

<i>Nereis. Revista Iberoamericana Interdisciplinar de Métodos, Modelización y Simulación</i>	10	137-147	Universidad Católica de Valencia San Vicente Mártir	Valencia (España)	ISSN 1888-8550
--	----	---------	---	-------------------	----------------

Análisis de las alteraciones de la cáscara del huevo de gallina

Analysis of the alterations of the hen's egg shell

Fecha de recepción y aceptación: 14 de septiembre de 2017, 18 de diciembre de 2017

Ramiro Soler Castillo^{1*} y Joel Bueso Ródenas¹

¹ Departamento de Producción Animal y Salud Pública. Facultad de Veterinaria y Ciencias Experimentales. Universidad Católica de Valencia San Vicente Mártir.

* Correspondencia: Universidad Católica de Valencia San Vicente Mártir. Facultad de Veterinaria y Ciencias Experimentales. Departamento de Producción Animal y Salud Pública. Calle Guillem de Castro, 94. 46001 Valencia. España. *E-mail*: ramiro.soler@ucv.es.



RESUMEN

La avicultura de puesta es uno de los sectores ganaderos más importantes en España, donde se consumen alrededor de 210 huevos por persona y año, dato que refleja la gran importancia social de este alimento. El consumidor está cada día más concienciado sobre la calidad y la seguridad alimentaria de los productos que consume. La calidad del huevo se determina por el control de su calidad interna y por la ausencia de defectos externos sobre la cáscara. Las alteraciones de la cáscara van a depender de varios factores: edad de la gallina, manejo y situaciones de estrés, nutrición y patologías. Estos factores van a tener una influencia en el aspecto externo del huevo y en su seguridad alimentaria, lo que, en definitiva, podría suponer su retirada de la cadena de consumo. Este artículo revisa la influencia de la fase productiva de la gallina en la incidencia de presentación de alteraciones en la cáscara de los huevos que vayan a causar una merma de su valor económico.

PALABRAS CLAVE: *metabolismo del Ca, estrés en gallinas, huevo roto.*

ABSTRACT

Poultry farming is one of the most important livestock sectors in Spain, where about 210 eggs are consumed per person per year, a fact that reflects the great social importance of this food. The consumer is more and more aware of the quality and food safety of the products. The quality of the egg is determined by the control of its internal quality and by the absence of external defects on the shell. The alterations of the shell will depend on several factors: age of the hen, handling and situations of stress, nutrition, pathologies. These factors are going to have an influence on the external appearance of the egg and on its food security, which, in short, can mean its withdrawal from the consumption chain. This article makes a review of the influence of the productive phase of the hen in the incidence of presentation of alterations in the shell of the eggs, which will cause a decline in their economic value.

KEYWORDS: *Ca metabolism, stress in hens, cracked egg.*

INTRODUCCIÓN

La avicultura es una de las primeras actividades ganaderas de las que se tiene constancia. Se originó a partir de la domesticación de especies de gallináceas salvajes asiáticas. Estas gallinas domésticas (*Gallus gallus domesticus*) llegaron a España durante las invasiones celtas. A lo largo de la historia la avicultura ha estado basada en la cría de estas gallinas domésticas en sistemas de producción de tipo familiar de reducido volumen, cuyo mayor objetivo era el autoconsumo [1]. Las instalaciones empleadas y el manejo sanitario, nutricional y reproductivo de los animales hacían que los rendimientos productivos de fueran discretos. En los años cincuenta del siglo xx se produce un rápido desarrollo económico en España, acompañado de un marcado éxodo rural. Esto determina un aumento del consumo por parte de los españoles de productos de origen animal. En este sentido, la especie más desarrollada fue la de los monogástricos, entre ellos la avicultura de puesta, que ofrece un flujo de producción rápido y constante. Además, la intensificación de estos sistemas de producción hace que no necesiten grandes extensiones de terreno para su viabilidad. Rápidamente, tomando como referencia el modelo productivo de EE. UU., la avicultura de puesta en España sufre una serie de transformaciones y, progresivamente, se introducen mejoras en nutrición, sanidad, tecnología para el manejo y genética. Así, se introdujeron aspectos como el empleo de nuevos ingredientes en las raciones, programas de vacunación y de detección de enfermedades, los sistemas de baterías de jaulas y la introducción de estirpes genéticas especializadas en la producción de huevos. En este sentido, nuestro país es uno de los principales productores de huevos de toda la Unión Europea en la actualidad, representando un 12 % de la producción comunitaria [2]. Los huevos se consideran un producto básico en la cesta de la compra, y su consumo mantiene una tendencia bastante constante. Esta importancia se ve reflejada en que en España el consumo per cápita de huevos se sitúa en los 13,7 kg/habitante y año, de los cuales 8,57 kg son consumidos en los hogares, principalmente a modo de huevo fresco [2].

