

I

FISIOLOGÍA, FORMACIÓN Y ESTRUCTURA DEL HUEVO

Prof. Dr. D. BENITO MATEOS-NEVADO ARTERO

Universidad Hispalense

Presidente de la Real Academia Sevillana de Ciencias Veterinarias

Dra. M.^a DOLORES MATEOS-NEVADO ALONSO

Cuerpo Superior de Instituciones Sanitarias (Junta de Andalucía)

FISIOLOGÍA, FORMACIÓN Y ESTRUCTURA DEL HUEVO

BENITO MATEOS-NEVADO ARTERO
M.^a DOLORES MATEOS-NEVADO ALONSO

El huevo de las aves se caracteriza por ser telolecito, es decir, tiene una gran riqueza de vitelo o yema y el embrión se desarrolla totalmente a expensas de este vitelo, tanto en las aves como en los peces y reptiles. Con la denominación de ‘huevo’ se entiende única y exclusivamente el procedente de la gallina (*Gallus domesticus*, L.). Por lo que respecta a los huevos de otras aves, se designarán indicando la especie de la que proceden.

En general, el huevo es un alimento esencialmente proteico de gran función plástica, debido al alto valor biológico de sus proteínas, y que junto a la leche, son los únicos alimentos de origen animal que pueden formar parte de nuestra dieta de forma incruenta.

Su tamaño o volumen y, por tanto su peso, varía con la raza, edad, individualidad, alimentación, etc., oscilando el peso normal del huevo entre los 40 y 75 gr., estando la media en 55-60 gr.

El huevo de gallina tiene un polo más amplio, más redondeado que el opuesto, si bien el otro polo no es demasiado puntiagudo. El color de la cáscara oscila del blanco hasta el pardo.

El huevo de pata es mayor en dimensiones que el de gallina; tiene los dos polos iguales y su color es verdoso. Similar al huevo de la pata es el de oca, aunque algo mayor.

Igualmente, el huevo de pava es también mayor que el de gallina; tiene aspecto pigmentado, conteniendo bastantes puntitos de color marrón, color hígado, y uno de los polos del huevo es muy alargado.

Por otra parte, en algunos lugares se emplean también, para la alimentación, los huevos de paloma, codorniz, perdiz, tortuga, avestruz; y, normalmente, de forma universal los de peces, como el caviar—esturión—, así como de otras especies en forma de huevas de diferentes pescados. Durante el Imperio Romano, prodigio de sibaritismo en las comidas, se llegó a servir a un número considerable de personas tortillas de huevos de alondra.

La proteína de los huevos, por la gran calidad de su albúmina, es considerada como “Proteína patrón”; es decir, que tiene la máxima cualificación posible. Es el paradigma con el que se comparan las otras proteínas al tener un valor biológico de 100 y, por tanto, con gran función plástica; han sido clasificados como un alimento protector por contener nutrientes que protegen contra ciertas enfermedades deficitarias, y su consumo tiene la mayor importancia, pues además de la función ya apuntada, contribuyen por sí mismos a crear en el individuo un estado sanitario óptimo y a mantenerlo. De tal manera, puede considerarse dentro de los denominados “alimentos funcionales”, que son aquellos que por contener componentes fisiológicamente activos, promueven beneficios para la salud más allá de los que se producen con una nutrición equilibrada básica, y esto ocurre en los huevos por su contenido en zeaxantina, que contribuye a mantener la salud del riñón.

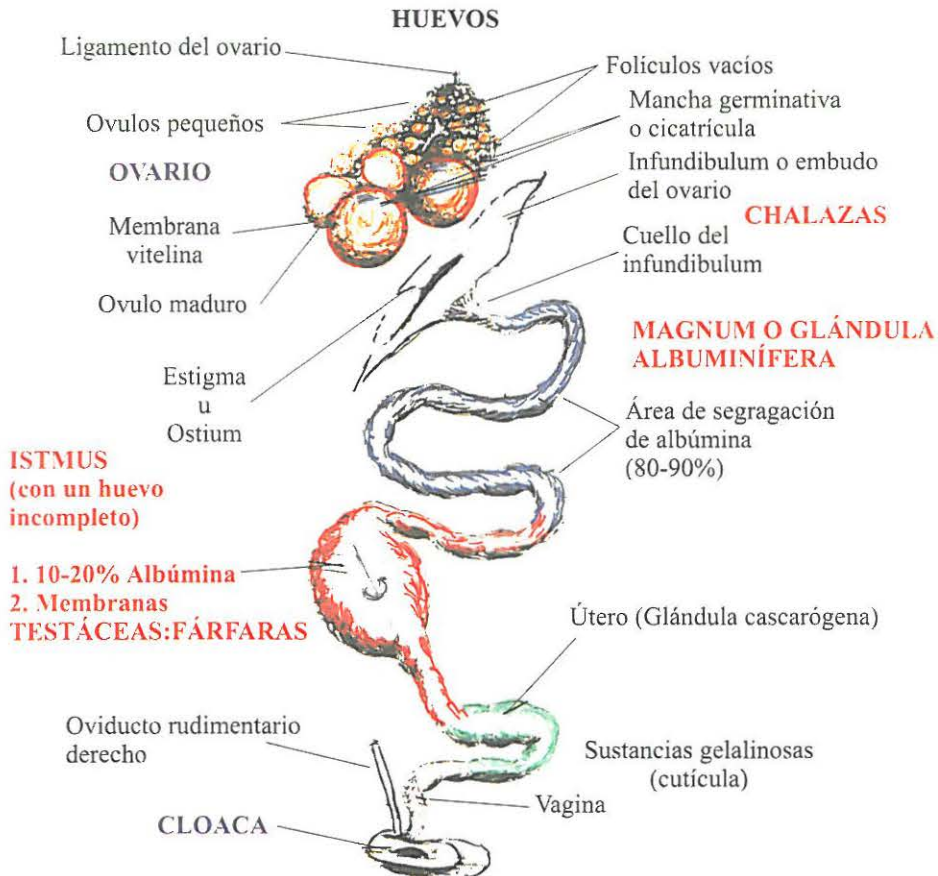
Con la excepción de la yema, todos los componentes del huevo se forman en su paso a través del revestimiento celular del oviducto, existiendo dos grupos generales de células encargadas de este trabajo: las células epiteliales y las células de las glándulas tubulares; y, a su vez, dentro de estos grupos se encuentran muchos tipos de células.

En las aves ponedoras de alta producción, la madurez del óvulo se produce y libera diariamente por el ovario izquierdo, único existente en la gallina (Fig. 1). Este óvulo, vitelo o yema, representa una sobrecarga vitelina enorme, y cuando se aproxima a la madurez sexual, los óvulos inmaduros comienzan a crecer rápidamente, y en unos 9 o 10 días alcanzan el tamaño suficiente para que se produzca la ovulación. En el ovario se forma también una zona pequeña situada en la parte superior de la yema, que aparece como una mancha blanquecina llamada *germen*, *mancha germinativa* o *cicatricula* que es el *núcleo* rodeado de una pequeña cantidad de vitelo germinativo. En el caso de que el huevo sea fecundado, su embrión se desarrolla encima de esta mancha vitelina, sobre la yema, en una posición predeterminada que sigue en el 85% de los casos, en la gallina, la regla de Von Baer.

Por lo que respecta a la célula-yema, ésta se encuentra rodeada de una *membrana vitelina*, y cuando termina de formarse está en condiciones para desprenderse del ovario y comenzar su descenso por el oviducto, permaneciendo en el mismo 24 horas.

