

## FISIOLOGÍA DE LA PUESTA, CON ÉNFASIS EN LA CALIDAD DE LA CÁSCARA



Gerard HUYGHEBAERT(\*)

*Conferencia de DSM Nutritional Products en Guadalajara, 5-10-2005*

La puesta de huevos en las aves es el resultado de un proceso natural complejo. Constituye también un vínculo esencial en el ciclo reproductivo, muy asociado con el instinto parental. El huevo es una entidad química y biológicamente compleja. Esencialmente, consta de un diminuto centro vital -en el huevo fertilizado-, rodeado por enormes cantidades de un número incontable de sustancias -proteína, grasa y vitaminas-, rodeadas a su vez por estructuras protectoras. El huevo también contiene sustancias típicas -hormonas, enzimas e inmunogénes- con propiedades biológicas intrínsecas. Más aún, el huevo es un sistema físico-químico muy organizado, regulado externamente mediante la cáscara porosa e internamente mediante la yema y el albumen, separadas por la membrana vitelina semi-permeable. Las características internas y externas del huevo se ven muy influidas, a distinto nivel, por factores hereditarios, fisiológicos y medioambientales.

Además de ser capaz de producir un pollito, el huevo tiene otro papel alternativo muy importante. De todos los huevos de gallinas domésticas producidos en el mundo, más del 80% se usan para consumo humano, debido a su gran valor nutricional -uso directo: huevos de mesa, con cáscara- y su utilidad industrial -uso indirecto: ovoproductos-. Pero su peculiar estructura, y la distribución desigual de sus componentes químicos hacen del huevo un sistema inestable. Es obvio que el huevo alcanza su máximo valor nutritivo en el momento de la puesta, y que su calidad viene determinada por un amplio rango de propiedades físicas y químicas. Es más, a la hora de determinar la calidad de productos para alimentación, la opinión del consumidor tiene cada vez más importancia. Para esta aplicación, las características de calidad del huevo pueden subdividirse en dos categorías:

- **La calidad externa**, o aspecto externo: por ejemplo, el tamaño o el peso del huevo, la forma, el color de la cáscara, la calidad de la misma, su limpieza y la uniformidad. Los huevos con cáscaras delgadas, rugosas, o desiguales siempre se consideran de inferior calidad. Los huevos sucios o con manchas no son atractivos para el consumidor. Una cáscara intacta tiene gran importancia potencial contra una posible contaminación bacteriana.

- **La calidad interna** del huevo, una vez abierto, incluye propiedades relacionadas con la de la yema y de la clara: por ejemplo, el valor nutricional, el valor fisicoquímico, las propiedades sensoriales y los aspectos relacionados con la seguridad y la salud -contaminación bacteriana, residuos, perfil de colesterol y ácidos grasos-. A pesar de sus excepcionales cualidades nutricionales, el huevo se ha visto afectado negativamente por numerosas campañas publicitarias.

Los dos factores más importantes para el consumidor, considerando el huevo como producto fresco, a la hora de elegir, son la apariencia - el color - y la calidad de la cáscara. El alcanzar y mantener una calidad de huevo adecuada es de gran importancia. Si la apariencia no es la deseada, ese huevo se clasificará de forma arbitraria, y probablemente será discriminado en base a esas diferencias. Muchos factores, y sus interacciones van a afectar a la calidad de la cáscara. La industria del huevo comercial, los productores de huevos para incubar y las incubadoras han aceptado que entre el 5 y el 10% de su producción se perderá debido a daños en la cáscara y a su clasificación como huevo de segunda, lo que es un factor crítico para la supervivencia del sector.

(\*) The Flemish Community, CLO-DVV, Melle, Bélgica



### Composición del huevo

Las principales partes del huevo son: la cáscara, la clara o albumen y la yema -Fig. 1.

de proteína, algunos restos de lípidos y un 95,1% de materia inorgánica. Los tres minerales más abundantes en la cáscara son el calcio -98,2%- , el magnesio -0,9%- y el fósforo -0,9%.