Actualmente, el censo de gallinas ponedoras en España se sitúa en torno a los cuarenta y cuatro millones de aves. Su evolución se ha caracterizado por una estabilidad durante casi diez años, en valores cercanos a los cuarenta y cinco millones de gallinas, aunque se vio afectada por la entrada en vigor de la Directiva 199/74/CE, del 1 de enero de 2012, que regula las condiciones del bienestar de las gallinas ponedoras, lo que provocó la desaparición de muchas explotaciones y, por lo tanto, produjo una caída muy marcada del censo. En los últimos años esta caída se ha ido corrigiendo, con subidas contantes, aproximándose a los valores censales anteriores a 2012.



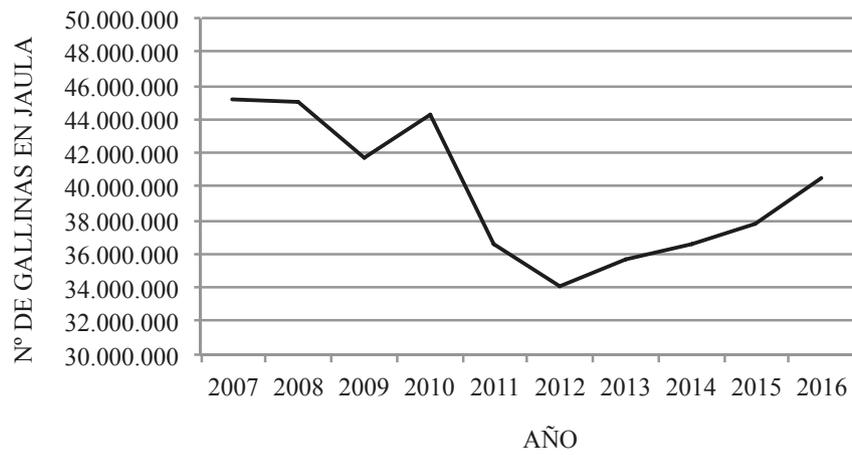


Figura 1. Evolución del censo de gallinas alojadas en jaulas en el intervalo 2007-2016.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del MAPAMA.

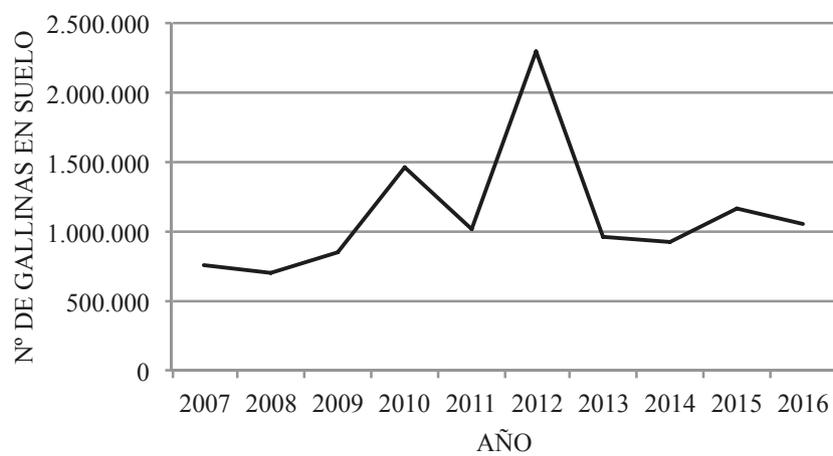


Figura 2. Evolución del censo de gallinas alojadas en suelo en el intervalo 2007-2016.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del MAPAMA.