En el momento de la ovulación, la membrana del *infundibulum* o *embudo del ovario*, en cuyo centro se encuentra el *ostium*, se adapta al ovario para recoger el óvulo. Su paso por esta zona y por el *cuello del infundibulum* tarda aproximadamente *media hora* durante la cual se añade la capa chalacífera de la albúmina, que se sitúa alrededor de la membrana vitelina de la yema,

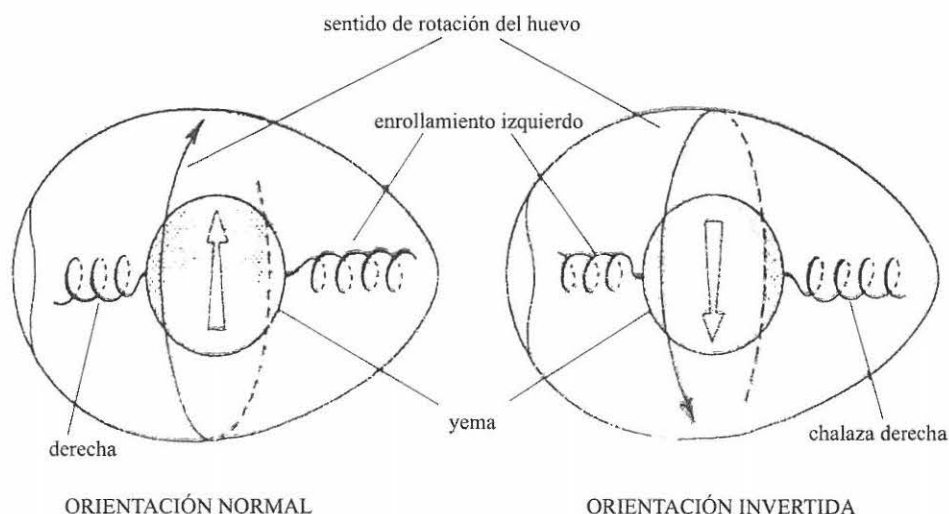
Figura 1
APARATO REPRODUCTOR DE LA GALLINA : OVARIO Y OVIDUCTO



denominada *membrana chalacífera*, que está compuesta fundamentalmente de mucina, y las chalazas propiamente dichas.

Ya desde el comienzo del *infundibulum*, la superficie interna está arrugada y las arrugas discurren formando espirales a lo largo del oviducto, lo que hace que el huevo inicie un movimiento de rotación según su eje siempre en idéntico sentido, de tal manera que produce el arrollamiento o trenzado de las fibras de mucina que forman las chalazas que parten de las proteínas de la capa chalacífera (Fig 2). El arrollamiento o trenzado común produce una chalaza diestra en el lado romo del huevo y otra siniestra en el lado agudo, si bien en algunos casos puede presentarse un arrollamiento inverso. Así pues, esto puede traducirse en que los embriones de estos huevos, en caso de existir fecundación, tendrán una posición inversa a la regla de Von Baer.

Figura 2



Consiguientemente, del *infecundibulum* pasa a un tramo largo del oviducto denominado *mágnum*, o *glándula albuminífera*, que es la porción más larga del oviducto y donde se forma la clara del huevo. Y allí permanece tres horas y la clara o albúmina se deposita alrededor de la yema. Sin embargo, en ese momento la clara está en forma de un concentrado proteico y representa sólo, según algunos autores, la mitad del albumen del huevo recién puesto, y para otros se completaría en este tramo hasta el 80-90% del total. De esta manera se producen en las glándulas tubulares la ovoalbúmina, lisozima y ovotransferrina de la capa media de la albúmina gruesa; mientras que, por otra parte, las células epiteliales producen avidina y ovoalbúmina de las capas delgadas de la clara, teniendo la capa media y gruesa cuatro veces más ovoalbúmina que las capas menos densas.

Del *magnum* el huevo pasa al *istmus* o *istmo*, llamado así por ser la parte más estrecha del oviducto, donde el huevo permanece tres horas, segregándose allí el resto de la albúmina, es decir, un 10% o 20%. No obstante, bajo la presión del descendimiento del huevo las células tubulares se estiran formando como unas fibras en el lumen del oviducto, que darán lugar a la formación de las *membranas testáceas*, *fárfaras* o *corion*, que se encuentran situadas alrededor del albumen, en íntimo contacto con el interior de la cáscara, a la que tapizan interiormente y a la que pertenecen, por lo que también se las conocen como *membranas de la cáscara*.

A la secreción de las membranas farfareas le sigue la deposición sobre la superficie de la membrana exterior, de una materia orgánica que actúa como germen de la iniciación de la cristalización, que contactará con la zona de los conos mamilares de la cáscara.

La secreción de estos núcleos se completa con depósitos de calcio en la zona de transición del istmus al útero. Se trata de una pequeña zona donde el huevo permanecerá cuatro horas y media y que algunos autores interpretan como continuación del istmus y parte de él, pero que modernamente se considera como el principio de la glándula cascarógena, en la que se irá calcificando lentamente la cáscara del huevo.

La formación de la cáscara o cascarón tendrá lugar en el útero o glándula cascarógena, por las glándulas tubulares de la misma, con el depósito inicial de cristales periféricos alrededor de cada núcleo mamilar. También, se forma aquí la matriz orgánica de la cáscara, los pigmentos y la cutícula. El crecimiento de los cristales hacia el interior del huevo está inhibido fuertemente por las membranas farfareas, pero en el desarrollo de los conos existe algún crecimiento hacia dentro en los espacios entre las fibras de la membrana externa, y esto interviene en las capas basales.

En el desarrollo posterior, los conos comienzan a fusionarse a lo largo de sus ejes para formar la empalizada, complementándose la verdadera cáscara al continuar el depósito de calcio y, finalmente, se deposita la cutícula, la cual tapiza la superficie externa del huevo. El huevo permanece doce horas en el útero¹.

Por otra parte, en las células del oviducto no existe almacenamiento de calcio, por lo que este catión procede directamente de la sangre mediante mecanismos pasivos, si bien los principales responsables son los mecanismos activos.

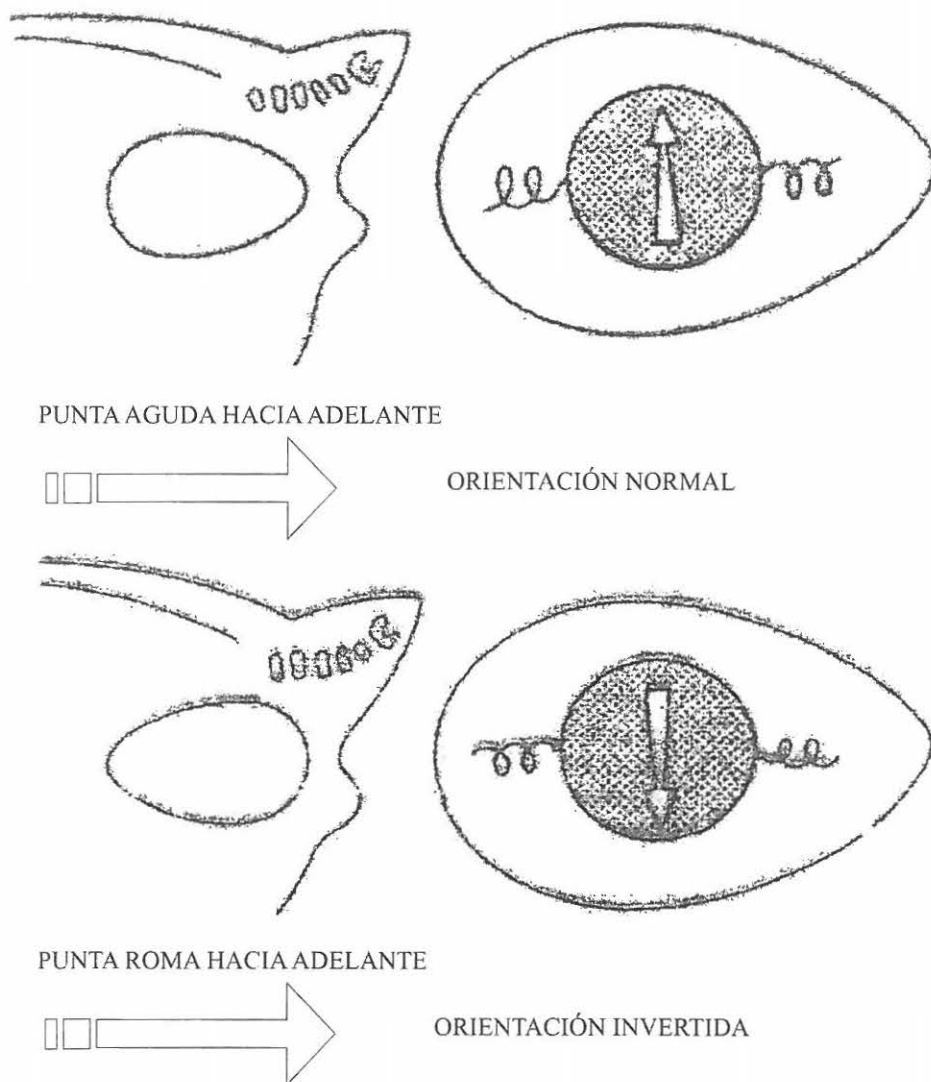
La secreción de bicarbonato depende del gradiente de concentración del calcio, y es transportado activamente. El transporte pasivo del calcio tiene lugar en asociación con otros iones como Na^+ , K^+ ; Cl^- y HCO_3^- .²

La posición del huevo en el útero es por lo general fija, con el polo agudo hacia delante, es decir, hacia la vagina y cloaca. Sin embargo, sólo en un 10% de los casos, el huevo presenta el polo obtuso en la dirección indicada y, como la rotación siempre se realiza en el mismo sentido, es evidente que en el 90% de los casos el enrollamiento de las chalazas será común o diestra; y sólo será siniestra o inversa en el 10% con el polo obtuso hacia delante (Fig. 3).