### Formación del huevo

El huevo es el producto final de una serie complicada de procesos. Los folículos, que más tarde serán las yemas, crecen en el ovario izquierdo y después de la ovulación el óvulo libre se recoge en el infundíbulo del oviducto izquierdo -formación de la membrana perivitelina y las chalazas/ unos 15 minutos- y es transportado a la zona de secreción de albumen, o magno -unas 3 horas-. Vía el istmo -cerca de 1 hora-, donde se forman las membranas, el huevo entra en la glándula tubular, donde se añaden fluidos y minerales durante el proceso de formación de la clara -unas 5 horas-, y pasa después a la formación de la

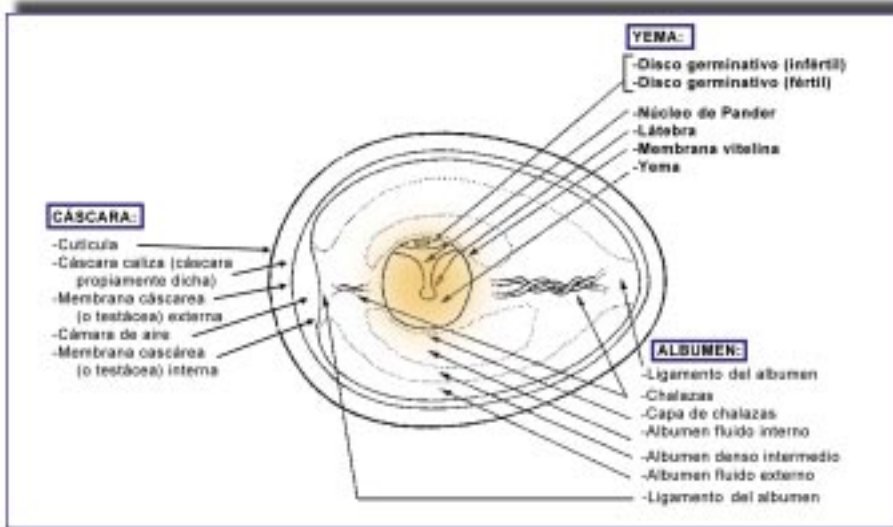


Fig. 1. Sección longitudinal con las partes macroscópicas del huevo.

El huevo está constituido por yema -27%- , clara -61%- y cáscara y membranas -12%-. El huevo de las aves posee un alto contenido en agua. Sus sólidos son tanto compuestos orgánicos -proteínas, lípidos y carbohidratos- como minerales inorgánicos. El contenido mineral del huevo entero es de un 10,9% -con alrededor del 0,8% en el interior del mismo-. La clara o albumen constituye alrededor del 60% del huevo entero -una dispersión coloidal de un 10% de glicoproteínas globulares en agua-. La yema es un sistema más complejo, que contiene partículas granulares, siendo una mezcla de lipoproteínas de alta densidad, fosvitina y proteínas de baja densidad, suspendidas en una solución proteica micelar con un contenido en grasa relativamente alto.

la cáscara -centro mamilar, matriz de la misma y cutícula, con unas 15 horas- en la glándula propiamente dicha -un útero en dos fases-. Para la calcificación de un solo huevo la glándula transporta unos 2,3g de calcio durante las 15 h que el mismo permanece allí; lo que significa, para una producción anual de más de 300 unidades, unos 690 g, cantidad más de 30 veces el contenido total de calcio de todo el cuerpo -el contenido en calcio de un huevo es alrededor del 10% del contenido total de éste almacenado en el sistema óseo-. Es entonces cuando el huevo "ya preparado para la puesta" es transportado a través de la cloaca y finalmente, es puesto -oviposición-. El esquema temporal del proceso completo se muestra en la Fig. 2.

