de

excreción o depósito de calcio en los huesos. También dicha hormona controla la excreción renal de calcio y fósforo en la orina (Hernández, 1984; Díaz, 2011). La calcitonina, favorece la entrada de Ca – P al hueso y aumenta la excreción de estos elementos (Hernández, 1984). El nivel de fósforo, puede ser rebajado entre 0.4 y 0.45% sin afectar la calidad de cáscara, incluyendo 5 a 5.5 % de calcio (Keshavarz, 1986).

### **2.2.21 Defectos de la cáscara**

Los numerosos defectos de la cáscara, se deben a alteraciones en la funcionalidad del oviducto bien sea por enfermedades, factores ambientales o nutricionales (Sastre *et al.*, 2002). Aspectos como la forma, color y presencia de manchas de distintos colores pueden ser indicios de defectos de la calidad y del origen de los mismos (Bonilla, 2015).

#### **a) Huevos en fáfara**

Se denomina huevos en fáfara cuando no presentan la adecuada calcificación de la cáscara, sobre todo se produce en aves muy jóvenes, al comienzo de la puesta, donde se puede ver perturbaciones en el proceso de mineralización, la causa sería la hiperovulación (Cruz, 2008), enfermedades como Newcastle, bronquitis infecciosa, laringotraqueitis, síndrome de caída de puesta y útero inmaduro o falta de nutrientes como calcio, vitaminas (E, B<sub>12</sub> y D), fósforo, manganeso y selenio (Bonilla, 2015). También se incluye otras de sus causas la presencia de parásitos o micotoxinas (Martín, 2015).



#### **b) Huevos arrugados**

Se define como una hidratación incompleta del albumen lo que impide la distensión total de membranas testáceas. Suele estar relacionada con la presencia de enfermedades víricas Newcastle y bronquitis infecciosa (Sastre *et al.*, 2002), uso excesivo de antibióticos, consumo excesivo de calcio y deficiencia de cobre (Bonilla, 2015). Se da en huevos de tamaño extra grande, de dos yemas, y podría estar ligado a factores hereditarios (Martín, 2015).

#### **c) Huevos diana**

Las cáscaras de estos huevos se agrietan durante la calcificación y esta grieta se repara mediante el depósito de una capa de calcio por encima, antes de la puesta. Este suceso suele ocurrir cuando la iluminación es incorrecta al superar las 15 horas, existe estrés y aumenta su incidencia con la edad (Martín, 2015).

#### **d) Huevos ásperos**

Suelen presentarse en huevos marrones por un depósito extra de calcio en la cáscara (Sastre *et al.*, 2002). La aspereza o rugosidad de la cáscara se debe a pequeñísimos depósitos de calcio que se producen en gallinas viejas, sometidas a estrés y alimentación inadecuada (Bonilla, 2015).

#### **d) Huevos blancos (pálidos)**

Es un color más pálido en cáscaras de color marrón, se produce cuando las aves están al final del ciclo productivo, o cuando sufre contaminación por *Mycoplasma gallisepticum*, tratamientos prolongados a dosis altas, con tetraciclinas, consumir alimen-

tos contaminados con nicarbazina (Cruz, 2008). Además, destacan otras causas, mala nutrición, parasitosis (ascáridos, capilarias), enfermedades víricas (influenza, bronquitis infecciosa, Newcastle), enfermedades metabólicas, síndrome de la caída de puesta y edad de las gallinas (a medida que la gallina envejece, hay una disminución en la intensidad del pigmento de la cáscara y por tanto se producen huevos más pálidos) (Valbuena, 2015).

#### **e) Huevos sucios con manchas de heces o sangre**

Pueden producirse manchas de sangre o heces por defectos durante la ovoposición (Sastre *et al.*, 2002). La incidencia de este problema es variable y se observa en aves con sobrepeso, cuando hay incrementos fuertes de periodos de iluminación al inicio de la postura (Valbuena, 2015), rotura de vasos sanguíneos durante el esfuerzo de la puesta, canibalismo, excrementos húmedos debidos a una alimentación incorrecta, problemas intestinales (enteritis), ingestión de agua salinas, enfermedad de Gumboro, bronquitis infecciosa, exceso de electrolitos (sodio, cloro, magnesio, exceso de calcio y proteínas en el alimento como la soya integral) (Bonilla, 2015; Zavieso, 2016).

#### **f) Huevos rotos**

Se presentan por la presencia de enfermedades víricas (bronquitis infecciosa, Newcastle, influenza); enfermedades bacterianas (micoplasma) que acarrear la solidez de la cáscara, edema uterino que limita el contacto de la cáscara en formación con el depósito de carbonato de calcio, desequilibrio electrolítico que altera la solidez de la cáscara (nivel alto de cloro 0.3%, y sodio 0.35 – 0.45%), presencia de parásitos



como vermes, coccidios y piojos, que reducen la disponibilidad de nutrientes (Vienot, 2014), edad de las aves (la rotura de huevos aumenta al mismo tiempo que la edad de las gallinas), nutrición, medio ambiente (en verano disminuye el consumo de pienso), deficiencias en la recogida y manipulación posterior de los huevos (REA, 1982). Inclusive se pueden considerar entre otros factores, las jaulas con diseño inadecuado, con partes punzantes, al igual que los equipos de transporte y clasificación de huevos (Zaviezo, 2012).

#### **g) Huevos deformes (grandes o pequeños)**

Los huevos pueden ser demasiado grandes o pequeños, pueden ser redondos o alargados, los huevos pequeños no tienen yema y son mucho más oscuros de lo normal, estos huevos se forman cuando el oviducto de la gallina libera una pequeña pieza de tejido reproductivo o ingresa un cuerpo extraño en el oviducto, lo que provoca la formación irregular del huevo. Los huevos deformes se presentan por un aparato reproductor inmaduro, enfermedades víricas (bronquitis infecciosa, Newcastle, laringotraqueítis), estrés y sobrepoblación de las aves (Bonilla, 2015).

### **2.2.22 Factores que afectan a la calidad de la cáscara**

#### **2.2.22.1 Factores fisiológicos**

##### **a) Edad**

La intensidad de puesta, una vez que se alcanza el pico productivo, se reduce según avanza la edad de la ponedora. Por el contrario, el peso medio del huevo sigue una evolución creciente de manera que las gallinas en producción de más edad ponen

menos huevos, pero de mayor tamaño, que las aves más jóvenes (Ovejero, 1991). Se cree que la gallina es capaz de sintetizar una cantidad uniforme de material para el cascarón en toda su vida, pero al aumentar paulatinamente el tamaño del huevo, este material debe distribuirse sobre una superficie mayor, lo que da como resultado un cascarón más delgado, es decir, que a mayor edad de la gallina menor será el grosor de la cáscara (Abarca, 2011). Cabe mencionar que las modernas estirpes comerciales son capaces de alcanzar un peso de huevo de 60 g a las 26 semanas de edad y de 65.5 g a las 50 semanas, manteniendo este incremento hasta el final de la producción (alrededor de las 72 a 74 semanas de edad) (Nys *et al.*, 2001).

#### **2.2.22.2 Manejo**

##### **a) Condiciones de alojamiento**

La explicación a este hecho puede estar en una mejor adaptación de las gallinas ponedoras, en razón de su actual genética, a la positiva evolución en el manejo de las aves ubicadas en las jaulas y en la mejora del diseño de las mismas con el discurrir del tiempo (Mrode y Akinokun, 1985). Un aumento de huevos desclasificados (huevos sucios, huevos fisurados, y huevos manchados) aumentan considerablemente el riesgo de penetración de *Salmonella spp* a través de la cáscara (Cépero, 2011).

##### **b) Densidad y tamaño del grupo**

Cuando las densidades son elevadas, aumenta la presión sobre la estructura social del grupo, lo que se traduce en un menor bienestar de algunos individuos, lo que se relaciona con el deterioro de los rendimientos intensidad de puesta (Cunningham *et al.*, 1988). La densidad es un factor importante en los galpones de postura,



aumentarla puede ser perjudicial, respecto a que existe mayores roturas de huevos, mortalidad, picaje, menor consumo de pienso, y por ello menor peso vivo; disminuyendo la producción por ave alojada y el porcentaje de puesta (IEH, 2002).

### **2.2.22.3 Factores ambientales**

#### **a) Estrés calórico**

El estrés, es toda alteración o disturbio en el proceso homeostático del animal en condiciones extremas, de origen interno o externo (medioambiental), que actuando sobre el individuo desborda y reduce la eficacia de sus sistemas nervioso, endocrino, circulatorio y digestivo, produciendo cambios medibles en los niveles funcionales de estos sistemas, al tiempo que desencadena un patrón repetido, que prepara al organismo para la lucha o la huida (Havlicek y Slama, 2011). Las aves de corral son más susceptibles a los choques de calor, debido a que no pueden sudar y no poseen glándulas sudoríparas. Por ello, no pueden soportar temperaturas extremas  $> 31^{\circ}\text{C}$  por tiempo prolongado (Mashaly *et al.*, 2010). Los lotes que sufren estrés calórico a menudo ponen huevos con cáscaras débiles y delgadas debido al desbalance ácido/base en la sangre resultando en jadeo (hiperventilación). Cuando el ave jadea para perder calor corporal hay una pérdida excesiva de  $\text{CO}_2$  en la sangre. Cuando el pH en la sangre es más alto se reduce la cantidad de iones de calcio y de carbonato que se transportan al útero para la formación de cáscara (Joaquin, 2017).

#### **b) Humedad relativa**

Una humedad excesiva con una mala ventilación puede resultar en problemas respiratorios y problemas de cama. La temperatura ambiental y la humedad óptima

para las aves debe variar entre 21 a 27°C y una humedad relativa de 40 a 60% (Armijos, 2011).

#### **2.2.22.4 Factores nutricionales**

Los principales factores nutricionales que tienen una influencia significativa en el tamaño de huevo durante la postura son, nivel de energía, ácido linoleico, aceite o grasa adicional nivel de aminoácidos digestibles. La gallina necesita un consumo diario mínimo de energía metabolizable de 280 a 300 kcal/kg para asegurar un adecuado tamaño de huevo, para mejorarlo especialmente al inicio de producción, es recomendable que la dieta contenga no menos de 1.5% de ácido linoleico y grasa adicional, en especial aceites vegetales hasta un nivel de 4%; acompañados de niveles adecuados de aminoácidos indispensables. El nivel de metionina tiene un efecto específico en el peso de huevo (Zaviezo, 2016). A las aves se les debe suministrar una dieta balanceada; la vitamina D, calcio, fósforo, manganeso, cobre, zinc son parte importante para la conservación de la integridad y la calidad de la cáscara, la formulación de las dietas para las aves debe contener un adecuado balance entre el calcio y fósforo. Un desbalance del fósforo puede disminuir la disponibilidad de calcio y vitamina D (Kingori, 2012).

#### **2.2.22.5 Infecciosos**

Es imprescindible una correcta aplicación de los programas de vacunación para la prevención de las enfermedades que la afectan como son la bronquitis infecciosa, el síndrome de caída de puesta y la enfermedad de Newcastle (Zaviezo, 2012). Además, puede ocasionar pérdida de color, deformidad y rugosidad de la cáscara, huevos sin



cáscara (en fáfara) y disminución del número de huevos, estas enfermedades no solo afectan la calidad de la cáscara, también tienen un efecto en la integridad del albumen aumentando el número de huevos deformes (Butcher y Miles, 2003).

#### **2.2.22.6 Genética**

Las estirpes comerciales han sido seleccionadas genéticamente por factores como son el porcentaje de puesta y la calidad del huevo, por lo que el uso de las últimas estirpes comerciales disponibles suele venir acompañado de mejores resultados en cuanto a la calidad de la cáscara y como la calidad del huevo (Ortiz y Mallo, 2013).

#### **2.2.22.7 Calidad del agua**

Las aves deben de disponer de agua limpia, no contaminada, en todo momento. Sin embargo, dependiendo de la fuente de agua que se utilice, ésta puede contener cantidades excesivas de minerales, o puede estar contaminada con bacterias. Los altos niveles de sales de calcio o hierro en el agua pueden provocar que las válvulas y las tuberías de los sistemas de bebederos se bloqueen. Cuando exista este problema de dureza, se aconseja utilizar filtros de agua de malla de 40 – 50 micras (Kirkpatrick y Fleming, 2008).

#### **2.2.23 Ponedoras Novogen Brown**

Las ponedoras Novogen Brown de plumaje marrón provienen de las razas Rhode Island, Leghorn, Sussex, New Hampshire, que tradicionalmente son las más utilizadas, por su facilidad de manejo, buen comportamiento, alta productividad, excelente calidad del huevo tanto interna como externa, buena coloración y



resistencia de la cáscara, homogeneidad de los huevos, eficacia alimentaria, capacidad para demostrar el potencial en situaciones de campo muy variadas. Las empresas de estas gallinas se encuentran en Francia y Estados Unidos para suministro a distintos países con lotes de abuelas y bisabuelas (Novogen, 2011).

#### 2.2.24 Medición de los componentes del huevo y la cáscara

##### a) Color de la yema (escala de Roche)

La escala internacional para medir la coloración de la yema es el abanico de Roche (DSM en la actualidad) que otorga valores de coloración de 1 a 15; el 1 representa un color muy cercano al blanco y el 15 un anaranjado rojizo (Figura 5). Según DSM (2016), la industria considera óptima la escala 7 para el mercado (Guerra y Molina, 2016).



*Figura 5. Abanico colorimétrico Yolck Color Fan (DSM, 2016).*

### **b) Grosor de la cáscara (mm)**

Se puede medir con un micrómetro (calibrador digital Vernier), el grosor de la cáscara es aceptable hasta al menos 0.30 mm, ya que valores menores revelan fragilidad y menor resistencia a la ruptura (Guerra y Molina, 2016). El grosor varía en función del punto elegido para la medida. Para realizar la medición, se coloca un trozo de cáscara entre los palpadores del calibrador (Figura 6), y luego se realiza la lectura correspondiente de los valores mostrados en la pantalla del aparato, para evitar errores se debe medir la cáscara en dos o tres puntos diferentes del huevo, y tomar la media como valor representativo (Anónimo, 2012).