1. A veces, por diferentes causas el huevo sale sin la cáscara, rodeado por las membranas farfareas, por lo que se denominan "huevos en fárfaras".

2. El huevo contiene aproximadamente un 2,2% de calcio, representando el 10% del calcio total del organismo completo, cifrándose en algo más de 150 Mg./h el paso de Ca desde el útero hacia el huevo, al formarse el cascarón.

Figura 3



La vagina es la última parte del oviducto y se encuentra separada del útero por un *esfínter* muscular *muy elástico*. En esta parte *se endurece la cáscara*. Una vez terminada la formación del cascarón y de la cutícula³, el huevo es puesto aproximadamente veinte minutos después.

3. Se deposita sobre la cáscara, poco antes de la ovoposición, junto con la mayor parte de los pigmentos de la cáscara.

APARATO REPRODUCTOR DE LA GALLINA

Órgano	Produce	Células responsables
<i>Ovario</i>	Yema	Endocitosis por ovocitos de la membrana plasmática
<i>Oviducto</i>		
<i>Infundibulum</i>	Membrana chalacífera	Células epiteliales
<i>Magnum</i>	Albumen delgado interior	Células epiteliales que segregan avidina y ovomucina
	Albúmina gruesa capa Media	Células glándulas tubulares que segregan ovoalbúmina lisozima, ovotransferrina
<i>Isthmus</i>	Membranas farfáreas	Células glándulas tubulares que segregan fibras centrales
<i>Zona Transición</i>	Conos mamilares primer depósito de calcio	Células epiteliales. Célula de la glándula tubular
<i>Uterus o Glándula cascarógena</i>	Calcio: cristalización Matriz de la cáscara Pigmentos cutícula	Célula glándula tubular Células epiteliales
<i>Vagina</i>		
<i>Cloaca</i>		

ESTRUCTURA

Una vez apuntado el mecanismo fisiológico de formación del huevo, estamos en condiciones de abordar el estudio de la estructura y composición de sus distintos componentes que, de fuera a dentro, están constituidos por *cutícula, cáscara y sus membranas*; denominadas *testáceas o corion*, que están formadas por dos hojas, la *clara o albúmina* con las *chalazas* y *yema o vitelo*, donde se encuentra una mancha blanquecina que constituye el germen, *mancha germinativa o cicatrícula*, y que las amas de casa suelen llamar “engalladura”. Se trata, por tanto, del núcleo rodeado de una pequeña cantidad de vitelo germinativo y, una vez puesto el huevo, se forma la *cámara de aire*.

La proporción media en que intervienen estos componentes en el huevo de gallina fresco de 62.5 gr. es:

ANÁLISIS PROMEDIO DEL HUEVO

	Peso Gr.	% del total	Agua %	Prot.%	Gr. %	Cenizas %
Huevo entero	62	100	65,5	11,8	11,0	11,7
Yema	14,3	31	48,0	17,5	32,0	2,0
Clara	35,8	58	88,0	11,0	0,03	0,8
Cáscara	7,2	11	—	—	—	—

Comenzamos el estudio de la estructura del huevo de fuera hacia dentro y, si bien lo más exterior es la cutícula, creemos más didáctico comenzar por la cáscara.

Cáscara

La cáscara, por su dureza y resistencia a los choques, es el elemento protector de las sustancias nutritivas que contiene el huevo; de ahí su gran importancia.

La estructura de la cáscara está adaptada para que, cuando se desarrolle el embrión, encuentre las condiciones idóneas para su desarrollo; y así, a través de la cáscara deberán pasar gases y vapor de agua.

La descripción de su estructura es fundamental para poder entender la evaluación de la calidad de la misma, que tanta importancia tienen en el mundo económico de la avicultura de puesta.

Los primeros estudios de la estructura de la cáscara se remontan al siglo XIX, pero la tecnología entonces existente no era adecuada para un estudio tan complejo. Por lo tanto, ha sido en las últimas décadas cuando se ha profundizado en el estudio del diseño y estructura de las diferentes partes de que consta, y hoy gracias al microscopio electrónico y otro instrumental científico, se tiene un concepto bastante claro de la misma (Fig. 4).

Durante la formación de la cáscara, los cristales de calcita actúan de núcleos en unos sitios concretos de maduración, situados sobre la membrana farfárea exterior que a nivel estructural comprende una membrana a modo de telaraña de fibras entrelazadas, de diámetros variables. Desde estos puntos continúan creciendo los cristales, resultando la formación de los conos, la empalizada y los cristales verticales de la zona cristalina de la cáscara (Fig. 4, 5 y 6).