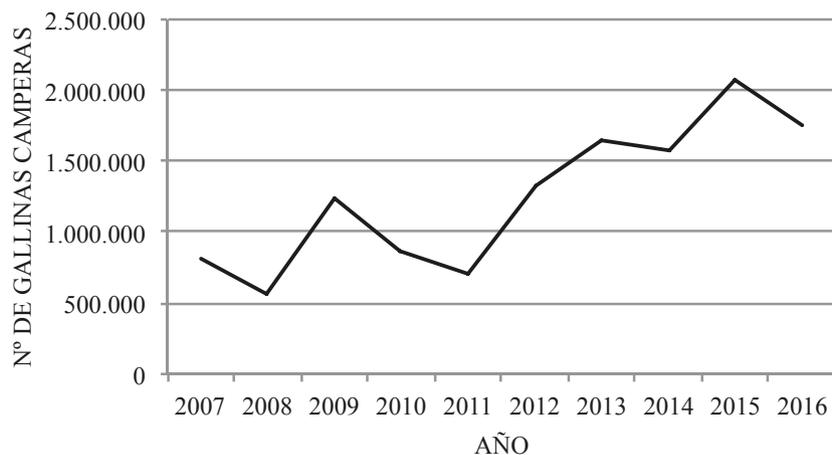


Figura 3. Evolución del censo de gallinas camperas en el intervalo 2007-2016.
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del MAPAMA.

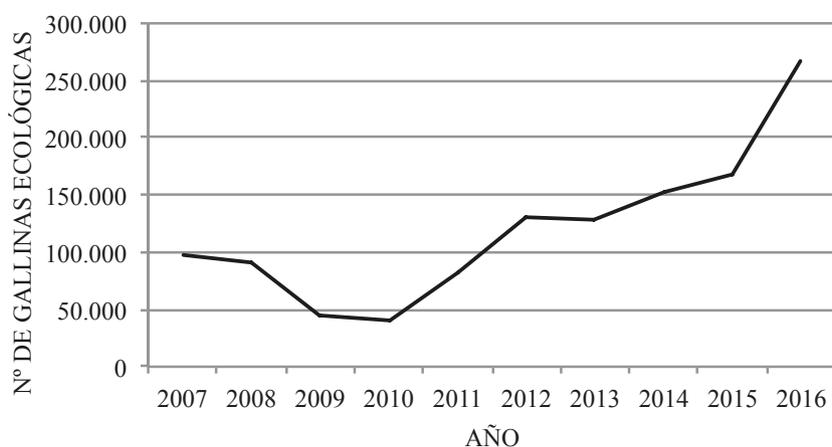


Figura 4. Evolución del censo de gallinas ecológicas en el intervalo 2007-2016.
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del MAPAMA.

En la actualidad, la producción de huevos en la UE está basada en cuatro tipos de sistemas: en jaula enriquecida, en suelo, camperas y ecológicas. Los huevos producidos en cada uno de los sistemas se identifican con un dígito, siendo 0 para ecológicas, 1 para camperas, 2 para gallinas criadas en el suelo y 3 para gallinas alojadas en jaulas enriquecidas. El grueso de la producción de huevo lo supone la producción en jaula. La tendencia actual es hacia una mayor preocupación del consumidor por los temas de bienestar de las aves, dato que se ve reflejado en el aumento del censo de gallinas alojadas

en sistemas de cría no convencionales (figuras 3 y 4), con un aumento, en los últimos seis años, del 246,27 % en gallinas camperas y del 327,72 % en gallinas ecológicas (datos del MAPAMA).