En la cáscara existen dos membranas, una interna y otra externa. El componente principal de ambas es la proteína queratina, con una baja concentración de hidratos de carbono. La cáscara de huevo de ave contiene las siguientes capas, de dentro a fuera: (1) dos membranas proteicas, (2) la "cáscara" mineral propiamente dicha, y (3) una cutícula proteica. La cáscara, incluyendo la cutícula o capa gelatinosa exterior, contiene una alta proporción de sales inorgánicas, algún material inorgánico y muy poca agua. La cáscara típica de huevo de pollo tiene un 1,6% de agua, un 3,3%

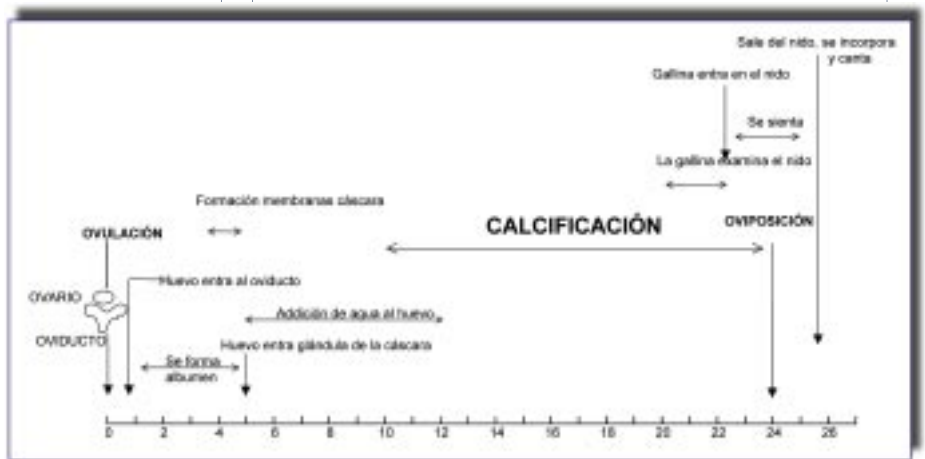


Fig. 2. Tiempo de formación del huevo post-ovulación.

Los problemas de calidad de "cáscara" suelen derivar de una combinación de factores, más que de uno aislado. Los factores que afectan a la calidad de la cáscara son:

1. La estirpe, y la selección genética, con posibles interacciones con otras características.
2. La edad. La calidad de la cáscara -su espesor- disminuye a medida que la gallina envejece -el peso del huevo aumenta mientras que el de la cáscara se mantiene.
3. La muda. El beneficio depende del tipo y la severidad de la muda que se haya realizado, así como de la edad de las gallinas.
4. Los estrés en general -por ejemplo, la densidad de población- y el calor, por su impacto sobre el consumo.
5. Algunas enfermedades, como la Newcastle, la bronquitis infecciosa, EDS, etc...
6. Los sistemas de producción -gallinas de batería frente a camperas-, el programa de luz -convencional, intermitente o ahemeral.
7. La nutrición, incluyendo:
  - a. La calidad del agua: electrolitos, carga bacteriana,...
  - b. Algunos microminerales: electrolitos -Na, Cl, balance ácido base- y Zn y Mn, como cofactores en la formación de la cáscara.
  - c. El aporte de los minerales principales: Ca y P, la relación Ca:P -interacción con la edad-, el tamaño de partícula de Ca, la solubilidad intestinal de Ca, la dieta de prepuesta y el "carbonato" derivado del bicarbonato sanguíneo o de síntesis a partir de CO<sub>2</sub> por la acción de la anhidrasa carbónica en el oviducto.

### Importancia de los factores nutricionales

El calcio para la formación de la cáscara proviene bien de la sangre después de su absorción a nivel intestinal -duodeno y principio del yeyuno-, o bien de su resorción en el hueso -principalmente el medular, pero también el cortical bajo condiciones de deficiencia de Ca, pues aquel se mantiene prácticamente constante, lo que implica que lo hace a expensas de éste-. La resorción del Ca del hueso se regula mediante la hormona PTH -efecto osteoblástico- y 1,25-(OH)<sub>2</sub>-D<sub>3</sub>, mientras que la absor-

ción intestinal se facilita mediante la acción de 1,25-(OH)<sub>2</sub>-D<sub>3</sub>. La importancia relativa de ambas fuentes potenciales de calcio depende de la concentración del calcio de la dieta -Etches, 1987-. Esta relación también depende de la hora del día. Los estrógenos -dependientes de la edad y del fotoperíodo- aumentan el Ca total del plasma, en parte debido a la estimulación de la producción de las proteínas ligadoras de Ca en sangre. La cantidad neta de Ca secretado está ligada funcionalmente al aporte de HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>.