Figura 4

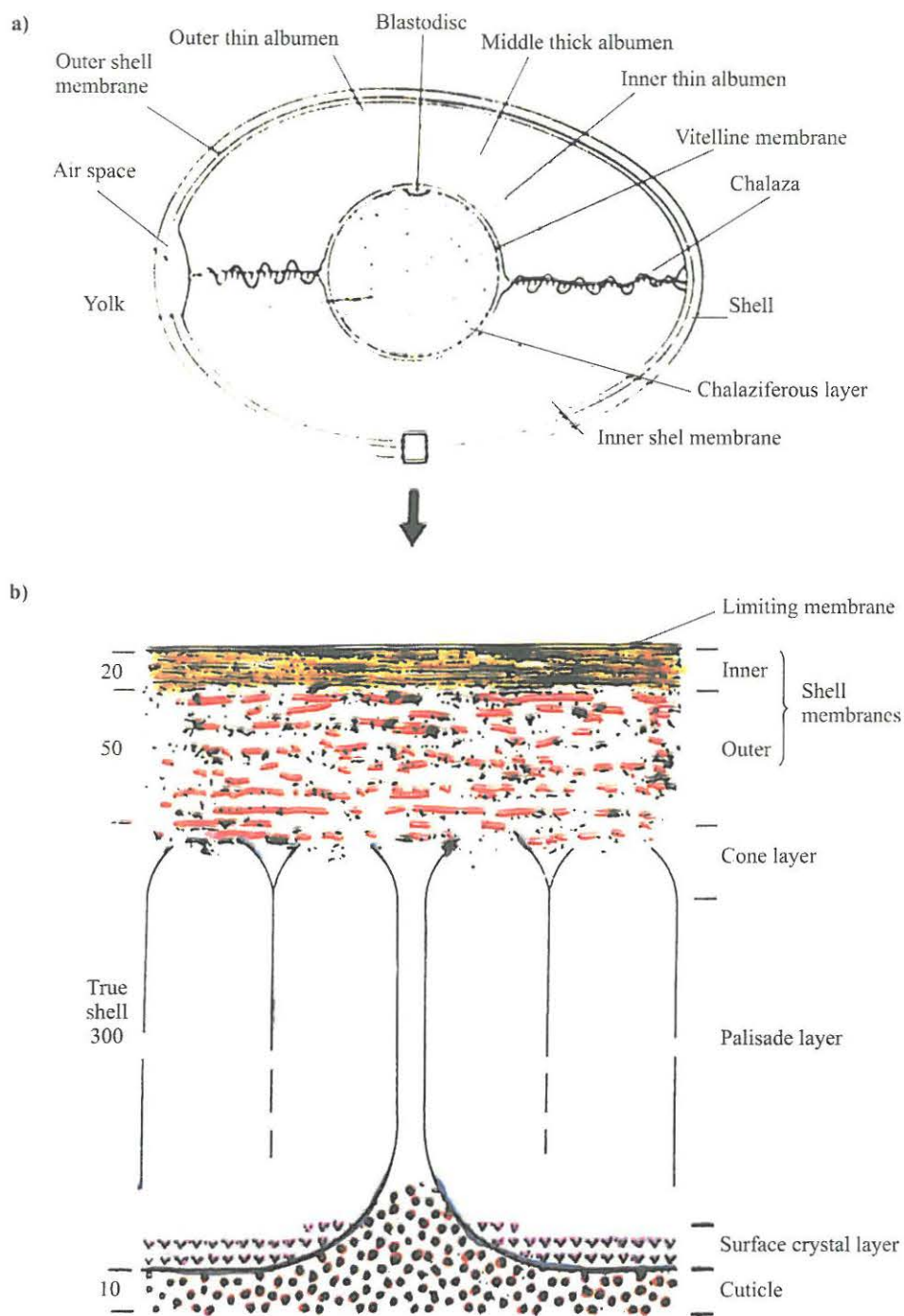


Figura 5

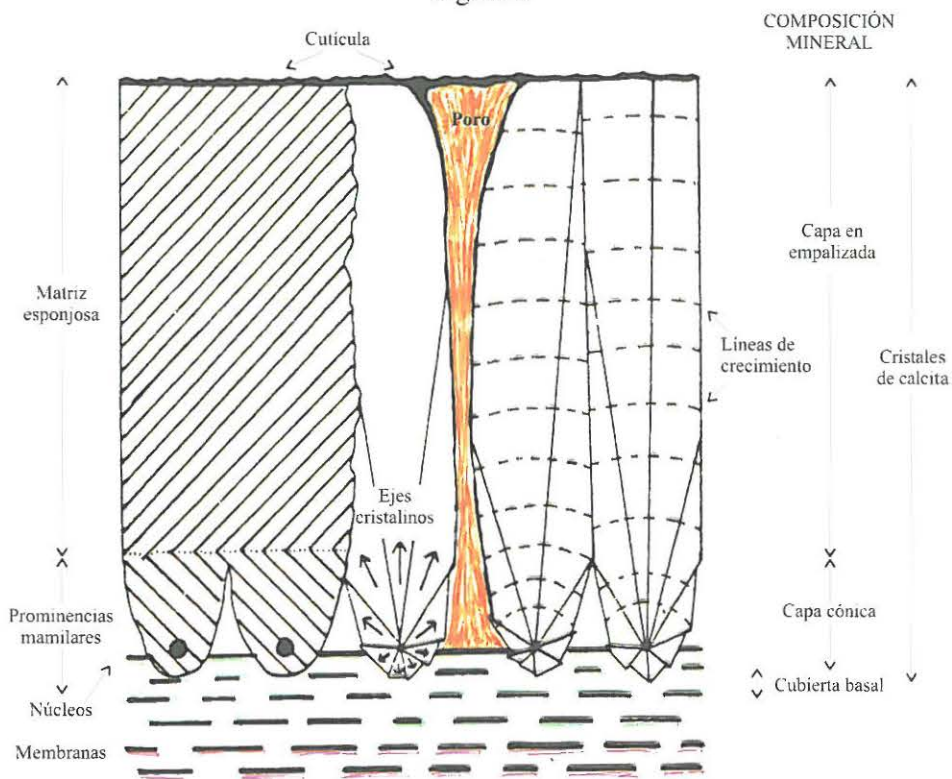
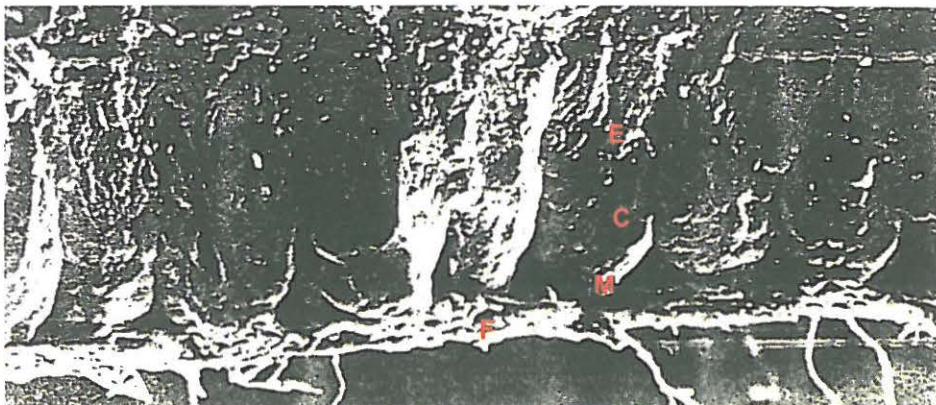


Figura 6

Sección transversal de una cáscara normal que revela una membrana de fibras de la fárfara exterior (F); la capa mamilar sobre ella (M); los conos (C); y la capa de empalizada (E).



Las prominencias mamilares tienen una pequeña masa de materia orgánica ligadas a la superficie de la membrana exterior de las fálfaras. Al mismo tiempo, los núcleos representan los puntos de propagación sobre los que comienzan la realización de la cristalización de los conos de la cáscara y, según los estudios histoquímicos realizados, están formados por un complejo proteico-mucopolisacárido.

La matriz orgánica, en cambio, está compuesta de una capa esponjosa y otra mamilar –prominencias mamilares–, influyendo mucho la matriz en la consistencia de la cáscara, si bien la dureza aumenta con el contenido en magnesio. Está compuesta por un complejo proteína-mucopolisacáridos. La capa mamilar, por tanto, está formada por capas basales de 20 μm de espesor en forma de conos cristalinos de 90 μm . Por su parte, la capa de empalizada o capa esponjosa consiste en columnas cristalinas perpendiculares a la superficie de la cáscara con, aproximadamente, 200 μm de espesor.

La verdadera cáscara cristalina está situada encima de la matriz orgánica y está compuesta de finas fibras de esta materia. La matriz está distribuida desigualmente por la cáscara, incrementándose su concentración desde dentro, donde tiene una concentración máxima, y que va decreciendo rápidamente hacia la parte exterior de la cáscara.

Esta estructura orgánica constituye el armazón de la cáscara y se ramifica a través del complejo de calcita junto con una cantidad variable de pigmentos; además, poco antes de la ovoposición se deposita sobre la cáscara la *cutícula* junto con la mayor parte de los pigmentos de la cáscara.

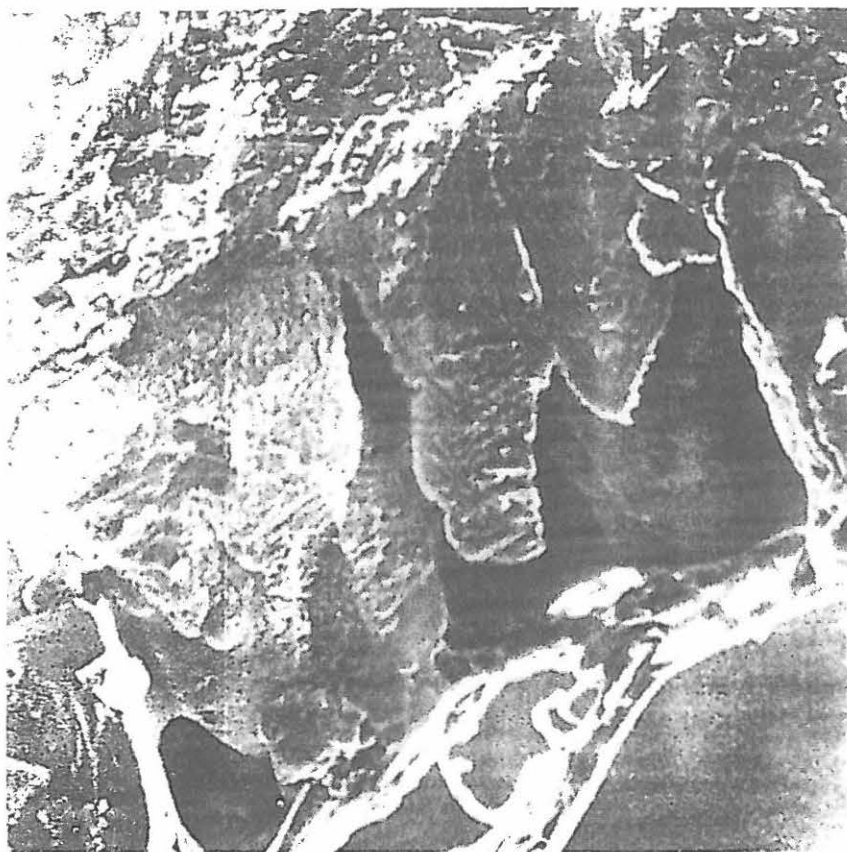
La cáscara es muy porosa, calculándose el número de poros o pequeños canales perpendiculares a la cáscara entre 7.000 y 17.000, los cuales se encuentran distribuidos uniformemente. Tienen un aspecto en forma de embudo y ponen en comunicación la cutícula con las membranas testáceas, estando llenos de fibras proteicas que sirven de filtro impidiendo o reduciendo al máximo la entrada de microorganismos al interior del huevo.