Es por ello por lo que la producción de huevo en el futuro inmediato se va a centrar en cuatro pilares básicos [1]:

- Rentabilidad: la producción debe ser rentable desde el punto de vista económico, manteniendo un alto nivel de competitividad en el mercado exterior.
- Sostenibilidad medioambiental: basada en la protección del medio ambiente, el control de residuos y su tratamiento.
- Bienestar animal: centrado en la máxima atención al cuidado de las aves, respetando sus interacciones sociales y la relación con su entorno.
- Seguridad alimentaria: se trata de ofertar al mercado productos sanos, saludables y de calidad, garantizando la seguridad alimentaria y la protección de los consumidores.

FISIOLOGÍA DE LA FORMACIÓN DE LA CÁSCARA DEL HUEVO

El huevo de gallina tiene un periodo de formación de unas veinticinco horas de duración, en las que aquel progresa por las distintas partes del oviducto, siguiendo un cronograma por fases secuencial [3].

Dehiscencia folicular (ovulación)

Los folículos ováricos maduran en series ovulares de 8 a 10 folículos, con un desfase inicial de 24 a 26 horas, que marca la cadencia de maduración. La ovulación está regulada por la acción de la hormona hipofisaria luteinizante (LH) que provoca la liberación del ovocito, con la posterior atrofia y desaparición del folículo vacío. Al contrario que entre los mamíferos, en las gallinas no se forma un cuerpo lúteo secretor de progesterona. Tras la ovulación el ovocito o yema es captado rápidamente por el infundíbulo. En virtud de estímulos externos, como el fotoperiodo, el hipotálamo secreta el factor liberador de las gonadotropinas (GnRH). Esta hormona se libera a la hipófisis, en la que se producen dos hormonas: la hormona folículo estimulante (FSH), la cual, junto con factores de crecimiento, estimula el desarrollo folicular, y la LH, la cual induce a la ovulación. Su secreción se estimula por la progesterona, sintetizada por las células de la granulosa de los folículos de mayor tamaño, mediante un mecanismo de retroalimentación positiva [3].

Formación de la clara

La clara se forma en el *magnum* y es, básicamente, una solución acuosa de proteínas (ovoalbúmina, avidina y lisozima). El ovocito permanece en este unas tres horas y media, rodeándose de la clara, que se encuentra en él poco hidratada, conteniendo solo 18 g de agua y unos 5 g de proteínas. En esta fase se forman las chalazas, filamentos espirales de clara densa por la torsión de fibras de mucina [4].



Plumping y formación de las membranas testáceas

En el istmo se inicia el *plumping* o proceso de rehidratación de la clara, en el que se duplica el contenido en agua de esta, adicionándose minerales como Na^+ , P, NaHCO_3 . La hidratación del albumen finaliza en el útero [4]. Las membranas testáceas o fáfara son dos finas membranas inseparables que rodean la yema y la clara, formadas por fibras proteicas en el istmo, permeables, y que recubren internamente la cáscara. Sobre ellas se depositan los cristales de CaCO_3 que van a dar lugar a la mineralización de la cáscara [4].

Formación y pigmentación de la cáscara

Se forma en el útero una vez finalizado el proceso de *plumping*. Es un proceso que dura de catorce a quince horas. La deposición de carbonato cálcico es constante, con un ritmo de 0,3-0,35 mg/h, esencialmente en horario nocturno (de las 18 a las 8 horas), ya que comienza unas diez horas después de la ovulación, que se produce generalmente por la mañana. El CaCO_3 se deposita sobre la membrana testácea externa, procediendo de la unión, en el líquido uterino, del Ca con el HCO_3^- , producido en las glándulas calcíferas por hidratación del CO_2 gaseoso en presencia de anhidrasa carbónica [5,6]. La pigmentación de la cáscara está condicionada por la genética de la estirpe. Se produce por depósito de protoporfirinas derivadas de la hemoglobina, al final del proceso de calcificación. La producción de pigmento es mayor en aves jóvenes [7,8].