*Figura 6. Calibrador digital (Vernier) (Burguera, 2017).*

### **c) Color de la cáscara (abanico colorimétrico)**

El color de la cáscara es una característica importante para ser estudiada debido a las diferentes preferencias del mercado en cuanto al color del huevo alrededor del mundo (Souza, 2008). El color de la cáscara se puede controlar visualmente con una serie de escalas graduadas (Figura 7) por lo tanto el color debe ser uniforme excepto en algunas estirpes, sin manchas de heces ni alimentos (Ortiz y Mallo, 2013).



**Figura 7.** Abanico colorimétrico (Egg Shell Color Fan)(Hernadiz,2014).

**d) Peso (g)**

Para estimar el peso del lote de huevos a evaluar, se utiliza la balanza digital de precisión, el peso del huevo depende de la edad de la gallina, la gallina joven produce huevos pequeños de 45 – 50 g y las adultas de 65 – 70 g (Guerra y Molina, 2016). Las categorías de pesos se basan en los estándares europeos y se dividen de la siguiente manera.

**Tabla 2.** Tamaño de huevo en relación a su peso

Tamaño	Peso (g/huevo)
Muy grande	$\geq 73$
Grande	63 – 37
Mediano	53 – 63
Chico	43 – 53

Hy Line Brown (2016)

### e) Porcentaje de huevos comercializables y no comercializables (%)

Para determinar el porcentaje de huevos comercializables y no comercializables, se contaron y se llevó un registro de los huevos producidos diariamente por unidad experimental. Se contaron y registraron de igual manera la cantidad de huevos sucios, rotos, fáfara, y membranosos para obtener los porcentajes.

### 2.2.25 Composición del “Ovoforte ®”

La composición del Ovoforte ® es:

a) 25 hidroxicolecalciferol (25(OH) D <sub>3</sub> )	20.7 mg
b) Manganeso orgánico	6.5 g
c) Zinc orgánico	12.8 g
d) Magnesio	27.0 g
e) Calcio	50.0 g
f) Probiótico ( <i>Bacillus subtilis</i> )	1 X 10 <sup>20</sup> UFC (Unid. form. de colonias)

### 2.2.26 Descripción de los ingredientes del Ovoforte ®

#### 2.2.26.1 Metabolito de la vitamina D<sub>3</sub> (25 hidroxicolecalciferol)

El metabolito es la forma de la vitamina D<sub>3</sub> o colecalciferol más potente y efectiva biológicamente que la vitamina D<sub>3</sub> convencional. La forma 25(OH)D<sub>3</sub> (25–



hidroxicolecalciferol) puede ser 200 veces más efectivo que el colecalciferol en estimular la absorción intestinal del calcio (González y Barahona, 2014). La formación de la vitamina D en metabolitos 25(OH) D<sub>3</sub> las aves poseen esteroides tisulares (7- dehidrocolesterol) en la piel, provenientes de las glándulas uropígeas encontradas en las plumas y que por acción de la luz solar son convertidas en vitamina D<sub>3</sub> colecalciferol. Una vez que la vitamina D<sub>3</sub> se encuentre en el tracto digestivo, llega hasta el hígado para ser transformado en el metabolito 25(OH) D<sub>3</sub> por la acción de los ácidos biliares; después el metabolito llega a los riñones donde es convertido a 24,25-di-hidroxicolecalciferol y 1,25-di-hidroxi-colecalciferol, que posteriormente serán aprovechadas por el intestino y pasará al torrente sanguíneo para ser absorbida homeostáticamente por los huesos (Calabotta, 1997). Con respecto al fósforo, la acción del 25(OH) D<sub>3</sub> y los otros metabolitos podrían mejorar indirectamente su absorción a través de una mejor asimilación del Ca en el intestino delgado. Esto porque a pH bajo en el intestino delgado, el calcio puede ligarse a la molécula de fitato, lo que genera la molécula quelatada fitina, que tiene una solubilidad drásticamente menor a pH bajo. Al bajar el Ca de la dieta, el fósforo fítico es más fácilmente soluble y accesible a las acciones hidrolíticas de las fitasas endógenas intestinales o exógenas (González y Barahona, 2014).

#### **2.2.26.2 Calcio (Ca)**

El calcio es uno de los elementos necesarios para el mantenimiento de los huesos, producción de huevo y buena calidad del cascarón. Además, es el componente inorgánico más abundante del esqueleto y toma parte en su formación y mantenimiento; y es importante en muchas otras funciones biológicas, (coagulación

de la sangre, activador y desactivador de enzimas, en la transmisión de los impulsos nerviosos, excitabilidad neuromuscular, catalizador de enzimas y secreción de hormonas (Cuca, 2005; Díaz, 2011). Las aves de corral necesitan un nivel de calcio inusualmente alto durante el período de producción de huevos para la formación de cáscaras de huevo fuertes. Los suplementos de calcio habitualmente utilizados en la alimentación de las aves de corral son la piedra caliza, las conchas marinas trituradas o la harina de conchas marinas (Ravindran, 2006). Su deficiencia ocasiona, prolapsos, mortalidad por peritonitis, infartos y fatiga de jaula, etc. (Díaz, 2011).

#### **2.2.26.3 Magnesio (Mg)**

El magnesio es abundante en la mayoría de los alimentos en relación a las necesidades aparente de los animales. Pero, no deja de ser un elemento extremadamente importante para el metabolismo de carbohidratos, lípidos y de los líquidos intra y extracelulares. Ejerce una gran influencia en la actividad neuromuscular y es requerido en la oxidación celular. Su absorción se da en el intestino delgado y grueso de los monogástricos. Funciones que cumple son: como componente esencial de huesos, cartílago y del exoesqueleto de crustáceos, activador de varios sistemas enzimáticos claves, incluyendo cinasa, ATP asas musculares y las enzimas coliesterasa, fosfatasa alcalina, enolasa, dehidrogenasa isocítrica, arginasa (el magnesio es un componente de la molécula arginasa), desoxirribonucleasa y glutaminasa, estimula el músculo y la irritabilidad nerviosa, está involucrada en la regulación del balance ácido-base intracelular. La deficiencia trae como consecuencia una serie de signos clínicos, tales como: crecimiento retardado, irritabilidad, falta de coordinación muscular y motora (Pérez, 2010).



#### **2.2.26.4 Zinc orgánico (Zn)**

El Zn es importante en muchos aspectos del metabolismo de las aves, participando en la actividad enzimática, respuesta inmune, metabolismo proteico y de carbohidratos, integridad del tejido epitelial, aspectos reproductivos y tasa de crecimiento. El Zn participa en la síntesis de proteínas y el desarrollo celular (crecimiento e integridad de la piel, emplume, producción de huevos, calidad de cáscara) el sistema inmune depende del Zn para formación de anticuerpos y además se ha observado que este mineral mejora la respuesta inmune global frente a desafíos (Ramos, 2005). Presenta funciones importantes para el organismo de las ponedoras como: fijación del calcio en forma de carbonato de calcio en los huesos y huevos, activación de sistemas enzimáticos, desempeña un papel importante en la calidad de cáscara, ya que está directamente relacionado con la actividad de la enzima anhidrasa carbónica que controla la transferencia de iones de bicarbonato de la sangre a la glándula de la cáscara (Schmidt, 2016). Sus deficiencias ocasionan: daños en la membrana celular, bajo consumo de alimento, incremento de mortalidad (Huang *et al.*, 2007).

#### **2.2.26.5 Manganeso orgánico (Mn)**

Es un activador metálico de las enzimas glicosiltransferasa y fosfatasa alcalina, que están involucrados en la síntesis de los mucopolisacáridos y glucoproteínas, las cuales contribuyen a la formación de la matriz orgánica del hueso y de la cáscara de huevo (Schmidt, 2016). Las principales reservas de manganeso se encuentran en los huesos 25%, hígado 3–4 µg/g, riñón 3–4 µg/g, páncreas, glándulas pituitaria y pineal, plumas, músculos y piel. Cumple funciones de activar enzimas formadoras de

proteoglicanos, componentes presentes en la matriz de la cáscara del huevo que están directamente relacionados con las propiedades del mismo (Nyset *al.*, 2001). Cuya carencia, hace aumentar la proporción de los huevos con cáscara fina (Schmidt, 2016).

#### **2.2.26.6 Bacteria *Bacillus subtilis***

El *Bacillus subtilis* es uno de los microorganismos más usados como probióticos, realiza una fermentación 2,3 31 butanediol, cuyos productos principales son butanediol, etanol, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O. Producen glicerol como un producto de la fermentación. Las características principales de *Bacillus subtilis* son: Gram positivas, mesófilas, producen esporas ovales o cilíndricas, fermentativas, usualmente hidrolizan caseína y almidón, los esporangios no son hinchados, la pared de la espora es delgada y catalasa positiva (Guevara, 2011). A pesar de estar considerados como microorganismos transitorios del tracto gastrointestinal, no poseen la capacidad de adherirse al epitelio intestinal, su efecto está enfocado en multiplicar y favorecer la colonización de otros microorganismos tales como es el caso de *Lactobacillus acidophyllus* (Bortolozzo y Kira, 2002). Estos microorganismos también producen glicerol como un producto de fermentación. Es potencialmente a patógeno, sobre todo cuando se utiliza en dosis bajas, no produce endotoxinas (Biberstein, 1989).

#### **2.2.27 Requerimientos nutricionales de la gallina de postura Novogen Brown**

El consumo de alimento varía de acuerdo a la composición del alimento (sobre todo el contenido de calorías), la temperatura del gallinero, el ritmo de producción, tamaño del huevo y peso corporal (Morfin, 2007).



**Tabla 3.** Requerimientos de dietas para gallinas de postura Novogen Brown

<b>Nutriente</b>	<b>EM Baja</b>		<b>EM Alta</b>	
EM kcal/kg	2720		2900	
EM kcal/lb	1234		1316	
Proteína cruda %	17.0-17.5		17.5-18.0	
Grasa cruda %	3.0 – 4.0		3.5 – 4.5	
Fibra cruda %	4.0 – 6.0		3.5 – 6.0	
<b>Consumo diario en g</b>	<b>≤ 113</b>	<b>&gt; 113</b>	<b>≤ 108</b>	<b>&gt; 108</b>
Lisina tot %	0.83	0.79	0.88	0.84
Metionina tot %	0.42	0.4	0.45	0.43
Met. ycist. tot %	0.7	0.67	0.75	0.72
Triptófano tot %	0.183	0.175	0.2	0.191
Treonina tot %	0.57	0.55	0.61	0.58
Lisina dig %	0.72	0.69	0.77	0.74
Metionina dig %	0.39	0.37	0.42	0.4
Met. ycist.dig %	0.62	0.59	0.67	0.64
Triptófano dig %	0.16	0.152	0.17	0.17
Treonina dig %	0.5	0.48	0.53	0.51
Calcio %	3.40 – 3.50		3.60 – 3.80	
Fósforodisp. %	0.37 – 0.40		0.38 – 0.42	
Sodio %	0.16 – 0.18		0.17 – 0.20	
Cloro %	0.16 – 0.20		0.16 – 0.22	
Potasio %	0.60 – 0.75		0.62 – 0.78	
Ácidolinoléico min %	1.2	1	1.3	1

Guía de manejo ponedoras comerciales Novogen Brown (2009)

**Tabla 4.** Recomendaciones nutricionales de dietas para diferentes etapas

<b>Etapas</b>	<b>Inicio</b>		<b>Crecimiento</b>		<b>Desarrollo</b>		<b>Pre-postura</b>		<b>Postura</b>	
Edad en	0 – 35				71 – 112		113		50	
semanas	días		36 – 70 días		días		días		semanas	
EM sugerida	2900 -		2800 -2900		2700 –		2700 –		2720 –	
kcal/kg	3000				2900		2900		2900	
<b>Nutriente g / Mcal</b>	<b>Total</b>	<b>Dig</b>	<b>Total</b>	<b>Dig</b>	<b>Total</b>	<b>Dig</b>	<b>Total</b>	<b>Dig</b>	<b>Total</b>	<b>Dig</b>
Lisina	3.85	3.38	3.42	3	2.74	2.41	2.96	2.59	2.9	2.54
Metionina	1.75	1.62	1.5	1.44	1.24	1.14	1.43	1.32	1.48	1.37
Met. ycist.	2.98	2.64	2.55	2.34	2.31	2.05	2.52	2.23	2.48	2.19
Triptófano	0.77	0.64	0.68	0.59	0.64	0.53	0.69	0.57	0.69	0.57
Arginina	4	3.5	3.5	3.1	3	2.7	3	2.7	3.4	3.15
Treonina	2.58	2.25	2.22	2	1.88	1.64	2.03	1.76	2.01	1.75
<b>Nutriente g / Mcal</b>	<b>Mini</b>	<b>Maxi</b>	<b>Mini</b>	<b>Maxi</b>	<b>Mini</b>	<b>Maxi</b>	<b>Mini</b>	<b>Maxi</b>	<b>Mini</b>	<b>Maxi</b>
Calcio	3.6	3.8	3.6	3.9	3.5	3.9	8.1	9.3	12.5	12.9
Fósforo										
Disp.	1.55	1.72	1.5	1.68	1.48	1.63	1.56	1.59	1.36	1.47
Sodio	0.62	0.69	0.57	0.64	0.59	0.67	0.59	0.67	0.58	0.65
Cloro	0.55	0.69	0.57	0.71	0.59	0.74	0.59	0.74	0.58	0.73
Potasio	2.07	2.59	2.14	2.5	1.85	2.59	1.85	2.59	2.18	2.73
Ácido										
Linoléico	5.5	5	5	5	5	5	5	5	4.5	4.5

Guía de manejo ponedoras comerciales Novogen Brown (2009)



## **2.2.28 Principales funciones de los nutrientes**

### **2.2.28.1 Proteína**

Las proteínas son compuestos formados por aminoácidos, las cuales tienen funciones de formación, mantenimiento y recuperación de tejidos, las moléculas de los aminoácidos contienen el hidrógeno, nitrógenos y oxígeno (Agudelo, 2001). Existen dos clases de proteínas, vegetal y animal. Las proteínas de origen vegetal (soja, girasol, algodón) son las más utilizadas. La soja se utiliza en forma entera o desactivada (Gibert, 2016). Debido a su precio elevado, las proteínas de origen animal no suelen utilizarse como principales fuentes de proteína, si no para equilibrar el contenido de aminoácidos de la dieta (Ravindran, 2006). La fuente de proteína de origen animal más utilizada es la harina de pescado, 60–67% PT, y de origen vegetal, la torta de soja, 38% PT, 18% de grasa y 5% de fibra (Buitrago *et al.*, 1980).