La cáscara representa aproximadamente el 11,0% (9-14%) de peso total del huevo, y su peso oscila entre 5 a 8 gr., siendo de 7,2 gr. en un huevo de 65,2 gr.

La cáscara deberá ser homogénea, resistente y exenta de suciedad y de la más mínima fisura, así como de rugosidades.

Resumimos diciendo que la cáscara está formada fundamentalmente por una *matriz orgánica* de fibras entrelazadas de proteínas inespecíficas que representan el 2% del peso de la verdadera cáscara o cáscara cristalina, y del 3,5 al 6,5% del total. También está formada por una *parte cristalina* que constituye la verdadera cáscara, compuesta de carbonato cálcico en forma de calcita. Además de este calcio que representa el 98,2% de la cáscara verdadera, existe

Figura 7
FORMA ABERRANTE AL FALTAR EL CONTACTO DE LA ZONA MAMILAR
CON LA MEMBRANA FARFÁREA



magnesio al 0,9% y fósforo al 0,9%, estando en forma de CaCO_3 , MgCO_3 , CaPO_3 y MgPO_3 .

Su espesor dentro de cada coloración depende de la alimentación, de la estación del año en que se realice la puesta y de los tratamientos terapéuticos, especialmente con antibióticos de que hayan sido objeto las ponedoras.

Pero la cáscara “perfecta” no existe ya que el proceso dinámico de calcificación dura alrededor de doce horas y durante este período puede dar lugar a la aparición de formas aberrantes, localizándose la mayoría de estos defectos en la capa mamilar, como se aprecia en la Fig. 7 que representa la sección transversal de una cáscara con “pobre” calidad, al faltar el contacto de la zona mamilar con la membrana farfárea.

COMPOSICIÓN DE LA PARTE CRISTALINA DE LA CÁSCARA

Ca: 98,2%
Mg: 0,9% En forma de CaCO_3 , MgCO_3 , CaPO_3 , MgPO_3
P: 0,9%

Peso cáscara: 5-8 g. (7,2 g. en huevo de 65,2 g.).

Proporción sobre peso total del huevo: $\cong 11,0\%$ (9-14%)

COMPOSICIÓN DE LAS FIBRAS MAMILARES Y MATRIZ ORGÁNICA

Fibras mamilares { Mucopolisacáridos neutros
Sialomucinas

Matriz orgánica

Proteínas Inespecíficas, no colágenas

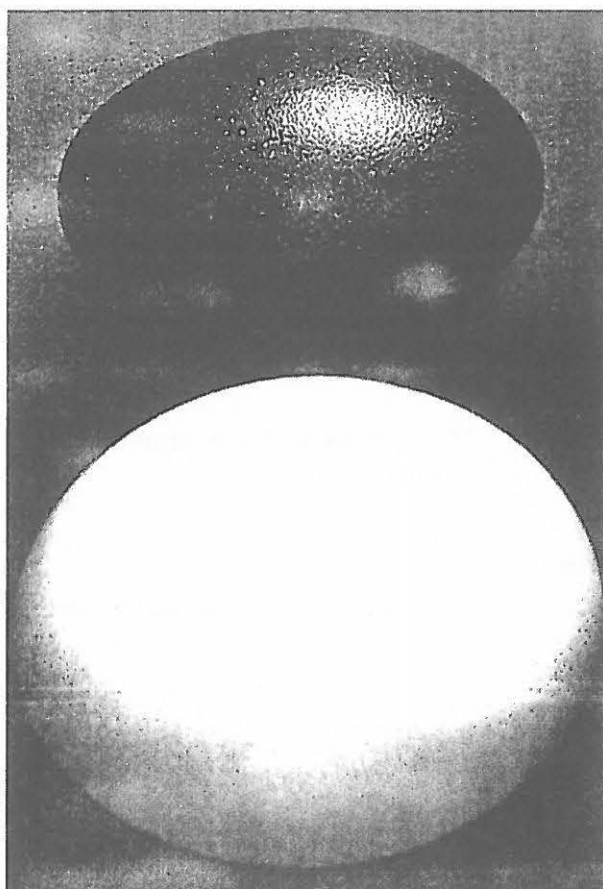
Glúcidos {

Hexosaminas	{ Glucosamina Galactosamina Ácido siálico
Azúcares	{ Glucosa Galactosa Manosa Fucosa Xilosa
Ac. exunómico	{ Ácido glucurónico Ácido idurónico
Mucopolisacáridos	{ Ácido hialurónico Condroitin Sulfato A Condroitin Sulfato B

Grasas Inespecíficas

Calcio Ovocalcio

Figura 8



Color de la cáscara

El color de la cáscara puede ser blanco, amarillento, pardo e incluso negro como en el emú, pudiendo tener diversos tonos dentro de cada color, dependiendo estas pigmentaciones de la raza de la gallina. El color de la cáscara carece por completo de importancia, tanto desde el punto de vista higiénico como de su valor nutritivo, si bien al tener la cáscara de color oscuro mayor espesor y ser consecuentemente más resistente, existen menos posibilidades de producirse fisuras, son menos permeables y, por consiguiente, estos huevos se conservan mejor (Fig. 8 y 9).

Generalmente, se acepta que el plumaje claro y la piel oscura sirvan como atracción y protección contra los efectos dañinos de los rayos ultravioletas. Los pigmentos que participan en la diversa coloración de las plumas son *melaminas*,

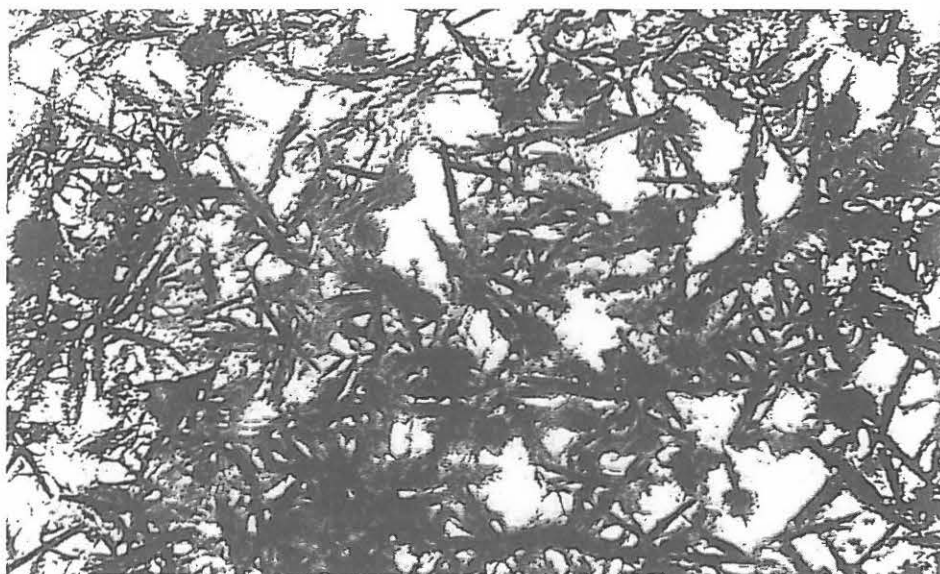
Figura 9



carotinoides y *porfirinas* mientras que la pigmentación de la piel es función, principalmente, de la síntesis de *melanina* y la migración de melanocitos desde las capas profundas de la epidermis.