Ovoposición

Una vez concluida la formación de la cáscara, el huevo abandona el útero, ayudado por las contracciones uterinas, llegando a la vagina. La puesta se realiza a través de la cloaca, pero no hay contacto con ella gracias a un prolapso fisiológico momentáneo. Este proceso está controlado por las prostaglandinas E y F. El huevo abandona la vagina húmedo y a 41-42 °C, con lo que sufre un proceso de enfriamiento que provoca la separación de las membranas testáceas en el polo obtuso, formándose la cámara de aire [4].

ESTRUCTURA DE LA CÁSCARA

En su composición química, la cáscara presenta un 98,4 % de materia seca, de la que únicamente un 3,3 % es orgánica (colágeno). El contenido mineral está predominantemente compuesto por CaCO_3 (98 %), depositado en su forma más estable: la calcita [3]. También incorpora un 1 % de MgCO_3 y un 1 % de CaHPO_4 [5].

De acuerdo con su estructura histológica, la cáscara presenta tres capas [4]: la capa más interna, o capa mamilar, unida a la membrana testácea externa por puentes de queratina (compuesta únicamente por CaCO_3), y que representa un tercio del espesor total, con una estructura de conos sobre los



que se realiza la calcificación; la capa intermedia, esponjosa o en empalizada, formada por cristales de CaCO_3 y Mg, y de $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, dispuestos en forma de columnas o empalizada, unidas por fibras colágenas elásticas, siendo importante destacar que estas columnas dejan unos espacios o poros, en número de 7.000 a 15.000, imprescindibles para el intercambio gaseoso; y la capa más externa o cutícula, formada por una membrana orgánica compuesta por glucoproteínas, con función de barrera protectora antimicrobiana, que pierde la humedad y desaparece entre los dos y cuatro días después de la ovoposición.

Revisten especial importancia en el desarrollo de la cáscara la fisiología y el origen del Ca, ya que la formación de la cáscara implica la aportación de unos 2,3 g de Ca por huevo, lo que corresponde a entre 8 y 10 % del contenido corporal de Ca. El 98 % del Ca se encuentra en los huesos, pero la participación de estos últimos está limitada por el aporte directo de Ca alimentario absorbido a nivel intestinal [4]. La principal fuente de Ca la constituye la dieta, almacenándose Ca en los huesos durante los periodos en los que no se está formando la cáscara, a modo de $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ [5]. Durante el inicio del proceso de formación de la cáscara, la gallina multiplica por dos su capacidad de absorción intestinal de Ca, ayudada por la acción de la vitamina D, pasando durante la formación de la cáscara del 40 al 80 %. La calcificación de la cáscara se produce en el útero, mientras el huevo se encuentra bañado en el fluido uterino. En este fluido uterino, el Ca y los HCO_3^- se encuentran en condiciones de hipersaturación, de modo que es posible la precipitación espontánea de Ca. La finalización de la precipitación y depósito del Ca se produce unas dos horas antes de la ovoposición, y la liberación de P al medio uterino, inhibidor de la formación de calcita, tiene un papel fundamental [4].

PRINCIPALES ALTERACIONES DE LA CÁSCARA

Se considera que la calidad de la cáscara del huevo se determina mediante distintos factores: la textura, el color, la forma, la limpieza y la fortaleza. La cáscara debe ser suave, limpia y libre de roturas, y uniforme en color, forma y tamaño [9].