### **2.2.28.2 Carbohidratos**

Estos nutrientes proporcionan a las aves la energía necesaria para que desarrollen sus funciones, tales como: movimiento de su cuerpo, conservación de la temperatura corporal, producción de grasa, carne y huevos. Una dieta baja de energía hace que se retarde el crecimiento y que la eficiencia alimenticia sea muy pobre. La fuente de energía económica es la proveniente de los cereales como el maíz, trigo y subproductos (Cuca, 1993).



### **2.2.28.3 Grasas y aceites**

La grasa es una sustancia que se disuelve en un diluyente orgánico, pero es insoluble en agua tiene 2.25 veces más energía que las proteínas y carbohidratos (INATEC, 2016). La industria de alimentos balanceados para animales depende de gran medida de estas grasas y aceites comercialmente disponibles, son de calidad inferior a las utilizadas por humanos. La mayor parte de estas grasas son subproductos o mezclas. La presencia de altos niveles de rancidez ocasiona que genere malos olores y sabores por consiguiente rechazo por parte del que consume (Zumbado *et al.*, 1994). En la alimentación de gallinas de postura se tiene aceite de soya, grasa de origen vegetal de mayor disponibilidad en el mercado, natural de la industria de frijol de soya tras la extracción, previa refinación del aceite para el consumo humano. El aceite de soya es utilizado en la industria de alimentos balanceados para aves, ya que su inclusión, favorece la digestibilidad y la conservación durante su almacenamiento (Cumpa, 2017).

### **2.2.28.4 Vitaminas y minerales**

Las aves de corral requieren cantidades grandes de minerales tales como calcio y fósforo que son necesarios para el crecimiento y desarrollo normal del esqueleto, se necesitan un alto nivel de calcio en periodos de producción de huevos para la formación de la cáscara de huevos fuertes, los suplementos de calcio más utilizados en la alimentación son: piedra caliza, conchas marinas trituradas, además se puede incluir piedra caliza en polvo a niveles no superiores al 3%. Los microminerales son necesarios en la dieta en concentraciones mínimas 0.01% (zinc, hierro, cobre, manganeso cobalto, selenio). Las vitaminas son necesarias en pequeñas cantidades y



se proporcionan habitualmente en forma de premezclas, que pueden comprarse a proveedores comerciales, aunque las premezclas de vitaminas presentan solo el 0.05% de la dieta, pueden tener un importante efecto sobre el rendimiento de las aves (Ravindran, 2006).

#### **2.2.28.5 Sal común**

El uso de la sal como alimento beneficioso para el ganado es conocido desde la antigüedad; los herbívoros tienen un apetito preferencial por esta sustancia, lo que tal vez haya contribuido a la domesticación de alguna de las especies (Mufarrege, 2003).

#### **2.2.28.6 Antibióticos promotores de crecimiento**

Son sustancias químicas y biológicas que son adicionados al alimento con el objetivo de mejorar el crecimiento, y busca mejorar la utilización del alimento de esta manera obtener mejores resultados productivos y financieros. El efecto positivo puede ser expresado a través del aumento del apetito, estimulación del sistema inmune, y regulación de la microflora (Perie *et al.*, 2009). El antibiótico promotor de crecimiento (APC) inhibe el crecimiento de bacterias y administrados a dosis sub-terapéuticas han sido usados como aditivo alimenticio, el mecanismo de acción de (APC) está relacionadas con la interacción de estos con la población microbiana intestinal (Dibner y Richards, 2005).

#### **2.2.28.7 Enzimas**

Las enzimas son proteínas o asociaciones de proteínas y otras moléculas orgánicas o inorgánicas que actúan catalizando los procesos químicos que se dan en los seres



vivos, actúan facilitando las transformaciones químicas; acelerando considerablemente las reacciones y disminuyendo la energía de activación que muchas reacciones requieren. Las enzimas, como catalizadores que son, no modifican la constante de equilibrio y tampoco se transforman, recuperándose intactas al final del proceso. La rapidez de actuación de las enzimas y el hecho de que se recuperen intactas para poder actuar de nuevo es la razón de que se necesiten en pequeñísimas cantidades (Sánchez, s/f). Las enzimas fitasas, son fosfatasas que hidrolizan el ácido fítico, produciendo ortofosfato inorgánico que permite que una fracción mayor de fósforo sea transformado en una forma aprovechable para los monogástricos, para mejorar la biodisponibilidad del fósforo fítico en dietas para aves, actualmente en avicultura comercial se incorporan fitasas sintéticas (Uculmana, 2017). Las enzimas xilanasas, son enzimas exógenas que mejoran el acceso de las enzimas endógenas a los nutrientes y su disponibilidad en el crecimiento de los animales, reduce la viscosidad del bolo digestivo, pérdidas endógenas y la producción del moco digestivo (Geraert y Zenagui, 2017).

#### **2.2.28.8 Secuestrante de micotoxinas**

Un agente secuestrante efectivo es aquel que previene o limita la absorción de toxinas en el tracto gastrointestinal del animal. De manera general, su incorporación como aditivos en la alimentación animal permite la formación de compuestos inertes, irreversibles y estables, que favorece su eliminación por las heces, previniendo la formación de cualquier metabolito tóxico peligroso. En general, hay dos tipos de secuestrantes: los orgánicos y los inorgánicos. Los primeros enlazan la toxina en sitios de unión sin que estén relacionados directamente con cargas electrostáticas y



corresponden, en general, a derivados de la pared celular de *Saccharomyces cerevisiae* (b-D-glucanos). Y minerales inorgánicos, que enlazan la micotoxina por diferencia de carga. En general, estos compuestos corresponden a minerales de arcillas, por ejemplo, bentonita, zeolitas, carbón activado, colestiramina y clorofilina (Bueno *et al.*, 2001).

#### **2.2.28.9 Acidificante**

Los ácidos orgánicos inhiben el crecimiento de determinados microorganismos patógenos, ya que reducen el pH del tracto digestivo y alimento, creando un entorno negativo para el crecimiento (González *et al.*, 2013). Los acidificantes son una herramienta disponible para el nutricionista y productor avícola que permite la manipulación microbiana, en la mayoría de los casos son empleados como conservantes de alimentos e ingredientes. Además, favorece microflora intestinal e intensifica las funciones biológicas naturales de las aves no solo un incremento de viabilidad, ritmo de crecimiento, sino también para mejorar la uniformidad del lote (Cabrera, 2014)

#### **2.2.28.10 Aminoácidos de origen industrial**

Los aminoácidos son moléculas nitrogenadas simples con cadena hidrocarbonada de bajo peso molecular. Todos los aminoácidos a excepción de la glicina, tienen dos formas estructurales o estereo isómeros posibles: L y D. Por tanto, todos los aminoácidos presentes en las proteínas animales pertenecen a la serie L. Sin embargo, en ciertos casos el animal dispone de la capacidad enzimática precisa para aprovechar la forma D previa transformación en la forma L correspondiente. Así, por

ejemplo, para la metionina ambas formas son totalmente disponibles. Las formas D de lisina y treonina no son biológicamente activas por lo que no tienen valor para el animal. Lisina, metionina, treonina y triptófano son los aminoácidos actualmente disponibles para la industria de fabricación de alimentos (Mateos y García, 1998).

## **2.3 Marco conceptual**

### **2.3.1 Probiótico**

Los probióticos se consideran aditivos alimentarios formados por microorganismos vivos que tienen efectos beneficiosos en la salud del hospedador (Scherezenmeir y Vrese, 2001). Una vez incorporados en la alimentación, participan en la liberación de metabolitos como los ácidos grasos, peróxido de hidrógeno y bacteriocinas, digestión y absorción óptima de nutrientes, una microbiota estable, sistema inmunológico intestinal eficaz, sólida barrera contra patógenos y toxinas, sistema neuroendocrino competente (Blacht, 2015). El mecanismo de acción de los probióticos en las aves incluye: el mantenimiento de la microflora intestinal normal por exclusión competitiva y antagonismo; alteración del metabolismo mediante el aumento de actividad de la enzima digestiva, la disminución de la actividad enzimática bacteriana; mejora el consumo de alimento, neutralización de enterotoxinas y estimulación del sistema inmune (Lutful, 2009). Para gallinas de postura comercial, el uso de probióticos mejora la masa, peso y tamaño de los huevos, así mismo disminuyen las concentraciones del colesterol sérico y de la yema de huevo (Mohiti *et al.*, 2007).



### **2.3.2 Minerales orgánicos**

El uso de estos minerales ha sido ampliamente difundido en la industria avícola, debido a la biodisponibilidad que presenta a comparación con los minerales orgánicos. Las moléculas están asociados a proteínas o a productos de levadura, lo que impide que ocurran interacciones con otros minerales o componentes de la dieta a lo largo del tracto gastrointestinal, por lo tanto, hay mayor aprovechamiento por parte del animal y una menor excreción hacia el medio ambiente, además mejor calidad interna y externa de los huevos. Además de ser imprescindibles, juegan un importante papel en el sistema inmunológico, en el metabolismo de carbohidratos, síntesis de proteínas y ácidos nucleicos, ejerciendo también funciones específicas en la formación ósea y la cáscara de los huevos (Schmidt, 2016).

### **2.3.3 Suplemento alimenticio**

Alimento usado en combinación con otro para mejorar el balance nutritivo o el efecto del producto resultante (ICA, 1998). Suplen un requerimiento nutricional o fisiológico de los animales así complementando el aporte nutricional con otros alimentos de la dieta y entre ellas se encuentran: vitaminas, minerales, aminoácidos esenciales, sustancias nitrogenadas no proteicas (Águila, 2016).

### **2.3.4 Aditivo**

Es todo ingrediente, o mezcla de ingredientes, intencionalmente adicionado a los productos, para una finalidad específica, sin el propósito de nutrir, generalmente se utiliza en pequeñas cantidades, pudiendo resultar que el mismo o derivados se con-



viertan en un componente del producto (ICA, 1998). Los más utilizados son: antioxidantes, aromatizantes, peletizantes, pigmentantes y preservantes (Águila, 2016).

### **2.3.5 Premezcla**

Mezcla uniforme de uno o más microingredientes con excipientes, que se utiliza para facilitar la dispersión uniforme de los microingredientes en una cantidad grande de otro material o producto alimenticio. Se reconocen como tal las premezclas vitamínicas y minerales (ICA, 1998).

### **2.3.6 Alimento balanceado**

El término concentrado hace referencia a una concentración de proteínas, minerales, o vitaminas que es superior a las encontradas en los alimentos básicos. Estos concentrados se presentan corrientemente en forma de mezclas, las cuales pueden suministrar varios nutrientes individuales con los que deben reforzarse los alimentos básicos para obtener raciones adecuadas (Crapton y Harris, 1974).

### **2.3.7 Macrominerales**

Se encuentran en altas concentraciones dentro del organismo, dentro de estos están los siguientes: calcio (Ca), fósforo (P), magnesio (Mg), sodio (Na), cloro (Cl), potasio (K) y azufre (S) (Flores, 2004). Su función principal desde un punto de vista cuantitativo es la de mantener la estructura y soporte del esqueleto, pero cualitativamente juega un papel importante en numerosos procesos metabólicos. Entre ellos, mantenimiento del equilibrio ácido-base, la capacidad tampón,

mantenimiento de la calidad de la cáscara y la participación en los procesos de intercambio de energía (Mc Dowell, 1992).

### **2.3.8 Microminerales**

Los microminerales son nutrientes que, al igual que sucede con las vitaminas, no aportan energía, pero realizan otras funciones importantes. Los microminerales más importantes son: cobalto (Co), cobre (Cu), yodo (I), hierro (Fe), manganeso (Mn), molibdeno (Mo), selenio (Se) y zinc (Zn), son también llamados oligoelementos, elementos esenciales en cantidades muy pequeñas (menos de 100 mg/kg), necesarios para el normal funcionamiento de casi todos los procesos bioquímicos en el cuerpo. Forman parte de numerosas enzimas y coordinan un gran número de procesos biológicos, y en consecuencia son necesarios para mantener la salud del ave y asegurar la productividad. Por lo tanto deben ser ofrecidos en óptimas concentraciones, según los requerimientos nutricionales de las aves que cambian durante el crecimiento y desarrollo (Fernández, 2014).



### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Tipo y nivel de investigación**

La investigación fue de tipo transversal, analítico, prospectivo y experimental, y de nivel explicativo (causa – efecto).

#### **3.2 Materiales, equipos e instalaciones**

##### **3.2.1 Materiales**

- Coche repartidor de alimentos.
- Coche recolector de huevos.
- Bandejas de cartón.
- Cuadernillos.
- Lapiceros, plumones de distintos colores.
- Pizarrones acrílicos.
- Escoba.
- Parihuelas.