El pigmento de la cáscara parece que no es exclusivamente *protoporfirina*, sino una mezcla con *uroporfirina* y *coproporfirina* y lo más probable es que

Figura 10
CRISTALES DE PROTOPORFIRINA DISTRIBUIDAS EN FORMA AMORFA DENTRO
DE LA MATRIZ CÁLCICA



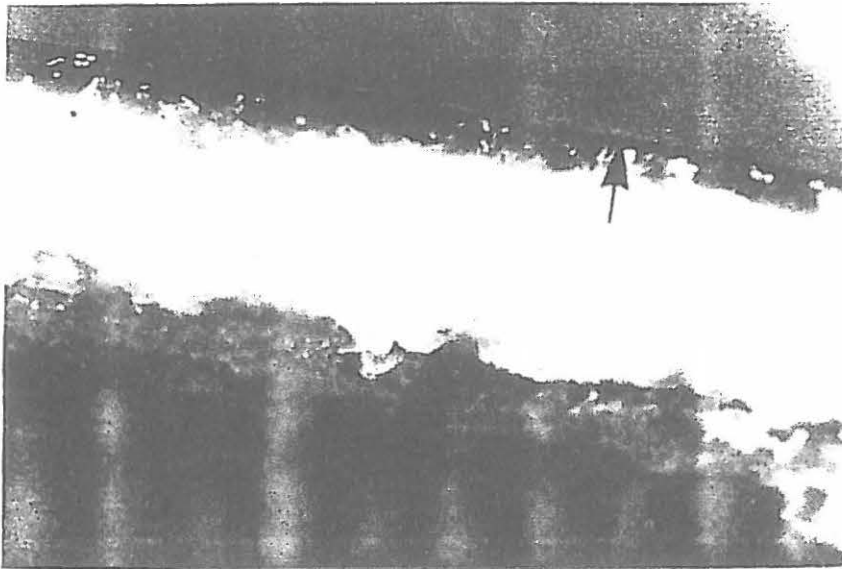
sea el oviducto el que origina la protoporfirina, habiéndose demostrado la existencia de las enzimas correspondientes en el tejido glandular del útero o glándula cascarógena, así como que sus niveles varían según la actividad del oviducto (Fig. 10).

Parece que los factores hereditarios juegan un papel importante en la transmisión del color de la cáscara, transmitiéndose estos factores a través de la hembra; por otra parte, también influye en la coloración del huevo de los pájaros y aves domésticas el metabolismo de los alimentos ingeridos. Podríamos decir que, con un fondo genético, la pigmentación de la cáscara es una interrelación entre el complejo de calcita y la molécula de porfirina.

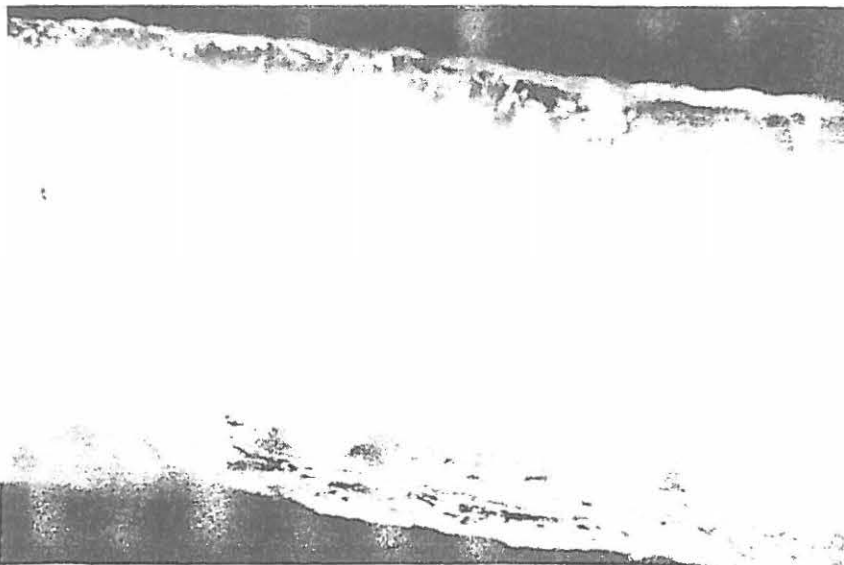
Estéticamente, el color marrón de los huevos no es muy atractivo pero parece que la resistencia de la cáscara es mayor, como ya hemos dicho, y por tanto la posibilidad de fisuras y roturas es menor, pero no obstante existen opiniones contrapuestas en este sentido.

Por su parte, el estudio histológico de la capacidad de autofluorescencia de esta región del oviducto, donde se forma el cascarón, demuestra que las células superficiales que tapizan el interior de la glándula cascarógena están inequívocamente involucradas en la síntesis y almacenamiento de protoporfirina. Además, es posiblemente en esta síntesis donde intervienen también las mitocondrias, cuya población es grande en esta zona (Fig. 11).

Figura 11

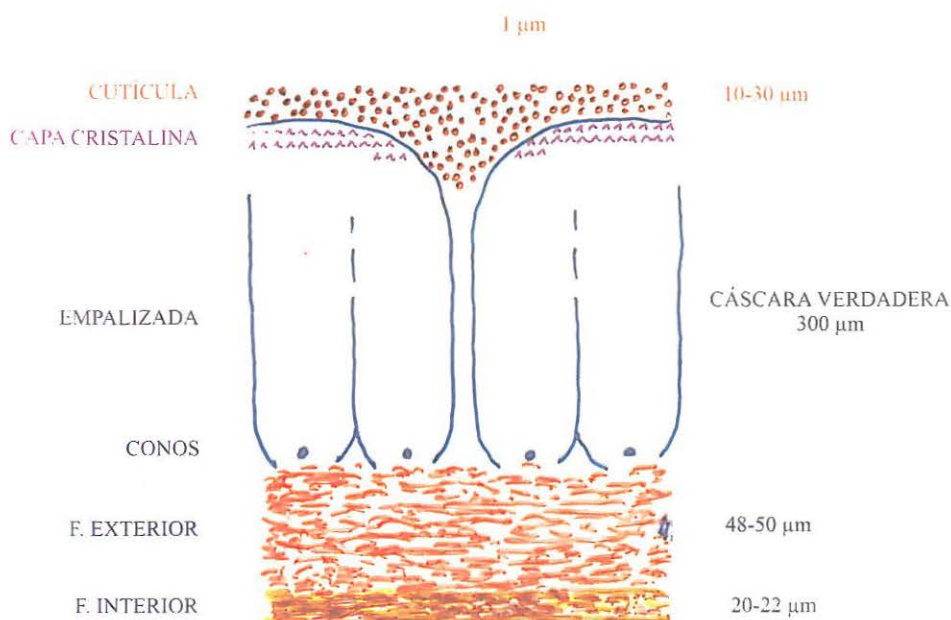


Cáscara de un huevo de codorniz. La flecha indica la capa de pigmento denso asociado con la cutícula. El Pigmento también se extiende dentro de la matriz cristalina



Cáscara de un huevo de gallina leghorn. Aparece no pigmentada.

Figura 12



Cutícula

La cutícula o capa exterior de la cáscara está formada por materia orgánica constituida por esferitas de $1\ \mu\text{m}$ de diámetro. Su espesor es irregular, de 10 a $30\ \mu\text{m}$, recubriendo y tapizando enteramente la cáscara, a la vez que actúa cerrando todos sus poros para prevenir la entrada de microorganismos que, de otra forma, pasarían al interior del huevo con graves consecuencias para éste último (Fig. 12).

Esta capa es espumosa y está constituida por *mucoproteínas* y *ovoporfirina*, de gran significación ésta última por mostrar fluorescencia a los rayos ultravioletas, y servir para poder examinar su integridad. En cuanto a los pigmentos, la mayoría de ellos están en la capa cuticular, si bien algunos están presentes en la cáscara cristalina.

Su composición aproximada es:

Proteínas	85-90%
Glúcidos	3,5-10%
Grasas	2,5-3,5%
Cenizas	3,5%

COLORACIÓN

PIGMENTOS QUE INTERVIENEN:

*** De las plumas	- Melaninas - Carotinoides - Porfirinas
*** De la piel	- Síntesis de Melaninas - Migración de Melanocitos
*** De la cáscara	- Profoporfirina - Uroporfirina - Coproporfirina
Influyen	• Factores hereditarios (♀) • Metabolismo productos consumidos
Resumen	Con un fondo hereditario es una interacción entre el complejo de calcita y la molécula de Porfirina

Fárfaros, Corion o membranas testáceas

Estas membranas tienen la finalidad de tapizar interiormente a la cáscara, y se caracterizan por estar constituidas por dos membranas que se adhieren una a la otra formando un conjunto de membranas, las cuales constituyen parte de la cáscara propiamente dicha. Una vez puesto el huevo, estas membranas se separan en el polo obtuso dejando entre sí un espacio denominado “cámara de aire”, que tanta importancia tiene en la valoración de la frescura del huevo.