Las alteraciones más frecuentes, expresadas en porcentaje sobre el total de huevos producidos, son las siguientes:

- grandes roturas (por grandes impactos o impactos sobre cáscaras frágiles; frecuencia entre el 1 y el 5 %);
- microfisuras longitudinales (fisuras no visibles; frecuencia entre el 1 y el 3 %);
- fisuras en estrella (producidas por impactos; frecuencia entre el 1 y el 2 %);
- huevos en fáfara fuente (frecuencia entre el 0,5 y el 6 %);
- huevos rugosos (frecuencia entre el 0 y el 1 %);
- huevos arrugados (frecuencia entre el 0 y el 2 %);
- huevos en torpedo (frecuencia entre el 0 y el 1 %);
- huevos anillados (frecuencia entre el 1 y el 9 %), y
- huevos sucios de sangre, de heces, de uratos o por marcas de la jaula [9].



En un estudio realizado recientemente en gallinas alojadas en jaulas enriquecidas, se observan unas medias de un 5,07 % de huevos sucios y un 3,02 % de huevos fisurados o con roturas, sobre el total de huevos producidos, en gallinas alojadas en jaulas enriquecidas [10].

PRINCIPALES FACTORES QUE AFECTAN A LA CALIDAD DE LA CÁSCARA

La edad de las gallinas va a ser un factor determinante, ya que las gallinas de más edad, en las fases finales de su curva de puesta, van a dar lugar a una mayor incidencia de cáscaras frágiles, por aumento del tamaño del huevo y por menor eficiencia en el proceso de calcificación. Ello va a provocar roturas, desde fisuras a roturas grandes. También se ve afectado el depósito de protoporfirinas, lo que da lugar a huevos decolorados [11]. En aves jóvenes, con el útero juvenil o inmaduro, se pueden producir huevos en fáfara, por deficiencias del depósito de CaCO_3 [12].

El nivel de bienestar de las gallinas va a condicionar todo el sistema productivo, debido a que el estrés, cualquiera que sea su origen, provoca una gran alteración de la fisiología del ave, afectando muy negativamente a la puesta [12]. La respuesta al estrés va a estar regulada por el sistema neurovegetativo o autónomo, que controla los movimientos involuntarios de los órganos internos, como el corazón y circulación sanguínea, peristaltismo intestinal y genital, micción y defecación, movimientos respiratorios y las secreciones internas [13]. El sistema neurovegetativo se compone de dos grupos de nervios antagónicos: sistema simpático y sistema parasimpático, entre los cuales se establece un equilibrio que no es estable y se altera con facilidad ante situaciones estresantes. Este desequilibrio es, casi siempre, favorable al sistema simpático [13]. En el aparato genital el sistema neurovegetativo no solo controla las ovulaciones y el tránsito del huevo, sino que tiene que regular los periodos o tiempos de espera exactos en cada parte del oviducto para finalmente expulsar el huevo. Estas funciones están gobernadas por un sistema de músculos lisos que son gobernados por el sistema nervioso autónomo, de modo que son posibles situaciones antagónicas, como relajación o espasmo [13]. Este sistema neurovegetativo es muy lábil e incontrolable y sus desórdenes afectarán a la morfología del huevo, calcificación, etc. Se pueden dar situaciones de relajación del útero que provocarán huevos globo, con un índice morfométrico <75 ; espasmos uterinos, que darán lugar a huevos en torpedo, con un índice morfométrico >75 ; secuencias de tránsito rápido, que van a dificultar la calcificación, observándose huevos frágiles, proclives a la rotura; etapas de tránsito lento, incluso con retenciones, que provocarán la aparición de huevos hipercalcificados, que presentan una capa de Ca adicional, bien alrededor de toda la cáscara o solamente en uno de sus extremos; huevos diana, que son el resultado de dos huevos que entran en contacto en el útero, con lo que se interrumpe la calcificación normal, y huevos con cáscara granulosa, con pequeñas protuberancias de material calcificado.