##### **3.2.2 Equipos**

- Balanza electrónica (precisión 0.1 g) para pesaje de huevos.
- Micrómetro (TRUPER).
- Escalas de color (Egg Shell Color Fan y Yolk Color Fan).
- Cámara fotográfica digital.
- Laptop.
- Pinzas.

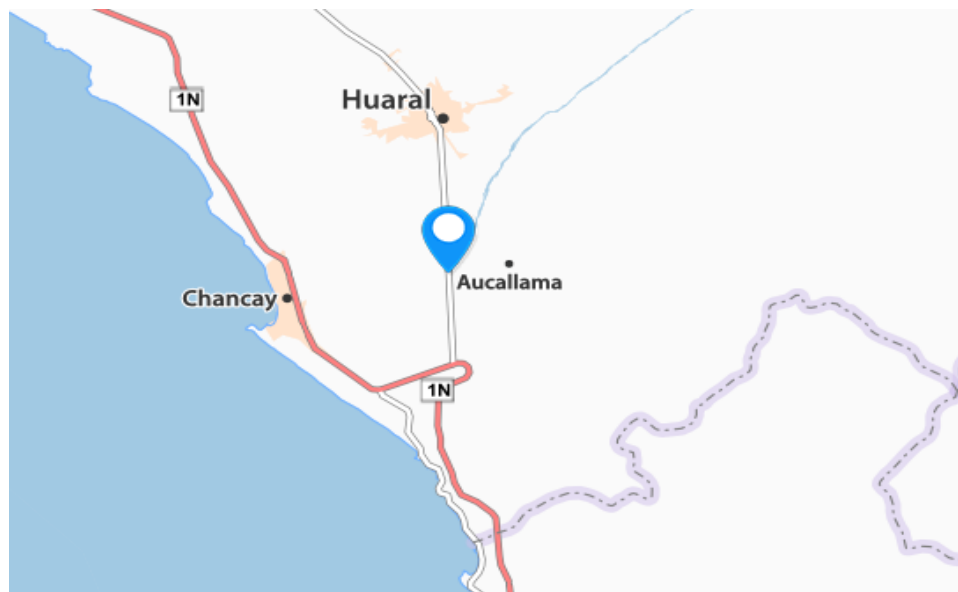
### **3.2.3 Instalaciones**

- Galpón de producción de 200 m de largo por 18 m de ancho.
- 432 jaulas metálicas con capacidad de 3 aves por jaula.
- 432 bebederos tipo niple.
- 28 metros de comedero tipo canal metálico.

### **3.3 Método y diseño de la investigación**

#### **3.3.1 Lugar de estudio**

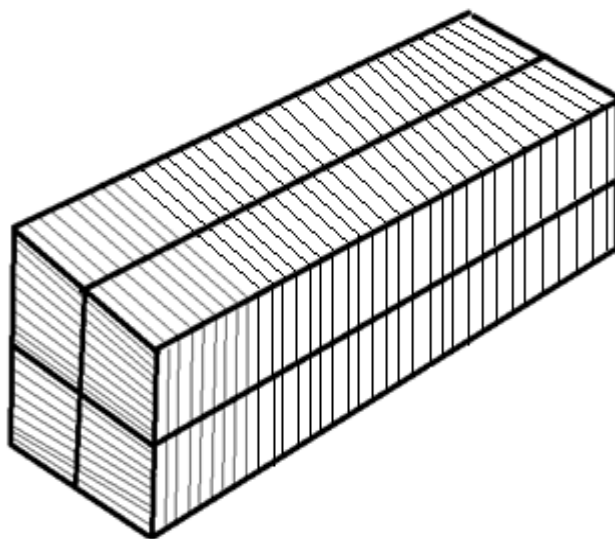
La presente investigación se llevó a cabo durante los meses de junio a julio de 2017, en la Granja Avícola “Corporación e Inversiones La Torre Blanca”, que se encuentra localizada en el distrito de Aucallama, provincia de Huaral, región Lima; a la izquierda del río Chancay, a una altitud de 153 m. Se llega a través de una pista que se desprende a la altura del kilómetro 9 de la carretera Huaral – variante Pasamayo, latitud  $11^{\circ} 55' 78''$ , longitud  $77^{\circ} 18' 08''$ , temperatura  $17^{\circ}\text{C} - 24^{\circ}\text{C}$ , humedad relativa 78%, precipitación 36 mm.



*Figura 8. Localización del lugar de la investigación (Google Maps, 2006-2017).*

### **3.3.2 Población y muestra**

Se evaluaron 312 huevos distribuidos en dos tratamientos (Tabla 5). Los mismos provinieron de gallinas ponedoras Novogen Brown de 50 a 53 semanas de edad, que estuvieron ubicadas en dos baterías (432 jaulas/batería) que contenían 1296 gallinas (3 gallinas/jaula). Las jaulas estuvieron identificadas discriminando los grupos experimental y testigo. Los huevos muestreados por conveniencia de cada tratamiento fueron 156(52 por semana), los cuales fueron identificados con plumones y depositados en bandejas de cartón, para ser posteriormente evaluados.



*Figura 9. Batería de 432 jaulas*

**Tabla 5. Tratamientos de la experimentación**

Unidad de observación	Tratamientos		Total
	Sin Ovoforte (T1)	Con Ovoforte (T2)	
Huevos	156	156	312

### 3.4 Técnicas de investigación

#### 3.4.1 Preparativos pre-experimentales

Todas las baterías fueron arregladas y limpiadas antes de iniciar la investigación. El alimento balanceado fue preparado de acuerdo a los requerimientos nutricionales de las gallinas Novogen Brown, considerando la edad y etapa de producción. Se preparó

aproximadamente 2 toneladas de alimento por semana. Se capacitó al personal que colaboró en el desarrollo de la investigación.

La formulación de la dieta en el caso del grupo experimental incluyó el Ovocorte<sup>®</sup> (Tabla 6) como suplemento de proteínas, vitaminas, aminoácidos, microminerales y sobre todo calcio. Se calculó la administración diaria de 0.012 g por gallina, mezclado con el resto del alimento. Los distintos ingredientes fueron mezclados en una mezcladora horizontal de cintas, durante 5 minutos, posteriormente el producto resultante fue depositado en sacos de 50 kg debidamente identificados.



**Tabla 6.** Composición de la dieta de postura de 42 semanas a más.

<b>Nro</b>	<b>Materia prima</b>	<b>%</b>	<b>kg</b>
1	Maíz americano	56.6	564.7
2	Torta de soya 45%pt	19.3	193.1
3	Carbonato de calcio grueso	7.5	75.0
4	Harina integral de soya	7.0	70.0
5	Subproducto de trigo	4.0	40.0
6	Carbonato de calcio fino	2.6	26.0
7	Aceite de soya de primera	1.3	13.0
8	Fosfato dicálcico	0.5	5.0
9	Bicarbonato de sodio	0.2	2.0
10	Sal común	0.2	1.9
11	DL-metionina	0.2	1.7
12	Gustor BP70	0.2	1.5
13	Premix ponedora LOH	0.1	1.3
14	Agrabond	0.1	1.0
15	Cloruro de colina 60%	0.1	0.5
16	Betaina HCL	0.1	0.5
17	Mycosorb	0.1	0.5
18	BMD granulado 11%	0.1	0.5
19	Fugiban	0.1	0.5
20	Deodorase	0.0	0.1
21	Quantum blue	0.0	0.1
22	Econase XT	0.0	0.1
23	Ovoforte®	-	1.0



<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>1000</b>
--------------	------------	-------------

Granja Corporación e Inversiones la Torre Blanca (2017)

El contenido químico del Ovoforte ®por kg fue el siguiente:

a) 25 hidroxicolecalciferol (25(OH) D <sub>3</sub> )	20.7 mg
b) Manganeso orgánico	6.5 g
c) Zinc orgánico	12.8 g
d) Magnesio	27.0 g
e) Calcio	50.0 g
f) Probiótico ( <i>Bacillus subtilis</i> )	1 X 10 <sup>20</sup> UFC (Unid. form. de colonias)

El suministro de alimento (120 g/ave/día) y agua (*ad libitum*) fue de acuerdo a los requerimientos nutricionales (Tabla 7).



**Tabla 7.** Requerimiento nutricional estimado para la etapa de postura de 42 semanas  
a más

<b>Especificaciones nutricionales</b>		
<b>Nro.</b>	<b>Nombre</b>	<b>Requerimiento</b>
1	Energía metab. aves	2815.00 Kcal
2	Proteína cruda	16.70%
3	Grasa cruda	4.88%
4	Fibra cruda	2.93%
5	Calcio	4.26%
6	Fosforo disponible	0.38%
7	Calcio/Fósforo D	11.22
8	Sodio	0.18%
9	Cloro	0.16%
10	Balance electrolítico	211.57mEq/kg
11	Lisina dig. Aves	0.80%
12	Metionina dig. aves	0.41%
13	Met + Cis dig. Aves	0.69%
14	Treonina dig. Aves	0.57%
15	Triptófano dig. aves	0.19%
16	Valina dig. Aves	0.71%
17	Ácido Linoleico (Omg 6)	2.05%

Granja Corporación e Inversiones la Torre Blanca (2017)



### **3.4.2 Manejo y evaluación de los huevos**

Los huevos fueron recogidos en horas de la mañana, durante la alimentación y ovoposición, para evitar estresar a las gallinas, luego se trasladaron al almacén, donde se procedió a pesarlos y evaluarlos, considerando lo siguiente:

#### **a) Grosor de la cáscara**

Antes de medir el grosor de la cáscara, los huevos fueron vaciados uno por uno con mucho cuidado, retirando con la ayuda de una pinza las membranas internas y externas. Se midió el grosor de la cáscara en tres partes del huevo (cámara de aire, ecuador y polo obtuso). Los trozos de huevo correspondientes a las tres partes señaladas, fueron colocados entre la pata móvil y fija del micrómetro digital (Vernier, TRUPER), procediéndose a la lectura de la medición realizada en milímetros. Para los cálculos estadísticos se consideró el promedio de las tres mediciones (Arenas, 2016).

#### **b) Color de la cáscara**

Los huevos fueron puestos en una bandeja con fondo oscuro, donde se observó las diferentes tonalidades de la cáscara, contrastándolas con el abanico colorimétrico Egg Shell Color Fan de 15 escalas (Figura 23, anexos).

#### **c) Peso del huevo**

Los huevos fueron pesados mediante una balanza digital y clasificada de acuerdo al estándar europeo de la guía Hy Line Brown.

#### **d) Peso de cáscara**

Para esta evaluación una vez abierto el huevo se extrajo las membranas de la cáscara luego se procedió a pesarlas.

#### **e) Color de la yema**

La yema de cada huevo fue colocada en un recipiente plano de fondo oscuro, sus diferentes tonalidades fueron contrastadas con el abanico colorimétrico Yolk Color Fan de 15 escalas (Figura 25, anexos).

#### **f) Porcentaje de huevos no comercializables y comercializables**

Los huevos recogidos fueron llevados a un almacén para su respectiva anotación y clasificación en comercializables y no comercializables. Se consideró como huevos comercializables los que cumplen con las condiciones exigidas por el mercado.

### **3.5. Análisis estadístico**

Para las variables cuantitativas, se halló estadísticos descriptivos, contrastando los tratamientos mediante el ANOVA de un factor, cuya fórmula fue la que sigue:

$$X_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde  $X_{ij}$  es la variable respuesta para la  $j$ -ésima observación en el  $i$ -ésimo tratamiento,  $\mu$  es la media general de la población,  $\alpha_i$  es el  $i$ -ésimo efecto del tratamiento, que es la diferencia entre la media del  $i$ -ésimo tratamiento y la media general de la población, y  $\varepsilon_{ij}$  es el error experimental (Navidi, 2006).

Para las variables cualitativas, fueron elaboradas tablas de frecuencias y gráficos radiales, analizándolas con la prueba de Chi-cuadrado, cuya fórmula fue la que sigue:

$$x^2 = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}} \text{ con } (I - 1)(J - 1) \text{ grados de libertad}$$

$$E_{ij} = \frac{O_i O_j}{O_{..}}$$

Dónde:

$O_{ij}$  es el valor observado en la celda  $ij$ . Sea  $O_i$  la suma de los valores

Observados en el renglón  $i$ , sea  $O_j$  la suma de los valores observados en la columna  $j$ , y sea  $O$  la suma de los valores observados en todas las celdas. Se denota  $E_{ij}$  el valor esperado que es igual a la proporción de ensayos cuyo resultado está en la columna  $j$ , multiplicado por el  $O_i$  de ensayos en el renglón  $i$  (Macchi, 2013).

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Análisis cualitativo del huevo en gallinas ponedoras Novogen Brown

#### 4.1.1 Color de la cáscara y tonalidad de la yema de huevo en gallinas ponedoras Novogen Brown por tratamiento

Según la Tabla 8, el color de la cáscara predominante en los huevos de las gallinas ponedoras Novogen Brown es el rosado (81.7%) superior en 63.5% al color blanco (18.3%). Respecto a la tonalidad de la cáscara, se puede observar en la Figura 10 en una escala de 1 a 15 en el abanico (*Egg Shell Color Fan*) predomina la 9 en ambos tratamientos, que representa una tonalidad rosada ligeramente más oscura (Figura 23, anexos).