Las hojas de las fárfaras, inmediatamente después de haber sido puesto el huevo, están íntimamente unidas, pegadas, no existiendo cámara de aire. A los dos minutos de la puesta, se inicia la separación de las dos membranas en el polo obtuso del huevo, donde la transpiración y el cambio de gases y de vapor de agua se produce más fácilmente; más tarde, a las diez horas de la puesta, se reconoce perfectamente su existencia, aunque en la mayoría de los casos este espacio es visible entre los seis y sesenta minutos.

COMPOSICIÓN DE LOS TRES NUTRIENTES ORGÁNICOS DE LA CUTÍCULA

Proteínas		- Mucoproteínas - Otras proteínas inespecíficas
Glúcidos	- Hexosaminas - Azúcares - Pentosas	- Glucosamina - Galactosamina - Ácido siálico - Glucosa - Galactosa - Manosa - Fucosa - Xilulosa - Pentosas inespecíficas
Grasas	- Lípidos - Fosfolípidos	- Mono, di y triglicéridos - Ácidos grasos libres - Ésteres de colesterol - Lisocitina - Lecitina - Cefalina - Esfingomielina

Cada membrana está formada por una red de fibras que corren paralelas a la superficie de la cáscara, y cada una de estas fibras está compuesta por un complejo de proteínas envueltas o rodeadas de una capa de mucopolisacáridos, como puede evidenciarse en el corte transversal de las mismas, siendo sus espesores de 48-50 μm la más exterior, que contacta con los conos; y de 22 μm la otra. La membrana exterior, que es más gruesa, tiene seis capas de fibras, y la interior solo tres, orientadas paralelamente a la cáscara.

La membrana exterior es mucho más irregular porque contacta con la zona mamilar. Esta membrana se encuentra separada de los conos por un surco de aproximadamente 0,1 μm de espesor, y algunas de sus fibras entran en la parte calcificada de la cáscara por lo que, a efectos prácticos, puede considerarse íntimamente unida a la misma gracias a los numerosos conos o prominencias mamilares de la superficie interior de la cáscara. Por su parte,

el anclaje de la cáscara a esta membrana es perfecto y fortifica a la membrana por la penetración de depósitos de calcio en el interior de las mallas de fibras, si bien alcanzan sólo las zonas próximas a la cáscara. Estas membranas son muy resistentes y, a veces por diversas causas, los huevos son puestos sin la cáscara, envueltos solamente por estas membranas recibiendo la denominación de “huevos en fáfara”, cuya utilización con fines alimenticios está prohibida en el momento actual.

Por lo que respecta a su composición, en estas membranas existe alrededor del 2% de cenizas que contienen fósforo, calcio, potasio, magnesio, sodio, zinc, manganeso, hierro, cobre, cobalto y aluminio. Además, las membranas contienen también un 93% de proteínas, un 2% de glúcidos y un 3% de grasas. Las proteínas que antes se pensaba que eran sólo queratina, se conoce hoy que tienen también otras proteínas.

Clara

La clara, también denominada albúmina, es una sustancia blanca o ligeramente amarillenta debido a su contenido en riboflavina; algo densa y con reacción claramente alcalina con pH, recién puesto el huevo, de 7.6; más tarde 8.24; y con seis días de edad nosotros hemos obtenido pH de 9.20-9.30. En cuanto a su volumen, éste representa aproximadamente el 58% del peso total del huevo.

Realmente se trata de una solución acuosa (88% de agua) de albúmina (12,5%), glucoproteínas, azúcares y sales minerales, conteniendo trazas de algunos lípidos. La albúmina está representada principalmente por ovoalbúmina, que tiene un valor biológico de 100, por lo que se considera como la “proteína patrón”, conteniendo cantidades elevadas de lisina y triptófano.

Se compone de tres capas y de las chalazas. Por una parte, la capa externa es delgada, de clara fluida; y la media es gruesa, de albúmina densa y viscosa que contiene cuatro veces más ovomucina que las otras, y se integra con la lisozima, dando lugar a una estructura gelatinosa, única a nivel molecular. La tercera capa, interna y situada alrededor de la yema, es muy fluida, casi líquida (Fig. 13).

Las chalazas, en número de dos, tienen una estructura fibrosa. Estas chalazas se encuentran situadas en los dos extremos, extendiéndose en espiral desde la membrana chalacífera de la yema, que recubre a la membrana vitelina, hasta cada uno de los polos, y sirven para mantener a la yema en su posición central.

COMPOSICIÓN DE LAS MEMBRANAS FARFÁREAS

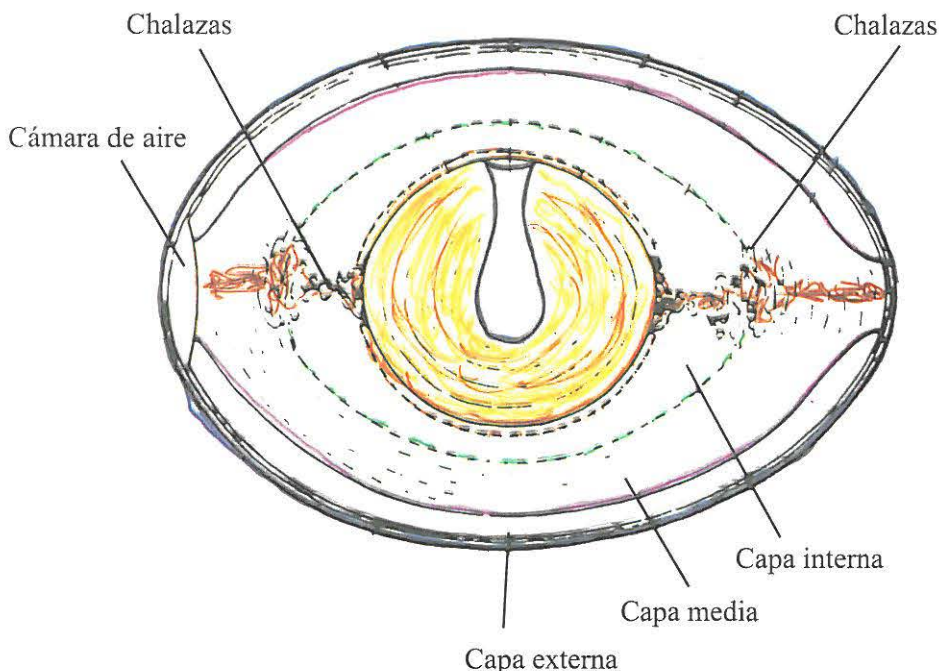
Proteínas 93%	{	Queratina Colágeno Elastina
Glúcidos 2%	{	Hexosaminas { Glucosamina Galactosamina Ácido siálico Azúcares { Glucosa Galactosa Manosa Aldopentosas { Xilulosa
Grasas 3%	{	Lípidos { Mono, di y triglicéridos Ácidos grasos libres Colesterol Ésteres de colesterol Fosfolípidos { Lisolectina Lecitina Cefalina Esfingomielina
Cenizas 2%	{	P, Ca, K Mg, Na, Zn, Mn, Fe, Cu, Co y Al

El porcentaje de cada una de estas capas depende de la raza, edad, condiciones ambientales, tamaño del huevo y desde luego, de su estado de frescura o no.

De todas formas, la proporción relativa de estas capas es:

Capa externa, delgada y fluida	23.2%
Capa gruesa	57.3%
Capa interna, semifluida	16.8%

Figura 13



El contenido mayoritario de la clara es agua, variando en las distintas capas según su consistencia entre 86,4 a 88,8%.