Es posible determinar varios tipos principales de estrés que van a afectar a la producción de huevos:

- Estrés por deficiencias en el alojamiento o en el manejo: las malas condiciones de las instalaciones y su deficiente mantenimiento, así como manejos incorrectos, van a provocar estados alterados en las aves. Se van a producir huevos picados, sucios y débiles.
- Estrés térmico: la temperatura ambiente óptima para la producción de huevos es de $24\text{ }^\circ\text{C}$. Las altas temperaturas ambientales obligan a las aves a aumentar su frecuencia respiratoria hasta



más de doscientos ciclos por minuto, para tratar de refrigerar su organismo, ya que las aves carecen de glándulas sudoríparas. Esta hiperventilación provoca un aumento de la eliminación de CO_2 en sangre, induciendo un estado de alcalosis y aumentando la eliminación de HCO_3^- a través de la orina. Como consecuencia de los anteriores factores, se reduce la concentración disponible de Ca y HCO_3^- , lo que genera la aparición de huevos con cáscaras débiles, delgadas y en fáfara [6].

- Estrés social: el establecimiento de la jerarquía y la competencia entre gallinas provocan situaciones de nerviosismo que dan lugar a huevos picados o manchados de sangre, a consecuencia del picaje y canibalismo entre aves, así como a huevos frágiles por deficiente acceso al pienso.

Los desequilibrios alimenticios condicionan negativamente la formación de la cáscara [14]. Las necesidades energéticas de las gallinas ponedoras se deben determinar correlacionándolas con el balance nitrogenado del ave, utilizándose la energía metabólica aparentemente corregida en nitrógeno fuente (EMA). Las necesidades energéticas dependerán del peso del ave, de la temperatura del gallinero, del aumento del peso corporal de la gallina y de la producción de huevos [15]. Respecto a las necesidades nitrogenadas, en la actualidad se formula según la digestibilidad de los aminoácidos esenciales (Lys, Met, Met+Cys, Trp, Thr). Reviste especial importancia la ingesta de Ca en la dieta, condicionada por la concentración y por su presentación. La gallina debe ingerir entre 3,6 y 4,2 g/día en condiciones normales, a modo de CaCO_3 ; entre el 50 y el 70 % del Ca debe tener una granulometría de 2 a 4 mm de diámetro, debiéndose aportar el resto en forma de polvo, para evitar desmezcla. Los niveles de P, Na, K y Cl deben ser ajustados para evitar la aparición de huevos con cáscaras delgadas y débiles [15].

Las lesiones propias de los procesos patológicos y el estrés resultante de cualquier enfermedad pueden traer como consecuencia una pérdida de calidad del huevo. Las principales enfermedades responsables de alteraciones en la cáscara son:

- Bronquitis infecciosa aviar: se trata de una enfermedad viral, producida por un coronavirus, de curso agudo, caracterizada por alteraciones respiratorias, renales y caídas de producción, con alteración en la calidad de los huevos. Los huevos van a presentar cáscaras débiles, arrugadas y deformadas, debido a una intensa congestión en el oviducto, con pérdida de cilios en su mucosa [16].
- Micoplasmosis aviar: producida principalmente por *Mycoplasma gallisepticum*, cursa con síntomas respiratorios agudos, con una fuerte caída de la puesta, con presencia de huevos débiles, propensos a sufrir roturas, decolorados e incluso en fáfara, debido a la salpingitis, frecuentemente con contenido de exudado espumoso, que provoca este patógeno [17].
- Síndrome de caída de la puesta: causada por el único miembro del subgrupo III de los adenovirus aviáres. Principalmente ocasiona fallo de puesta, con presencia de huevos con la cáscara delgada, frágil o en fáfara. La afectación del útero y del ovario, con edemas e incluso la atrofia de estos, es la lesión característica del proceso [18].
- Laringotraqueitis: producida por un alphaherpesvirus, cursa con intensa disnea, tos, jadeo y expectoración de exudado sanguinolento. Provocará alteraciones en la cáscara similares a las observadas en la micoplasmosis aviar [16].



CONCLUSIONES

La supervisión de las alteraciones de la cáscara representa una parte importante del control de calidad que se debe realizar sobre los huevos destinados a consumo humano.