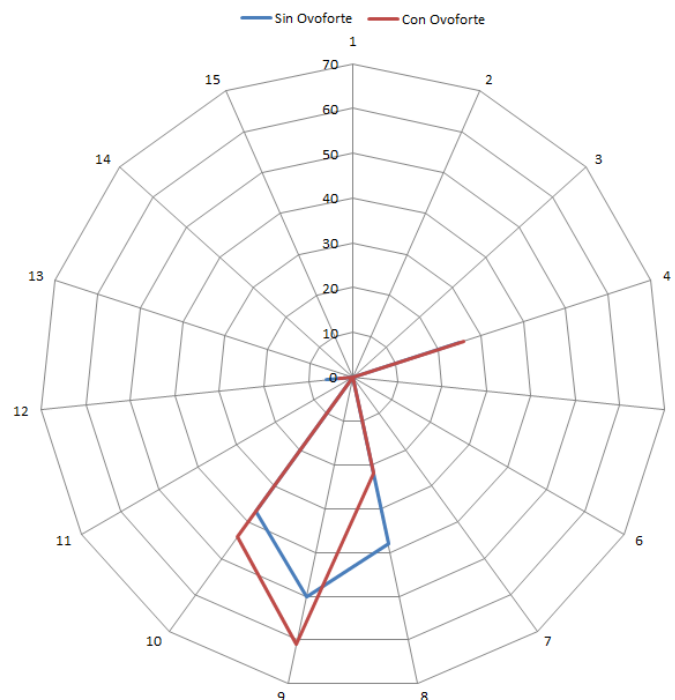


Figura 10. Tonalidad de la cáscara

**Tabla 8.** Color de la cáscara y tonalidad de la yema de huevo en gallinas ponedoras Novogen Brown por tratamiento.

	Tratamiento				Total		Sig.
	Sin suplemento (n=156)		Con suplemento (n=156)		Recuento	%	
	Recuento	%	Recuento	%			
<b>Color de la</b>							n.s.
<b>cáscara</b>							
Rosado	124	79.5	131	84.0	255	81.7	
Blanco	32	20.5	25	16.0	57	18.3	
<b>Tonalidad de</b>							n.s.
<b>la cáscara</b>							
4	25	16.0	26	16.7	51	16.3	
8	38	24.4	22	14.1	60	19.2	
9	50	32.1	61	39.1	111	35.6	
10	37	23.7	44	28.2	81	26.0	
12	6	3.8	3	1.9	9	2.9	
<b>Tonalidad de</b>							n.s.
<b>la yema</b>							
1	1	0.6	0	0.0	1	0.3	
3	0	0.0	2	1.3	2	0.6	
4	22	14.2	11	7.1	33	10.6	
5	48	31.0	43	27.6	91	29.3	
6	28	18.1	30	19.2	58	18.6	
7	31	20.0	32	20.5	63	20.3	
8	25	16.1	36	23.1	61	19.6	
9	0	0.0	1	0.6	1	0.3	
10	0	0.0	1	0.6	1	0.3	

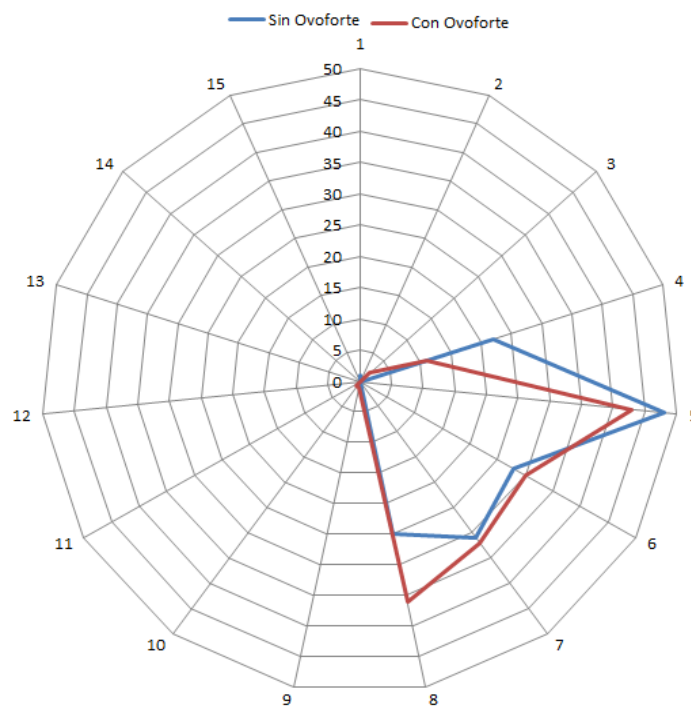
n.s. = no significativo

Al evaluar el efecto del suplemento en el color de la cáscara y la tonalidad de la yema de huevo de gallinas ponedoras Novogen Brown estadísticamente no es



significativo ( $P>0.05$ ). En esta parte resaltamos que la clasificación de los huevos según el color de su cáscara es importante para definir si procede de una línea o raza de postura determinada, por ejemplo, la Leghorn, New Hampshire, Plymouth Rock, Rhode Island Red, producen huevos blancos, marrones, cremas, marrones, respectivamente (Barroeta *et al.*, 2013). De la misma forma otros autores han demostrado que las gallinas mayores de 50 semanas de vida producen mayor cantidad de huevos blancos ya que disminuye la deposición de los pigmentos (Rosales *et al.*, 2010).

Según la Figura 11 la tonalidad de la yema en una escala de 1 a 15 en el abanico (*Yolk Color Fan*) predomina la 5 (amarillo no tan intenso) en ambos tratamientos (Figura 25, anexos).



**Figura 11.** Tonalidad de la yema

El color de la yema depende del tipo de alimentación que reciben las gallinas, variando su tonalidad según la disponibilidad de proteína y carbohidratos en la dieta. En las granjas avícolas es importante el color de la yema, ya que en buena proporción los consumidores de huevo de gallina lo asocian al valor nutritivo y estado de salud de las aves (Rodríguez *et al.*, 2006). El determinante primario del color de la yema de huevo es el contenido de xantofila (pigmento vegetal) de la dieta consumida ( Silversides *et al.*, 2006 ). Según Becerril (1988), los consumidores peruanos prefieren una tonalidad entre 7 y 12.

#### **4.2 Condición y tamaño de huevo en gallinas ponedoras Novogen Brown por tratamiento**

Según la Tabla 9, la condición del huevo (huevos blancos, rosados, rotos, quebradizos, sucios, rugosos y en fáfara) y tamaño del huevo (muy grande, grande, normal y pequeño), según el análisis de Chi-Cuadrado tiene asociación con el suplemento ( $P \leq 0.05$ ).



**Tabla 9.** Condición y tamaño del huevo en gallinas ponedoras Novogen Brown por tratamiento.

	Tratamiento				Sig.
	Sin suplemento (n=156)		Con suplemento (n=156)		
	Recuento	%	Recuento	%	
<b>Condición del huevo</b>					*
Sucio	14	9.0	14	9.0	
Roto	11	7.1	1	0.6	
Quebrado	2	1.3	6	3.8	
Fárfara	0	0.0	0	0.0	
Rugoso	2	1.3	2	1.3	
Huevo comercializable	125	81.4	133	85.3	
Mini huevos	1	0.6	0	0	
Poroso	1	0.6	0	0	
<b>Tamaño del huevo</b>					*
Muy grande	17	10.9	21	13.5	
Grande (extra)	80	51.3	101	64.7	
Normal (AA)	58	37.2	34	21.8	
Pequeño (A)	1	0.6	0	0.0	

\*  $P \leq 0.05$



Betancourt (2015), en gallinas Babcock de 68 semanas suplementados con 1–alpha hidroxicolecalciferol (2.5 a 5 mg/kg) disminuyó los huevos sucios en 3.6% ( $P \leq 0.05$ ), es decir que si se añade un suplemento mineral se pueden lograr mejores resultados. Aunque, no es raro encontrar trabajos como el de Vázquez *et al.* (2012), que al adicionar solamente manganeso orgánico para mejorar calidad del huevo en gallinas de la línea Bovans con 67 semanas, observó que no hubo efecto ( $P > 0.05$ ) en el porcentaje de huevo sucios, huevos fáfara, color de yema y grosor de la cáscara.

En nuestra investigación, el porcentaje de huevos rotos disminuyó por efecto del suplemento en 6.5%. Al respecto Oruna (2015) utilizando suplementos minerales orgánicos en ponedoras comerciales Hy line Brown de 35 – 42 semanas de edad, encontró que no disminuye los huevos en fáfara ( $P > 0.05$ ) pero si los huevos rotos, incrementando el peso promedio del huevo ( $P \leq 0.05$ ). Del mismo modo Estrada *et al.* (2008) utilizando calcárea fosfórica en ponedoras White Leghorn L33, disminuyó los huevos rotos de 5.54% a 3.38% ( $P \leq 0.001$ ). Hay otros trabajos como el de Salazar (2008), donde se probó minerales orgánicos e inorgánicos en la calidad externa de la cáscara de huevo de gallinas Lohman Blanca de 43 semanas de edad, resultando que la cantidad de huevos rotos es mayor con los minerales inorgánicos (1.08%) frente a los orgánicos (0.85%) ( $P \leq 0.001$ ). En todo caso el uso de suplementos minerales es positivo para reducir huevos rotos, como lo demostró Betancourt (2015), que al usar 1–alpha hidroxicolecalciferol (2.5 a 5 mg/kg) en gallinas de la línea Babcock de 68 semanas redujo el porcentaje de huevos rotos de 0.83% a 0.51% ( $P \leq 0.01$ ).

En el grupo experimental de la presente investigación se encontró 0.6% de huevos rotos en comparación a 7.1% en el grupo testigo (Tabla 9), pero también se puede ver



que se encontró un 3.8% de huevos quebrados, sin embargo, esto podría deberse a la frecuencia de recojo de huevos (una vez al día), según Lesur (2003), debería realizarse esta actividad dos veces por día.

En la Tabla 9 se observa que los huevos comercializables están en mayor porcentaje en el grupo suplementado (85.3%) que en el testigo (81.4%). Es parecido a lo logrado por Hidalgo *et al.* (2015), que suplementando Ovocorte® en gallinas Hy Line W-38 de 50 – 52 semanas de edad, obtuvieron un 90% de huevos comercializables frente al control (89.5%) ( $P \leq 0.05$ ).

También es notorio que el suplemento añadido mejoró el tamaño, si vemos el número de huevos extra relativamente es mayor en el grupo experimental (64.7%) frente al testigo (51.3%). Similarmente, Gonzales *et al.* (2016), al evaluar el efecto de la suplementación de dos fuentes de vitaminas D<sub>3</sub>, 1 $\alpha$ -hidroxicolecalciferol (1 $\alpha$ -OH-D<sub>3</sub>) y 25-hidroxicolecalciferol (25-OH-D<sub>3</sub>), en gallinas Lohmann Brown de 55 – 68 semanas de edad, logró mejorar el tamaño en huevos extra, A y AA ( $P \leq 0.05$ ).

#### **4.3 Análisis cuantitativo del huevo en gallinas ponedoras Novogen Brown**

Según la Tabla 10, respecto al grosor (mm) y peso de la cáscara (g), no hay diferencia entre los tratamientos ( $P > 0.05$ ).

**Tabla 10.** Caracteres cuantitativos del huevo en gallinas ponedoras Novogen Brown por tratamientos

Caracteres	Tratamiento						Sig.
	Sin suplemento (n=156)			Con suplemento (n=156)			
	Media	D.E.	C.V. (%)	Media	D.E.	C.V. (%)	
Grosor de cáscara (mm)	0.43	0.05	11.6	0.42	0.04	9.5	n.s.
Peso huevo (g)	65.26	5.73	8.8	66.87	5.53	8.3	*
Peso de cáscara (g)	6.68	0.92	13.8	6.72	0.83	12.4	n.s.
Cámara aire (parte aguada) (mm) †	0.43	0.06	14.0	0.43	0.04	9.3	n.s.
Polo obtuso (mm) †	0.45	0.05	11.1	0.43	0.05	11.6	**
Ecuador (mm) †	0.43	0.05	11.6	0.42	0.04	9.5	*

D.E. = Desviación estándar; C.V.= Coeficiente de variación; † Partes donde se midió el grosor de la cáscara; \*  $P \leq 0.05$ ; \*\*  $P \leq 0.01$ ; \*\*\*  $P \leq 0.001$

Con respecto a la calidad externa de la cáscara de huevo en gallinas Lohman Blanca de 43 semanas de edad, Salazar (2008), contrastó la adición de minerales orgánicos versus minerales inorgánicos, sin encontrar diferencias ( $P > 0.05$ ). No obstante, hay otros trabajos como el de Estrada *et al.* (2008) y García *et al.* (2001), donde se puede apreciar que si hubo mejoras en el grosor de la cáscara ( $P \leq 0.05$ ).

En la Tabla 10 se puede apreciar que el peso del huevo fue mejorado en el grupo suplementado ( $P \leq 0.05$ ). Hay varios trabajos que utilizando suplementos minerales

orgánicostraza en gallinas Hy line W36 de 47 – 62 semanas (Stefanello *et al.*, 2014); carbonato de calcio en la dieta de ponedoras Isa Brown de 19 semanas de edad (Vera *et al.*, 2012); manganeso orgánico (Vázquez *et al.*, 2012) y probióticos, minerales orgánicos y metabolito de la vitamina D (Hidalgo *et al.*, 2015), obtuvieron diferencias respecto al testigo ( $P \leq 0.05$ ).

Hay una lista de varios investigadores que demostraron que el peso del huevo es mejorado al utilizar suplementos minerales, entre ellos tenemos a Yasmeen *et al.*, (2008); Oruna (2015) e Inca *et al.* (2016). Este parámetro productivo tiene mucha relación con la genética y el peso corporal de la gallina.