Aparte de algunos factores anti-nutricionales, como NSPs<sup>(1)</sup>, fitato, micotoxinas, etc, se halla la influencia de algunas vitaminas, como la C, pero especialmente la D y sus análogos. El término vitamina D se refiere a un grupo de compuestos estrechamente relacionados que poseen propiedades antirraquíticas, tales como: ergocalciferol -vitamina D<sub>2</sub>- y colecalciferol -vitamina D<sub>3</sub>-. La absorción de la vitamina D<sub>3</sub>, suministrada en la dieta, depende en gran medida de las condiciones intestinales, por ejemplo, la emulsificación. La vitamina D<sub>3</sub> se convierte a 25-OH-D<sub>3</sub> que, en el hígado, es el principal metabolito de la vitamina D<sub>3</sub> circulante en la sangre y, a su vez se convierte en:

(1) a niveles bajos de Ca y P en la sangre, en 1,25-(OH)<sub>2</sub>-D<sub>3</sub> gracias a mecanismos de regulación que controlan la formación de ésta a partir de 25-OH-D<sub>3</sub>, por ejemplo, la estimulación de la hormona paratiroide en vez de la calcitonina,

(2) a niveles normales de Ca y P en la sangre, en uno de estos dos metabolitos 24,25-(OH)<sub>2</sub>-D<sub>3</sub> ó 1,24,25-(OH)<sub>3</sub>-D<sub>3</sub>, en el riñón. Por ejemplo, la actividad de la 1-hidroxilasa renal aumenta justo antes del comienzo de la puesta, y ese momento coincide con un aumento de los estrógenos y el calcio total circulante en plasma. Además, la actividad de la 1-hidroxilasa durante el ciclo de ovulación-oviposición aumenta en el momento de la ovulación. Este aumento en actividad es seguido por un aumento en la concentración de 1,25-(OH)<sub>2</sub>-D<sub>3</sub> circulante en plasma 4 horas después de la ovulación, manteniéndose elevados los niveles durante 10 horas.

La vida media de la vitamina D<sub>3</sub> y del 25-OH-D<sub>3</sub> son similares -25 y 20 días, respectivamente-, mientras que el 1,25-(OH)<sub>2</sub>-D<sub>3</sub> desaparece rápidamente en unas 6 horas. La vitamina D<sub>3</sub> (1,25-(OH)<sub>2</sub>-D<sub>3</sub>) controla los niveles de Ca y P en sangre mediante mecanismos específicos en el intestino, riñón -secreción/reabsorción- y hueso -deposición/movilización-. El 25-OH-D<sub>3</sub> se ligará al receptor de vitamina D (VDR), que controla muchos

(1) NSPs: abreviatura del inglés «Non starch polysacharydes» = Polisacáridos no amiláceos.



de los efectos genéticos del 1, 25-dihidroxi, pero con una menor afinidad, por lo que se ha sugerido que el 25-OH-D<sub>3</sub> puede ejercer algunos de los efectos del 1,25-(OH)<sub>2</sub>-D<sub>3</sub>. Por lo tanto, el 25-OH-D<sub>3</sub> de la dieta será beneficioso si hay cualquier problema en la conversión inicial de vitamina D a 25-OH-D<sub>3</sub>, ya que no tiene el paso metabólico del hígado. Según Applegate y Angel -2004-, la actividad biológica de 25-OH D<sub>3</sub> en vez de la vitamina D<sub>3</sub> oscila entre 1 y 2,5 veces en estudios realizados tanto con gallinas jóvenes como viejas. Dada la presión en selección para producir animales que alcancen la madurez sexual y produzcan huevos más grandes - con mejor cáscara - a menor edad, tenemos que plantearnos la utilización del 25-OH D<sub>3</sub> en pollitas, transición y programas de puesta temprana. La utilización de concentraciones altas de vitamina D<sub>3</sub> o de 25-OH D<sub>3</sub> debería hacerse con cuidado, ya que puede llevar a calcificaciones renales y deformaciones de la cáscara. Parte de esta diferencia puede explicarse por diferencias en la absorción intestinal, debido a su diferente polaridad. Sin embargo, según los citados autores se sugiere que el 25-OH D<sub>3</sub> tiene que utilizarse conjuntamente con la vitamina D<sub>3</sub>, por lo menos para obtener ciertas respuestas específicas.