Las principales causas de alteración de la cáscara, tales como el manejo, el estrés, la alimentación y las patologías, han de ser la base de la actuación veterinaria en las explotaciones de gallinas de puesta.

Son necesarios posteriores estudios que correlacionen la presencia de alteraciones de la cáscara con los diferentes estados de las fases productivas de las gallinas.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Estévez R. Avicultura de puesta: Situación productiva actual, adaptación legislativa y perspectivas de futuro. *Selecciones Avícolas*. 2011;53(9):7-11.
- [2] INPROVO. Producción de huevos en España [Internet]. [Consultado: 9 de enero de 2018]. Disponible en: <http://inprovo.com/sector-economico/produccion-de-huevos-en-espana/>.
- [3] Barroeta AC. El huevo de gallina. En: Castelló, JA. Producción de huevos. Arenys de Mar: Real Escuela de Avicultura. 2010:15-41.
- [4] Cepero R. Las bases de la formación del huevo. En: Buxadé, C. *Zootecnia*. Tomo V. Madrid, Mundiprensa. 1995:79-95.
- [5] Jones DR, Musgrove MT, Anderson KE, Thesmar HS. Physical quality and composition of retail shell eggs. *Poult Sci*. 2010;89:582-87.
- [6] Corona JL. Efecto del estrés calórico sobre la fisiología y calidad del huevo en gallinas ponedoras. *REDVET* [Internet]. 2013;7(14). [Consultado: 23 enero de 2018]. Disponible en: <http://veterinaria.org/revistas/redvet/n070713/071308.pdf>.
- [7] Charlton BR, Tiwary AK, Bickford AA, Filigenzi M. Acute depigmentation of fertile brown eggs in a commercial layer operation. *J. Vet. Diagn. Invest*. 2005;17:286-88.
- [8] Samiullah S, Roberts JR. The location of protoporphyrin in the eggshell of brownshelled eggs. *Poultry Science*. 2013;92:2783-88.
- [9] Coutts JA., Wilson GC. *Optimum Egg Quality: A practical approach*. Sheffield (Great Britain): 5M Publishing. 2007.
- [10] Hernández A. Jaulas enriquecidas y sistemas de detección de calidad de cáscara del huevo: resultados preliminares. Presentado en 50th Spanish WPSA branch symposium. Lleida. Spain. 2013.
- [11] Mertens K, Vaesen I, Loffel, J, Kemps B, Kamers B, Perianu C. *et al*. The transmission color value: a novel egg quality measure for recording shell color used for monitoring the stress and health status of a brown layer flock. *Poultry Science*. 2010;89:609-17.
- [12] Ortiz A, Mallo JJ. Factores que afectan a la calidad externa del huevo. *Rev. Albéitar*. 2013;170:19-20.
- [13] Pradenas CA. Efecto del estrés adrenérgico sobre la calidad de la cáscara del huevo de las gallinas. Tesis doctoral. Santiago de Chile. 2001.
- [14] Lay DC, Fulton RM, Hester PY, Karcher DM, Kjaer JB, Mench JA. Hen welfare in different housing systems. *Poult Sci*. 2011;90(1):278-94.



- [15] Navalon, JL. Nociones de racionamiento en gallinas ponedoras comerciales. En: Buxadé, C. Zootecnia. Tomo V. Madrid. Mundiprensa. 1995:283-304.
- [16] Girón J. Enfermedades víricas con sintomatología respiratoria. En: Castelló JA. «Higiene y Patología Aviar». Arenys de Mar. Real Escuela de Avicultura. 2006:131-160.
- [17] Biarnes MM. Micoplasmosis, Coriza y Colibacilosis. En: Castelló JA. «Higiene y Patología Aviar». Arenys de Mar. Real Escuela de Avicultura. 2006:63-77.
- [18] Girón J. Enfermedades víricas generalizadas. En: Castelló JA. «Higiene y Patología Aviar». Arenys de Mar. Real Escuela de Avicultura. 2006:161-87.