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

Se llegó a las siguientes conclusiones:

- El color de los huevos de las gallinas ponedoras Novogen Brown no está asociado al uso de metabolitos de vitamina alpha D<sub>3</sub>, minerales orgánicos (manganeso, zinc), minerales inorgánicos (calcio, magnesio) y probióticos (*Bacillus subtilis*) (P>0.05). En cambio, la condición del huevo (huevos blancos, rosados, rotos, quebradizos, sucios, rugosos y en fáfara) y tamaño del huevo (muy grande, grande, normal y pequeño), si están asociados (P≤0.05).
- El uso de metabolitos de vitamina alpha D<sub>3</sub>, minerales orgánicos (manganeso, zinc), minerales inorgánicos (calcio, magnesio) y probióticos (*Bacillus subtilis*), en gallinas Novogen Brown no mejoran el grosor (μ) y peso (g) de la cáscara, pero si en el peso del huevo (P≤0.05)

## 5.2 Recomendaciones

De acuerdo a los resultados obtenidos se planteó las siguientes recomendaciones:

1. Dependiendo de la disponibilidad del ovoproductor y precio, se deberían utilizar metabolitos de vitamina alpha D<sub>3</sub>, minerales orgánicos, inorgánicos y probióticos en la dieta de gallinas de postura, para evitar pérdidas relacionadas con la condición del huevo.
2. Se debería experimentar con metabolitos de vitamina alpha D<sub>3</sub>, minerales orgánicos, inorgánicos y probióticos, en la dieta de gallinas de postura, durante la estación de verano y con una edad de 70 – 80 semanas.
3. Se debe de capacitar a los ovoproductores sobre buenas prácticas de higiene y manejo, para disminuir pérdidas económicas.



## VI. BIBLIOGRAFÍA

1. Abarca, B.L (2011). Análisis del cascarón del huevo. *Industria Avícola*. En: <http://www.wattagnet.com/> (Consulta: 15 de mayo de 2017).
2. Aburto, I.A. (2008). El huevo como aliado de la nutrición y la salud. *Rev. Cubana Aliment Nutr.*, 18 (2): 4-10.
3. Águila, A.T. (2016). Optimización de la mezcla de dietas para la elaboración de alimentos balanceados con requisitos predeterminados en aves de engorde. Tesis de maestría de la Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú.
4. Agudelo, G.G. (2001). Fundamentos de nutrición animal aplicada. Primera Edición. Antioquia, Medellín, Colombia, 346 p.
5. Anónimo (2012). Instrumentos y reglas para mediciones de precisión. Manual del estudiante. 84 p. En: <http://docplayer.es/> (Consulta: 24 de junio de 2017).
6. Angulo, A.E. (2009). Fisiología aviar. Editorial Universidad de Lleida. Madrid. España. 124 p.
7. Antruejo, A. (2010). Obtención de huevos de gallinas para consumo de calidad diferenciada incrementando la proporción de ácidos grasos omega 3 y reduciendo el contenido de colesterol. Tesis doctoral de la Universidad Nacional de Rosario. Santa Fe, Argentina.
8. Arenas, C.Z. (2016). Caracterización de la calidad de cáscara de huevo blanco en plantales comerciales avícolas en Chile y su relación con determinados factores de producción. Tesis de pregrado. Universidad de Chile, Chile.
9. Arias, J.L.; Fernández, M.S.; Dennis, J.E.; Caplan, A.I. (1991). Collagen of the chicken eggshell membranes. *Conn. Tiss. Research*. 26 (1,2): 37-45.



10. Armijos, R.J. (2011). Evaluación productiva de diferentes estirpes de gallinas criollas, en un sistema de crianza semi intensivo. Tesis de grado de la Universidad Nacional de Loja, Ecuador.
11. Barroeta, A.; Izquierdo, D.; Pérez, J.F. (2013). Manual de avicultura. Breve manual de aproximación a la empresa avícola para estudiantes de veterinaria. En: <http://www.academia.edu/> (Consulta: 3 de abril de 2017).
12. Baird, T.; Solomón, S.E.; Tedstone, D.R. (1975). Localization and characterization of egg shell porphyrins in several avian species. *British Poultry Science*, 16(2): 201-208.
13. Blacht, A. (2015). Papel de probióticos en la salud avícola. *Nutrínnews*. En: <http://elsitioavicola.com/> (Consulta: 30 de junio de 2018).
14. Blas, C. (1991). Nutrición y alimentación de gallinas ponedoras. Editorial Aedos. Madrid, España.
15. Becerril, G.M. (1988). Efecto pigmentante de luteína capsantina en aves. *Síntesis Avícola*. 6(10):26-31.
16. Bellairs, R.; Boyde, A. (1969). Scanning electron microscopy of the shell membranes of the hen's egg. *Zellforsch*, 96(2): 237-249.
17. Betancourt, T.T. (2015). Efecto de incluir alpha D3 en dietas de gallinas con diferentes niveles de calcio suplementario. Tesis de grado de la Universidad de la Salle. Bogotá. Colombia.
18. Biberstein, E. (1989). Tratado de microbiología veterinaria. España. Editorial Acribia S.A. 1000 p.



19. Board, R.G. (1982). Properties of avian egg shells and their adaptive value. *John Wiley and Sons*. En: <http://onlinelibrary.wiley.com/> (Consulta: 24 de junio de 2017).
20. Bortolozo, F.; Kira, K. (2002). Probióticos. En Milián, G.; Pérez, M.; Bocourt, R. (2008). Empleo de probióticos basado en *Bacillus sp* y de sus endosporas en la producción avícola. *Revista Cubana Ciencia Agrícola*, 42 (2): 117-122.
21. Bonilla, M. (2015). Defectos de la calidad en los huevos de gallina. En: <http://cocinillas.elespañol.com/> (Consulta: 17 de junio de 2017).
22. Bueno, D.J.; Salvano, M.; Silva, J.O.; González, S.N.; Oliver, G. (2001). Micotoxinas: diagnóstico y prevención en aves de corral. *Boletín Micológico*, 16: 23-36.
23. Buitrago, A.J.; Portela, E.R.; Jiménez, P.I. (1980). Semilla y torta de soya en alimentación de cerdos. Instituto Colombiano Agropecuario, Cali. Colombia. 31p.
24. Burguera, F. (2017). Utilizar y medir con el calibre pie de rey o vernier. En: <http://california-motorcycles.com/> (Consulta: 18 de mayo de 2018).
25. Burns, K.; Matzuk, M. (2002). Genetic models for the study of gonadotropin actions. *Endocr.*, 143 (8), pp. 2823, 2835.
26. Butcher, G.D.; Miles, R.D. (2003). Concepts of eggshell quality. IFAS extension University of Florida. En: <http://edis.ifas.ufl.edu/> (Consulta: 1 de diciembre de 2017).
27. Buxade, C.C. (1987). La gallina ponedora sistemas de explotación y técnicas de producción. Mundi-Prensa. Madrid. España.
28. Cabrera, O. (2014). El uso de acidificantes en avicultura. *AgriNews*. En: <http://www.agriNews.es/> (Consulta: 26 de junio de 2018).



29. Casaubon, M.T. (2015). Anatómo-fisiología del aparato reproductor de las aves. Primer congreso de ciencias veterinarias México, 3-5 junio. En: <https://www.anatofisiologia77.blogspot.mx/> (Consulta: 23 de junio de 2017).
30. Castañeda, B.C.; Gómez, M.E. (2010). Evaluación del bienestar animal y comparación de los parámetros productivos en gallinas de la línea Hy-Line Brown en tres modelos de producción: piso, jaula y pastoreo. Tesis de pregrado de la Universidad de la Salle, Bogotá, Colombia.
31. Calabotta, D. (1997). El uso de 25-OH-D3 puede mejorar el rendimiento de las aves. *Feed Stuffs*, 76: 1-4.
32. Caravaca, R.; Castel, G.; Guzmán, G.; Delgado, P.; Mena, G.; Alcalde, A.; González, R. (2003). Bases de la producción animal. Primera edición, Debate. Córdoba. España.
33. Cépero, R.B. (2011). Influencia del sistema de alojamiento de las ponedoras en la calidad y seguridad del huevo de consumo. Jornadas Profesionales de Avicultura, Lleida, pp. 1-14.
34. Cuca, G.M. (1993). La alimentación de aves de corral. Centro Nacional de Investigación Pecuaria. México, D.F. *Tec Pec.*, 1: 50-56.
35. Cuca, G.M. (2005). Estudios recientes con calcio en gallinas de postura. Ergomix. En: <http://www.produccionbovina.com/> (Consulta: 16 de junio de 2017).
36. Cunningham, D.L.; Tienhoven, V.; G varyahu, G. (1988). Population size cage area and dominance rank effects on productivity and wellbeing of laying hens. *Poultry Science*, 67(3): 399-406.
37. Cumpa, G.M. (2014). Producción de gallinas ponedoras. *Agro Enfoque*. En: <http://www.agriculturaenlima.org/> (Consulta: 2 de junio de 2017).



38. Cumpa, G.M. (2017). Evaluación de diferentes niveles de grasa de soya en el comportamiento productivo de gallinas ponedoras. *Actualidad Avipecuaria*. En: <http://www.actualidadavipecuaria.com/> (Consulta: 2 de junio de 2017).
39. Crapton, E.W.; Harris, L.E. (1974). *Nutrición animal aplicada*. Acribia. Zaragoza. España.
40. Cruz, R.M. (2008). Alteraciones de la cáscara, clara y yema de huevo. Informe Técnico, 52: 56-57. En: <https://www.studylib.es/> (Consulta: 5 de febrero de 2017).
41. Díaz, A.G. (2011). El calcio y fósforo como protagonistas en la nutrición de ponedora. *El Sitio Avícola*. En: <http://www.elsitioavicola.com/> (Consulta: 26 de abril de 2017).
42. Dibner, J.; Richards, J. (2005). Antibiotic grown promoters in agriculture, history and mode of action. *Poultry Science*, 84: 634-643.
43. Downes, F.P.; Ito, K. (2001). *Compendium of methods for the microbiological examination of foods*. Editorial Board. Four editions. Washington. EE.UU.
44. Domínguez, P.F. (2012). Aspectos microbiológicos del huevo y sus derivados. Trabajo monográfico de actualización de la Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F.
45. DSM. (2016). Egg yolk pigmentation guidelines. En: <http://www.dsm.com/> (Consulta: 4 de febrero de 2016).
46. Estrada, C.O.; Larrent, N.; Marroquín, T.A.; Cos, D.Y. (2008). La calcárea fosfórica en el mejoramiento de la calidad de la cáscara del huevo de gallinas ponedoras. *Red vet.*, 3(9): 1-5.



47. Fernández, O.A (2014). Los micros minerales en la nutrición animal. *Agrinews*.  
En: <https://agrinews.es/> (Consulta: 4 de mayo de 2018).
48. Flores, P.C. (2004). Suplementación con Minerales. *Vet UY*  
En: <http://www.veterinaria.org/> (Consulta: 15 de marzo de 2017).
49. Fraga, F. (1985). Alimentación de los animales monogástricos. Mundi-Prensa.  
España.
50. García, H.M.; Morales, L.R.; Ávila, G.E.; Sánchez, R.E. (2001). Mejoramiento de la calidad de cascarón con 25 hidroxicolecalciferol 25(OH)D<sub>3</sub> en dietas de gallinas de primero y segundo ciclo. Artículo científico de la Universidad Autónoma de México. México.
51. García, R.O (2003). Origen de la gallina tercera parte, AMEVEA, Colombia, pp. 1-5.
52. GESTIÓN (2016). Producción nacional de huevos alcanzará las 400 mil toneladas este año. En: <http://www.gestion.pe/> (Consulta: 18 de setiembre 2017).
53. Geraert, A.P.; Zenagui, S. (2017). Mejorando la digestibilidad en aves con la suplementación de enzimas. Artículo técnico. En: <http://www.ergomix.com/> (Consulta: 3 de octubre de 2018).
54. Gibert, P.M. (2016). Proteínas y aminoácidos. *El Sitio Avícola*.  
En: <http://www.elsitioavicolacom/> (Consulta: 3 de marzo de 2018).
55. Gonzáles, S.; Icochea, E.; Guzmán, P.; Cazorla, J.; Lúcar, F. (2013). Efectos de la suplementación de ácidos orgánicos sobre los parámetros productivos en pollos de engorda. *Rev Inv Vet Perú*. 24(1): 32-37.
56. Gonzáles, C.A.; Barahona, R.R (2014). Mecanismos de acción de la vitamina D<sub>3</sub>1-alfa Hidroxicolecalciferol (1-alfa-OH-D<sub>3</sub>) y 25 Hidroxicolecalciferol.



- (25OH-D<sub>3</sub>) en gallinas de postura comercial *Rev. CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 9 (1): 114-127.
57. González, C.A.; Barahona, R.R. (2016). Evaluación del empleo de dos metabolitos de vitamina D<sub>3</sub> con fitasa en la dieta de gallinas ponedoras finalizando el ciclo productivo. *Rev. CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 11 (1): 39-50.
58. Gómez, P.J.; Valero, P.J.A. (2006). Estructura del huevo. *Aviornis Internacional*, 87: 40-45.
59. GOOGLE MAPS, (2009-2017). Ubicación geográfica Huaral, Aucallama, [Mapa]. Consulta: 12 de abril de 2015.
60. Guerra, M.J.L.; Molina, D.R.G. (2016). Evaluación de la calidad del huevo precedente de tres distribuidoras como propuesta para estandarización de parámetros de calidad del mercado. Tesis de grado de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. Honduras.
61. Guevara, V. (2011). Probióticos en nutrición animal. *Rev. SIRIVS*. Perú. pp.1-10.
62. Gutiérrez, L.A.; Bedoya, M.O.; Seguro, O.S. (2015). Evaluación del incremento del porcentaje de postura y peso de los huevos en gallinas comerciales alimentadas con microorganismos probióticos. *Rev Veterinaria y Zootecnia*, 9(1): 27-33.
63. Hand, M.C.; Thatcher, R.R.; Roudebush, P. (2000). Nutrición clínica en pequeños animales. Inter Médica. Buenos Aires, Argentina.
64. Havlicek, Z.; Slama, P. (2011). Effect of heat stress on biochemical parameters of hens. *Proceedings of ECOpole*, 5(1): 57-60.
65. Hernández, A.G.; Ruiz, M.D. (2010). Composición y calidad nutritiva de los alimentos. Médica Panamericana. Madrid, España.