Todo ello se ha podido demostrar en una experiencia enfocada a investigar la eficacia del 25-OH-D<sub>3</sub> en combinación con diferentes concentraciones Ca y P en la dieta sobre los parámetros de producción, calidad de cáscara y características de la tibia de ponedoras entre 20 y 68 semanas de edad. La prueba se planeó con un diseño factorial con 3 combinaciones de Ca:P y 2 fuentes de vitamina D<sub>3</sub>, bien suplementada con 3.000 UI/kg

como tal, o bien como una combinación de 1.500 UI de vitamina D<sub>3</sub> + 1.500 UI de 25-OH-D<sub>3</sub>.

Tanto los parámetros productivos como la calidad de la cáscara fueron buenos para todos los tratamientos. No se observaron interacciones significativas entre ambos factores -Ca y P y vitamina D-, aunque se observó una tendencia hacia un efecto beneficioso del 25-OH-D<sub>3</sub> en la dieta con bajo Ca y alto P.

El peso del huevo y la masa diaria de huevos fueron más altos en la dieta con altos Ca y P. En general, la calidad de la cáscara fue mejor en la dieta con altos Ca y P. También se observaron efectos significativos sobre los parámetros de la tibia aunque la variación en el contenido mineral de la dieta puede haber sido demasiado limitada como para inducir una reducción severa en la calidad del hueso a las 68 semanas de edad.

En comparación con la suplementación con vitamina D<sub>3</sub>, la suplementación con 25-OH-D<sub>3</sub> originó una mejora significativa de la calidad de cáscara y una tendencia a mejorar la puesta, a un menor consumo y a un mejor índice de conversión. Además se observaron efectos significativos en los parámetros de la tibia, con un contenido de P en la materia seca significativamente mayor.

En general, puede concluirse que el 25-OH-D<sub>3</sub> tiene un mayor efecto sobre la calidad de la cáscara que sobre los resultados productivos, una eficacia compensatoria sobre las diferencias de Ca y P en la dieta y un impacto beneficioso en los resultados económicos de la producción. ●

## El «truco» está en la ventilación. (Viene de página 222)

inconveniente por la contratación del personal, la elevación de los comederos para conseguir el ayuno necesario, etc. Sin embargo, desde el punto de vista sanitario lo importante es que la granja se halla completamente vacía de pollos durante unos 10-15 días, con lo que se pueden realizar unas 5 crianzas al año.

Como yacija se emplea paja troceada, distribuyéndose a razón de 4 kg/m<sup>2</sup>, a excepción del verano, en el que pone algo menos. Según nos indican, su coste se ha elevado considerablemente en los últimos tiempos, aparte de que al de compra habría que añadir el del troceado, que hacen ellos mismos en un almacén aparte. Además, ante nuestro comentario acerca de que la paja, al tener poca capacidad de absorción de la humedad, es un material mediocre como cama, nos indican que, si lo consideran necesario, de vez en cuando espolvorean sepiolita -un silicato mineral magnésico hidratado -sobre ella con el fin de conseguir que esté más seca.

Durante los primeros días de vida de los pollitos extienden las clásicas tiras de papel sobre la yacija, entre las hileras de comederos y bebederos. Esto tiene por objeto que los pollitos acudan a éstos, al sentirse atraídos por el ruido de sus compañeros al caminar sobre los mismos.

El plan de iluminación que se aplica varía en función del tipo genético de pollos que cría, Ross o Cobb, según las entregas de la sala de incubación. Con pollitos Cobb, que son los que vimos, depende de alcanzar unos pesos mínimos -en caso contrario aumenta ligeramente- estaba dando 23 horas diarias durante la primera semana, luego 18 horas hasta los 10 días, 15 horas hasta 14 días y 12 horas hasta 15 días antes del fin de la crianza, aumentando luego hasta 18 horas durante los 10 días anteriores a ésta y nuevamente hasta 23 horas durante los 6 últimos días. En caso de tratarse de pollitos Ross el plan consiste en dar 24 horas durante los primeros 2 días de vida y luego 23 horas diarias en el resto de la crianza. ●