La clara, albúmina o albumen, constituye un sistema proteico formado por fibras de ovoalbúminas en una solución de numerosas proteínas globulares. *No contiene fermentos*, contiene gas carbónico que es importante para regular el pH; y, como el carbónico se difunde rápidamente a través del cascarón, es difícil determinar con precisión su contenido en la clara. Sin embargo, parece aceptable el considerar que la concentración en el momento de la puesta es de 70-80 mm Hg (presión parcial de CO_2), lo que corresponde aproximadamente a 53 mEq/lit⁻¹ de HCO_2 (4,25 mg/huevo), y pH en la albúmina de 7,6. Esta cantidad de gas carbónico disuelto está en equilibrio con la cantidad de bicarbonatos (HCO_2) de la clara que representa un 96% de gas carbónico total. Después de su puesta, el gas carbónico se escapa inmediatamente por los poros del cascarón, y la presión parcial del gas disminuye a menos de 10 mm de Hg en algunas horas y el pH se eleva por encima de 9 o más. En este momento, aparece la cámara de aire.

La clara deberá ser firme, transparente y sin manchas ni enturbamientos.

Yema

Cuando se aproxima la madurez sexual, los óvulos inmaduros comienzan a crecer rápidamente y, en 9 ó 10 días, alcanzan el tamaño suficiente para producirse la ovulación.

El peso de la yema durante los 7 días que preceden a su madurez (ovulación) aumenta aproximadamente 16 veces. Su formación no es homogénea, depositándose el material en capas concéntricas; unas son más oscuras y más gruesas, de color amarillo; y otras más finas y claras, de color blanco (Fig. 14).

Sobre la yema, superficialmente, en la periferia, se encuentra la llamada mancha germinativa, disco germinal o cicatrícula —conocida vulgarmente como “engalladura”—, diminuta, formada por el núcleo, rodeado de una pequeña cantidad de vitelo germinativo.

En realidad, la yema es la única parte que constituye la célula huevo, tratándose de una célula gigante con una enorme cantidad de vitelo nutritivo que ocupa casi toda la masa (protoplasma). Está formada por sustancias de reserva, que son las que a nosotros nos sirven de alimento, pero que nada tienen que ver con la actividad genética. En los huevos de aves, la cantidad de vitelo nutritivo es muy grande, representando aproximadamente el 31 % del peso del huevo, con un 48% de agua y una serie de sustancias de gran valor nutritivo:

- 1) Ovovitellina: sustancia alburinoidea que representa el 15% del peso de la yema, con hierro y fósforo.
- 2) Grasas neutras: que representan el 21% de peso de la yema y le comunica su poder energético.
- 3) Lecitinas: que representan 1,5-2% del peso de la yema.
- 4) Vitaminas A y D.

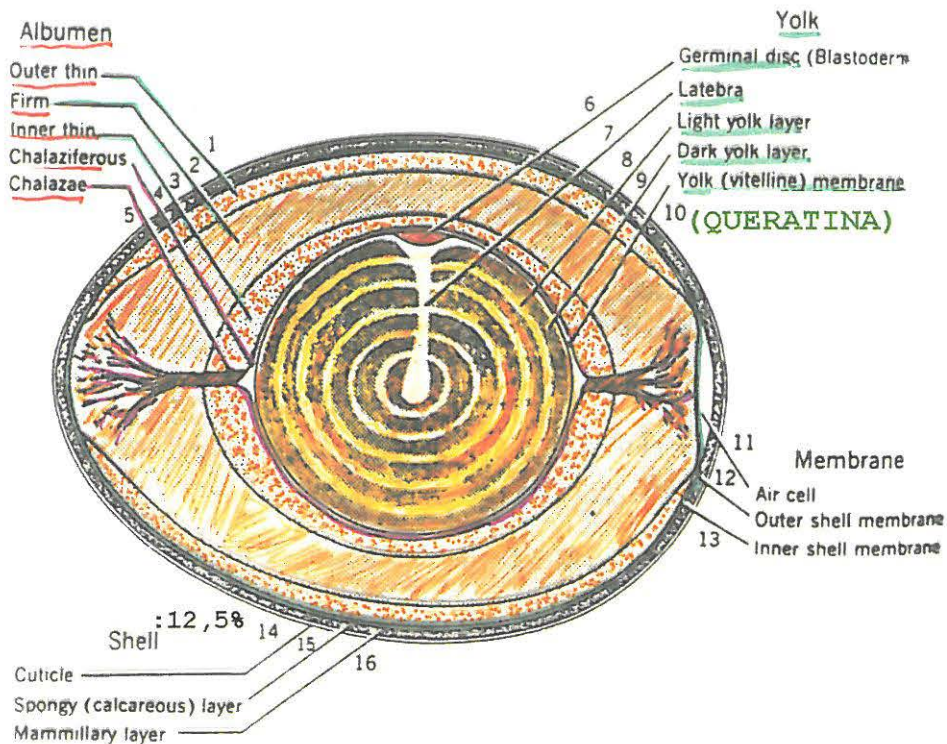
Por su gran contenido en vitelo, estos huevos se clasifican como telolecitos; la yema es casi esférica y se mantiene en su sitio gracias a las chalazas y a la plasticidad de la clara. Debe conservarse centrada y entera.

Por otra parte, la yema se encuentra separada de la clara por una película de queratina que constituye la membrana celular o membrana vitelina, a la que rodea la membrana chalacífera. Está formada por una emulsión inestable, densa, amarilla con reacción ligeramente ácida 6.18-6.28⁴.

El color de la yema debe ser uniforme, pudiendo oscilar desde el amarillo claro al anaranjado rojizo.

4. Mateos-Nevado

Figura 14
ESTRUCTURA DEL HUEVO DE GALLINA



Los sólidos constituyen casi el 50% de la yema. Por su parte, la de los huevos frescos tiene un 52-53% de residuo seco, pero este porcentaje desciende cerca de un 2% cuando se almacenan los huevos a temperatura de refrigeración durante 1 ó 2 semanas, ya que el agua migra de la clara a la yema. Los lípidos y las proteínas son los principales componentes de la yema y también hay pequeñas cantidades de hidratos de carbono y sales minerales. El contenido proteico de la yema es próximo al 16-17% con pequeñas variaciones. En cambio, la cantidad de lípidos varía entre un 32% y un 36%, y esta oscilación cabe atribuida más a la raza del ave que a su alimentación. La fracción lipídica de la yema contiene alrededor de un 66% de triglicéridos, un 28% de fosfolípidos, un 5% de colesterol, y cantidades inferiores de otros lípidos.

La composición de ácidos grasos de los lípidos de la yema depende de los ácidos grasos de la alimentación de la gallina. Sin embargo, no se modifica la cantidad total de ácidos grasos saturados, especialmente palmítico y esteárico, cuando hay algún cambio en la composición de ácidos grasos de

la ración, pero aumenta el ácido linoléico y disminuye el ácido oleico cuando se eleva el contenido en ácidos grasos poliinsaturados de la dieta.

Los ácidos palmítico y esteárico representan casi el 30% de los triglicéridos, el 49% de la lecitina y el 54% de la cefalina. Siendo por tanto muy favorable la relación saturados-insaturados.

La cantidad de hidratos de carbono –combinados y libres– que hay en la yema es la misma que en la clara (1%). Se ha evaluado en un 0,2% el contenido de hidratos de carbono libres. Los hidratos de carbono unidos a proteínas son polisacáridos de manosaglucosamina.

Los principales elementos de la ceniza de la yema son calcio, potasio y fósforo. La yema contiene también lipocromos, luteína, zeaxantina, xantina y carotinoides.

Cuando se hace girar rápidamente un huevo sobre el eje principal, la yema gira también y continúa girando aproximadamente una vuelta más, hasta que la torsión de laschalazas la detiene.

COMPOSICIÓN MEDIA EN ÁCIDOS GRASOS DE LOS LÍPIDOS DE LA YEMA

Saturados	% Triglicéridos	Fosfolípidos
Mirístico C ₁₄	0,7	—
Palmítico C ₁₆	25,2	31,8
Esteárico C ₁₈	7,5	4,1
Insaturados		
Palmitoléico C _{16:1}	3,3	—
Oléico C _{18:1}	52,4	42,6
Linoléico C _{18:2}	8,6	8,2
Otros	2,3	13,3
Total Saturados:	33,4	35,9
Total Insaturados:	66,6	64,1

Lípidos del huevo

Huevo.....12%	{	Triglicéridos 66%
Yema.....33%		Fosfolípidos 28% (lecitinas)
		Colesterol 2.14% (250-280 Mg. huevo 50-55 g.)
		Otros 3.86%

Clara.....Trazas (0,03%)