66. Hernandez, S.A. (2014). Color de cáscara y otros índices productivos como indicadores diagnósticos en gallinas ponedoras. Valencia. España. 16 p.
67. Hernández. C.C. (1984). Metabolismo del calcio y del fosforo. *Salud Uninorte*, 1(2): 115-121.
68. Hidalgo, M.; Hidalgo, H.; Egaña, S. (2015). Efecto de un aditivo nutricional en la calidad de cáscara de huevos de ponedoras comerciales. Asociación Latinoamericana de Avicultura. Facultad de Ciencias Pecuarias y Veterinarias. Universidad de Chile. Chile.
69. Hunton, P. (1981). ¿Por qué huevos marrones? *Shaver focus*, 10(2): 3-4.
70. Huang, Y.; Lu, L.; Luo, G.; Liu, B. (2007). An optimal dietary zinc level of broiler chicks fed a corn soybean meal diet. *Poultry Science*, 86: 2582-2589.
71. Hy Line (2013). La ciencia de la calidad del huevo. *Actualización Técnica*, 8 p. En: <http://www.hyline.com/> (Consulta: 23 de mayo de 2017).
72. Hy Line Brown (2016). Guía de manejo de las gallinas ponedoras Hy Line Brown. En: <http://www.hyline.com/> (Consulta: 3 de marzo de 2016).
73. Hy Line (2017). La ciencia de la calidad del huevo. *Boletín Técnico*, 8 p. En: <http://www.hyline.com/> (Consulta: 3 de marzo de 2016).
74. Inca, J.; Martínez, D.; Vílchez, C. (2016). Calidad de cáscara en gallinas ponedoras de última fase de producción. *Actualidad Avipecuaria*. Número 54, En: <http://www.actualidadavipecuaria.com/> (Consulta: 2 de junio 2017).
75. Instituto Colombiano Agropecuario [ICA] (1998). Buenas prácticas en la fabricación de alimentos para animales en Colombia. En: <https://www.ica.gov.co/> (Consulta: 3 de enero de 2018).



76. Instituto de Estudios del Huevo [IEH] (2002). Lecciones sobre el huevo. Primera edición. Madrid, España. 176 p.
77. Instituto de Estudios del Huevo [IEH] (2007). Manejo del huevo y ovoproductos en la cocina. Primera edición. Madrid, España. 61 p.
78. Instituto de Estudios del Huevo [IEH] (2009). El libro del huevo. Editorial Everest. Madrid, España. 168 p.
79. Instituto de Estudios del Huevo [IEH] (2015). El libro del huevo. Editorial Everest. Madrid, España.
80. Instituto de Estudios del Huevo [IEH] (2018). Estructura del huevo. En: <https://www.institutohuevo.com/> (Consulta: 16 de junio de 2018).
81. Instituto Nacional Tecnológico [INATEC]. (2016). Manual del protagonista de nutrición animal. Costa Rica, pp. 1-140.
82. Joaquín, A.P. (2017). Estrategias nutricionales para lograr 500 huevos en 100 semanas en ponedoras de alta producción. En: <https://www.engormix.com/> (Consulta: 16 de setiembre de 2017).
83. Keshavarz, K. (1986). The effect of variation of calcium intake on production performance and shell quality. *Poultry Science*, 65 (11): 2120-2125.
84. Kirkpatrick, K.; Fleming, E. (2008). Calidad del agua. *Ross Tech Note*. 12 p En: <http://es.aviagen.com/> (Consulta: 2 de enero de 2017).
85. Kingori, A.M. (2012). Egg quality defects: types, causes and occurrence. *Journal of Animal Production Advances*, (8): 350-357.
86. Koelkebeck, W.K. (1999). What is egg quality and conserving it?. *Poultry Illinois Livestock Trail*. En: <http://www.thepoultrysite.com/> (Consulta: 12 de noviembre de 2017).



87. Leach, R.M. (1982). Biochemistry of the organic matrix of the egg shell. *Poultry Science*, (61): 2040-2047.
88. Lesur, E.L. (2003). Manual de avicultura. Una guía paso a paso. Primera edición, Editorial Trillas. México. D.F., 80 p.
89. Lutful, K S. (2009). The role of probiotics in the poultry industry. *Int J Mol Sci*,10(8):3531-3546.
90. Macchi, R.L., 2013. Introducción a la estadística en ciencias de la salud. Editorial Medical Panamericana. Segunda edición. México, p. 128.
91. Madineni, S.O.; Krzysik, W.S.; Hendricks, W.; Ramachandran, R. (2008). Gonadotropin inhibitory hormone (GnIH) receptor gene is expressed in the chicken ovary: potential role of GnIH in follicular maturation (*review*). *Pub Med.*, 135(2): 267-274.
92. Mashaly, M.M.; Hendricks, G.L.; Kalama, M.A.; Gehad, A.E.; Abbas, A.O.; Paterson, P.H. (2010). Effect of heat stress on production parameters and immune responses of commercial laying hens. *Poultry Science*, 6: 889-894.
93. Mateos, G.; García, J.M. (1998). Uso de premezclas en fabricación de piensos: características y composición de las materias primas utilizadas en macrocorrectores. FEDNA. En: <http://www.researchgate.net/> (Consulta 4 de marzo de 2018).
94. Mattiello, R (2010). Anatomía y fisiología del aparato reproductor de las aves. En: <http://www.bronceros.foroactivo.com/>
95. Martin, G.N. (2015). Defectos de la cáscara del huevo. Veterinaria digital. En: <http://www.veterinariadigital.com/> (Consulta: 2 de abril de 2017).
96. Mendiola, E.M. (2002). Evaluación comparativa nutricional entre los huevos de codorniz japónica (*Coturnix coturnix*) y gallina criolla (*Gallus gallus*) en la



- primera etapa de postura (Cybertesis) de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.
97. Menéndez, J. (2005). La formación del huevo. En: <http://www.diamantemandarin.org/> (Consulta: 12 de abril de 2017).
  98. MINAGRI (2018). Boletín estadístico mensual de la producción y comercialización avícola. En: <http://minagri.gob.pe/> (Consulta: 17 de abril de 2017).
  99. Mohiti A.M., Abdollah S., Shariatmadari H., Lotfollahian H (2007). Effect of probiotics yeast vitaminan C supplements on performance and immune response of laying, hen during high environmental temperature. *Rev. International Journal of Poultry Science*, 12(6): 895-900.
  100. Mrode, R.A.; Akinokun, J.O. (1985). Battery cages and the litter system for the management of domestic laying fowls: the problem of inconsistent results (review). *Worlds Poultry Science Journal*, 41(3): 188-197.
  101. Morfin, L.L. (2007). Manual de producción de gallinas de postura (proyecto). Universidad Nacional Autónoma. Cuautitlán. México.
  102. Mossel, D.A. (2003). Microbiología de los alimentos. 2da edición. Acribia. Zaragoza, España, pp. 522, 608.
  103. Mottet, A.; Tempio, G. (2017). Producción avícola global: estado actual, perspectivas de futuro y retos. Boletines semanales. 10 p.
  104. Mufarrege D.J (2003). El sodio en la alimentación mineral del ganado en la región NEA. INTA Mercedes. En: <http://www.produccion-animal.com.ar/> (Consulta: 7 de abril de 2018).
  105. Mc Dowell, F.R. (1992). Minerals in animal and human nutrition. En: <https://www.sciencedirect.com/> (Consulta: 19 de junio de 2017).



106. Navidi, W. (2006). Estadística para ingenieros y científicos. Mc Graw Hill/Interamericana. México.
107. Nys, Y.; Gautron, J.; Mckee, M.D.; Garcia, J.M.; Hinke, M.T. (2001). Biochemical and functional characterization of eggshell matrix protein in hens. *Worlds Poultry Science Journal*, 57(4): 401-413.
108. Novogen (2009). Guía de manejo de ponedoras comerciales Novogen Brown. 24 p.En: <https://www.novogen-layer.com/> (Consulta: 12 de mayo de 2017).
109. Novogen (2011). Ponedoras comerciales Novogen Brown [Catálogo]. En: <https://www.novogen-layer.com/> (Consulta: 12 de mayo de 2017).
110. Odabasi, A.Z.; Miles, R.D.; Balaban, M.O.; Porier, K.M. (2007). Changes in brown eggshell color as the hen ages. *Poultry Science*, (86): 356-363.
111. Onagbesan, O.; Bruggeman, V.; Decuypere, E. (2009). Intra ovarian growth factors regulating ovarian function in avian species. *Animal Reprod. Science*, 111 (2-4): 121-140.
112. Ortiz, A.; Mallo, J.J. (2013). Factores que afectan la calidad de la cáscara. *Actualidad Avipecuaria*, pp.18-19. En: <https://norel.net/es/> (Consulta: 29 de febrero de 2017).
113. Oruna, J.J. (2015). Efecto de la suplementación de minerales orgánicos sobre los parámetros productivos de ponedora comercial Hy Line durante el período 35 a 42 semanas de edad. Tesis de grado de la Universidad Nacional de Trujillo. Perú.
114. Ovejero, I. (1991). Evolución de las principales variables productivas y de la calidad física del huevo de gallinas ligeras y semipesados sometidas a mudas for-



- zadas consecutivas con óxido de zinc. Tesis doctoral de la Universidad Politécnica de Madrid. España.
115. Pahanelli, C.V. (1980). The physics of gas exchange across the avian eggshell (review). *Oxford University Press*, 20(2): 329-338.
  116. Parsons, A.H. (1982). Structure of the eggshell. *Poultry Science*, (10): 2013-2021.
  117. Peralta, M.F. (2017). Bases de la reproducción aviar. Monografía de la Universidad Nacional Rio Cuarto. Argentina, 21 p.
  118. Peebles, E.D.; Brake, J. (1986). The role of the cuticle in water vapor conductance by the of broiler breeders. *Poultry Science*, 65(6): 1034-1039.
  119. Peebles, E.D.; Brake, J.; Gildersleeve, R.P. (1987). Effects of eggshell cuticle removal and incubation humidity on embryonic development and hatchability of broiler. *Poultry Science*, 66(5): 834-840.
  120. Peralta, M.F.; Miazzo, R. (2002). Manejo reproductivo en aves. Cursos de Introducción a la Producción Animal y Producción Animal I. En: <https://es.scribd.com/> (Consulta: 9 de julio de 2017).
  121. Pérez, A.J. (2010). Los minerales en la nutrición animal. Comentario del 4 de junio. Just another wordpress. En: <https://alejandrajaimeperez.wordpress.com/> (Consulta: 12 de mayo de 2017).
  122. Perie, L.; Zikie, D.; Lukie, M. (2009). Application of alternative grown promoters in broiler production. *Institute for Animal Husbandry*, (5-6): 387-397.
  123. Ramos, J.L. (2005). Efectos de la suplementación de fuentes orgánicas e inorgánicas de zinc, manganeso y cobre sobre la producción, calidad del huevo y



- respuesta inmunológica en gallinas durante el segundo ciclo de postura. Tesis pregrado de la Universidad de Chile, Santiago, Chile.
124. Ravindran, V. (2006). Disponibilidad de piensos y nutrición de aves de corral en países en desarrollo. Suplementos y aditivos de los alimentos. En:<http://www.fao.org/>. (Consulta: 28 diciembre de 2017).
125. Real Escuela de Avicultura [REA] (1982). Las roturas de huevos: causas y soluciones. *Selecciones Avícolas*, (10,11): 215-230.
126. Ricaurte S.L. (2006). Importancia de un buen manejo de la reproducción en la avicultura. *Rev.Redvet.*, 7 (4):1-16.
127. Rosales, E.; Fernández. S.; Ruiz. P. (2010). Calidad de huevo en reproductoras y su impacto en el nacimiento. En: <http://www.engormix.com/> (Consulta: 13 de mayo de 2017).
128. Romanoff, A.L.; Romanoff, A.A. (1949). The avian egg. *John Wiley and Sons, New York*. 198 p. En: [http:// www.poultryhub.org](http://www.poultryhub.org) (Consulta: 4 de abril de 2018).
129. Rodríguez, I.; Campos, E.; Delgado, Y.; Torres, A.; Osechas, D. (2006). Efectos nutricionales y pigmentantes de la harina de hojas de leucaena y la lemna en la yema de huevo. *Mundo Pecuario*, 2: 42-44.
130. Rodríguez, M.A. (2016). Tipificación de la calidad del huevo de gallina ecológico y convencional. Tesis doctoral de la Universidad Politécnica de Valencia. España.
131. Roussel, P.; Lamblin, G.; Lhermitte, M.; Houdret, N.; Lafitte, J.J.; Perini, J.M.; Klein.; Scharfman, A. (1988). The complexity of mucins. *Biochimie*, 70(11): 1471-1482.



132. Robinson, D.S.; King, N.R. (1968). The structure of the organic mammillary cores in some weak egg shells. *British Poultry Science*, 11: 39-44.
133. Saer, S.A.; Causillas, C.A.; Blanco, N. (2017). ¿Por qué es importante valorar la calidad del huevo? *Actualidad Avipecuaria*. En: <https://Actualidadavipecuaria.com/> (Consulta: 20 de agosto de 2017).
134. Sastre, A.; Sastre, R.M.; Tortuero, F. (2002). Lecciones sobre el huevo. 1ra edición. Instituto del Huevo [IHE]. Madrid. España. 176 p.
135. Salazar, S.G. (2008). Evaluación de la adición de minerales orgánicos versus minerales inorgánicos, sobre la calidad externa de la cáscara de huevo en gallinas ponedoras comerciales en jaula. Tesis de grado de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
136. Sánchez, G.J. (s/f). El metabolismo celular: generalidades. Enzimas. Capítulo 2, pp. 5,8.
137. Sevilla, M.S. (2015). Calidad y manejo de huevo para plato. Monografía de la Universidad Autónoma Antonio Narro, México.
138. Silversides, F.G.; Scott, T.A.; Korver, D.R.; Afsharmanesh, M.; Hruby, M. (2006). Un estudio sobre la interacción de las enzimas xilanasa y fitasa en las dietas a base de trigo alimentado a las gallinas ponedoras de huevos blancos y marrones comerciales. *SciELO*, (85), 297 - 305.
139. Sistema Integrado de Estadística Agraria [SIEA] (2017). Boletín estadístico de la producción agrícola y ganadera. MINAGRI, Lima, 125 p.
140. Souza, R. (2008). La comercialización de los huevos. *Selecciones Avícolas*. p, 35,39. En: <https://seleccionesavicolas.com/> (Consulta: 20 de agosto de 2017).



141. Stefanello, C.; Santos, T.C.; Murakami, A.E.; Martins, E.N.; Carneiro, T.C. (2014). Rendimientos productivos calidad y ultraestructura de la cáscara en gallinas ponedoras con raciones suplementadas con minerales traza orgánicos. *Poultry Science*, 93:104-111.
142. Schmidt, M. (2016). Superioridad de minerales orgánicos sobre inorgánicos. En: <https://es.alltech.com/> (Consulta: 26 de junio de 2017).
143. Scherezenmeir, J.; De Vrese, M. (2001). Probiotics, prebiotics and symbiotics proaching a definition. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 73 (2, 1): 361–364.
144. Tyler, C. (1964). Wilhelm von Nathusius. On avian eggshells. The University. Reading, Reading, England. 104p.
145. Troncoso, H.; Rodríguez, S.D. (2014). Síntesis del huevo y formación del cascarón. Sitio argentino de producción animal. *Bmeditores*, 74:1-4. En: <http://www.produccion-animal.com.ar/> (Consulta: 30 de junio 2018).
146. Uculmana, M.C. (2017). Metabolismo de macrominerales: vitamina D y fitasas en nutrición avícola. *Actualidad Avipecuaria*. En: <http://www.actualidadavipecuaria.com> (Consulta: 30 de mayo 2018).
147. Vaca, L. (2003). Producción avícola. Edit. Universidad Estatal a Distancia (EUNED), San José, Costa Rica. 260 p.
148. Valbuena, A.D. (2015). Calcio, calidad huevo. *Avicol*. En: <http://www.avicol.co/> (Consulta: 26 de mayo 2017).
149. Vázquez, A.M.; Richards, J.D.; Manangi, M.K.; Carter, S.D.; López, C.C.; González, A.E.; Camacho, F.D. (2012). Evaluación del comportamiento productivo y calidad del huevo en gallinas con diferentes niveles de manganeso orgáni-



- co y sulfato de manganeso. XXXVII Convención Nacional ANECA. Atlanta, Georgia, Estados Unidos.
150. Vera, R.J.; Vélez, P.M. (2012). Adición de carbonato de calcio en la dieta para mejorar parámetros productivos en ponedoras Isa Brown fase I. Tesis de grado de la escuela superior politécnica agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Calceta. Ecuador.
151. Vienot, E. (2014). Solidez de la cáscara: peligros y medidas preventivas. *Selecciones Avícolas*, (10): 56-58.
152. Wigley, P.; Hulme, S.D.; Powers, C.; Beal, R.K.; Berchieri, A.J.; Smith, A.; Barrow, P. (2005). Infection of the reproductive tract and eggs with salmonella enteric serovar pullorum in the chicken is associated with suppression of cellular immunity at sexual maturity. *Infect Immun.*, 73(5): 2986-2990.
153. Yasmineen, F.; Mahmood, S.; Hassan, N.; Khtar, Y.M. (2008). Comparative productive performance and egg characteristics of pullets and spent layers. *PakistanVet. J.*, 28 (1): 5-8.
154. Zaviezo, D. (2012). Como mejorar la calidad de huevo. *Revista el Sitio Avícola*. En: <http://elsitioavicola.com/> (Consulta: 26 de mayo de 2018).
155. Zaviezo, D. (2016). Como mejorar la calidad del huevo de consumo. *Nutrition news*. En: <http://nutricionanimal.info/> (Consulta: 26 de abril de 2017).
156. Zumbado, A.M.; Gutiérrez, R.C.; Pérez, R.E. (1994). Utilización de grasas y sus subproductos en alimentación avícola. Centro de investigación en nutrición animal de la Universidad de Costa Rica. Costa Rica. *Nutrición Animal Tropical*, 1 (1): 1, 43-58



## VII. ANEXOS

### FIGURAS DEL PRESENTE ESTUDIO



*Figura 12. Identificación y almacenaje del alimento preparado con el aditivo.*



*Figura 13. Identificación de las baterías, tratamiento y control.*



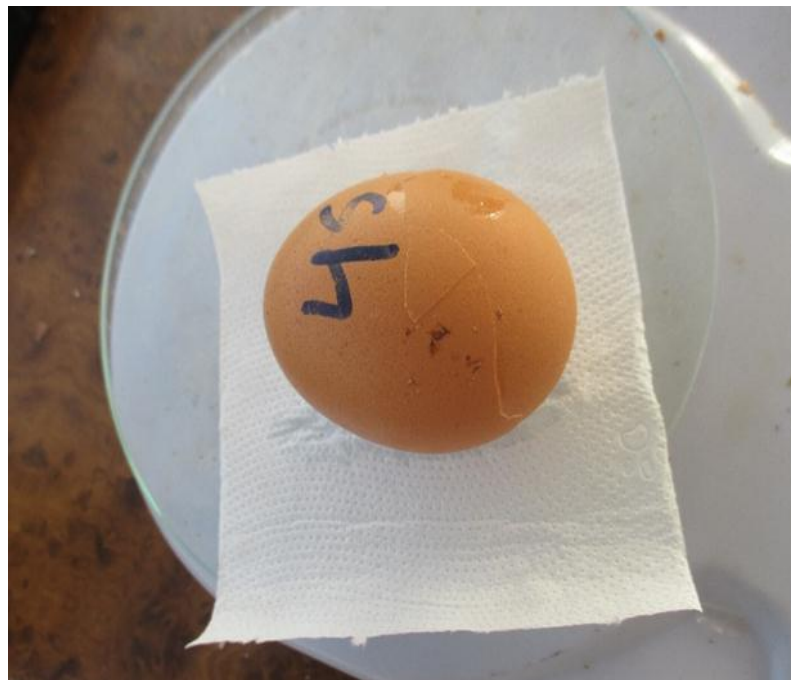
*Figura 14. Recolección de huevos por baterías, tratamiento y control.*



*Figura 15. Huevo quebrado o quiñado.*



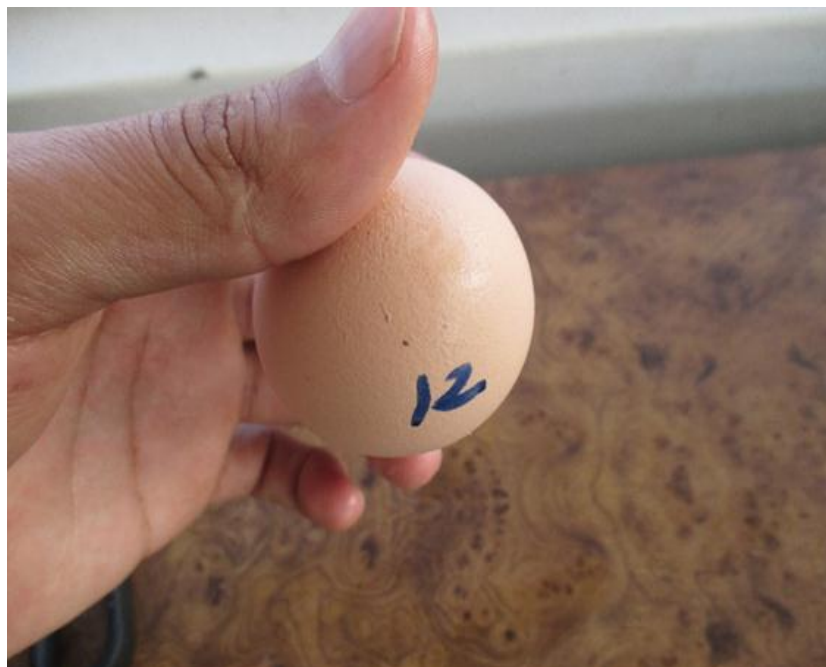
*Figura 16. Huevo sucio.*



*Figura 17. Huevo roto.*



*Figura 18. Huevo rosado.*



*Figura 19. Huevo blanco.*



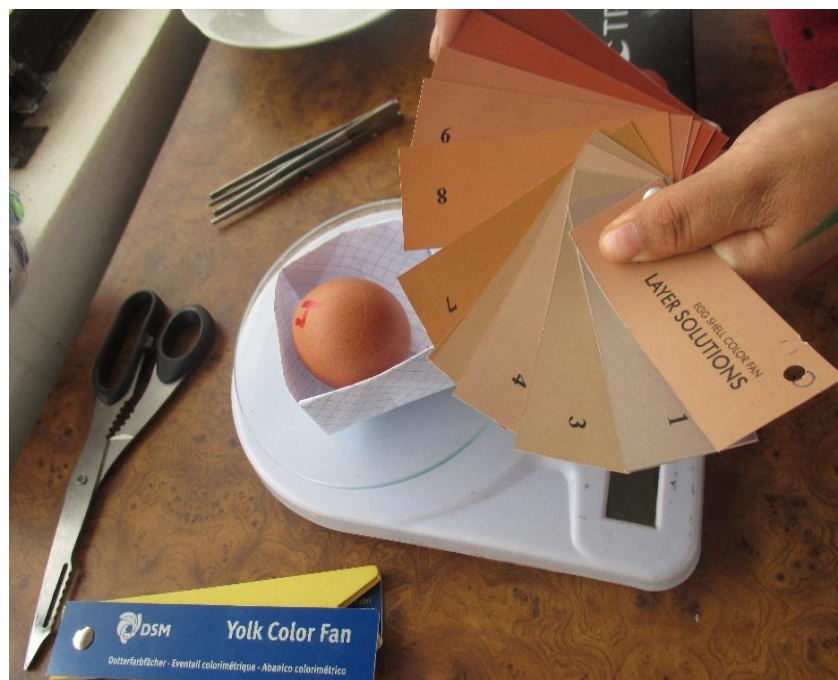
*Figura 20. Identificación de los huevos, tratamiento y control.*



*Figura 21. Enumeración de los huevos para su respectiva evaluación.*



*Figura 22. Pesado de los huevos en una balanza digital.*



*Figura 23. Determinación del color de la cáscara de huevo con el abanico colorimétrico (Egg Shell Color Fan).*



*Figura 24. Ruptura del huevo para la observación.*



*Figura 25. Determinación del color de la yema de huevo con el abanico colorimétrico (Yolk Color Fan)*



*Figura 26. Extracción de las membranas de la cáscara del huevo con ayuda de una pinza.*



*Figura 27. Ubicación de las partes de la cáscara (polo agudo, cámara de aire y ecuador).*



*Figura28. Medición de la cáscara con el micrómetro digital.*

**Tabla 11.** Chi-cuadrado de Pearson para variables cualitativas entre tratamientos

		Tratamiento
Color de la cáscara	Chi cuadrado	1.052
	Gl	1
	Sig.	0.305
Tonalidad de la yema	Chi cuadrado	11.007
	Gl	8
	Sig.	0.201
Tonalidad de la cáscara	Chi cuadrado	6.981
	Gl	4
	Sig.	0.137
Color de la cáscara	Chi cuadrado	1.052
	Gl	1
	Sig.	0.305
Condición del huevo	Chi cuadrado	12.581
	Gl	6
	Sig.	0.050
Tamaño del huevo	Chi cuadrado	10.118
	Gl	3
	Sig.	0.018

**Tabla 12.** ANOVA de un factor de las variables cuantitativas evaluadas entre tratamientos

		Suma de		Media		
		cuadrados	gl	Cuadrática	F	Sig.
Peso del huevo	Inter-grupos	201.926	1	201.926	6.368	0.012
	Intra-grupos	9829.917	310	31.709		
	Total	10031.843	311			
Peso de la cáscara	Inter-grupos	0.157	1	0.157	0.204	0.652
	Intra-grupos	239.122	310	0.771		
	Total	239.279	311			
Grosor de la cáscara	Inter-grupos	0.007	1	0.007	3.715	0.055
	Intra-grupos	0.602	310	0.002		
	Total	0.609	311			
Cámara de aire	Inter-grupos	0.000	1	0.000	0.016	0.900
	Intra-grupos	0.905	310	0.003		
	Total	0.905	311			
Polo obtuso	Inter-grupos	0.028	1	0.028	10.156	0.002
	Intra-grupos	0.863	310	0.003		
	Total	0.891	311			
Ecuador	Inter-grupos	0.010	1	0.010	4.859	0.028
	Intra-grupos	0.626	310	0.002		
	Total	0.636	311			

**UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC**

**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**FICHA 1. CALIDAD DE LA CÁSCARA DEL HUEVO DE GALLINAS HY LINE VARIEDAD BROWN**

Jaula N° .....

Galpón N° .....

Fecha.....

	Observaciones			
	1	2	3	4
<b>Calidad de cáscara</b>				
• Grosor (mm)				
• Peso de la cáscara (g)				
• Peso del huevo (g)				
• Color de la cáscara (Escala 1-15)				
• Color de la yema (Escala 1-15)				
• Huevos blancos				
• Huevos rotos				
• Huevos quebradizos				
• Huevos sucios				
• Huevos rugosos				
• Huevos en fáfara				

