

BASES FISIOLÓGICAS DE LA INCUBACIÓN EN LAS GALLINAS DOMÉSTICAS

MVZ. M.C. Marco Antonio Juárez Estrada*. 2014. Los avicultores y su entorno N° 88, Avicultores, Incubación 172BM Editores.

*Departamento de Medicina y Zootecnia de las Aves, FMVZ, UNAM.

Tel. (01) (55) 5616692356225867/68 Ext. 220.

britoco@unam.mx

www.produccion-animal.com.ar

Volver a: [Producción avícola en general](#)



El peso mínimo del huevo fértil recomendado para incubar en las empresas integradas es de 48 gramos y si los pollitos van a comercializarse con un tercero, éstos deben pesar al menos 52 g. El huevo está integrado por albúmina (54 al 56%), yema (32-33%) y del 10 al 11% se encuentra integrado por el cascarón; el huevo contiene todos los elementos básicos para dar origen y sustento a un embrión, el cual si logra eclosionar exitosamente lo hace en forma de pollito. Por el tipo de desarrollo embrionario (DE) las aves se definen como ovíparas, es decir, nacen a partir de un huevo, de allí el gran reto del DE y su posterior eclosión, el huevo desde el momento de su ovoposición ya contiene todo lo que va a formar al futuro pollito, si existe una carencia nutricional marginal ésta repercutirá en el DE y por lo tanto en la eclosión del pollito, por el tipo de crecimiento que tiene el embrión a partir de los componentes del huevo y al no haber conexión de los embriones con la madre de manera análoga a como sí existe en los mamíferos a través del cordón umbilical y la placentación, el DE en aves se vuelve crítico. Una de las funciones fisiológicas que cumple el cordón umbilical en mamíferos es la nutrición, otra también vital es la respiración, en el huevo de acuerdo al avance del DE este evento se efectúa de diferente manera, el embrión a lo largo del DE respira a través de diferentes sistemas anatómicos especializados, para lo cual se requiere una disposición especial del contenedor (cascarón) del embrión.

Además del porcentaje de fertilidad de las aves que integran una parvada y del balance en nutrimentos de los componentes internos del huevo, la incubación depende directamente de la estructura física del cascarón, la cual puede verse afectada por la edad, tipo de alimentación, salud y estirpe de las aves; sin descartar otros elementos que influyen directamente sobre la incubación, tales como la presión atmosférica, altura sobre el nivel del mar, disponibilidad de oxígeno, temperatura, humedad del sitio de incubación y grado tecnológico de las máquinas incubadoras (Juárez et al, 2003).

La porosidad del cascarón permite el paso de O₂ hacia el interior además de la salida de CO₂ y H₂O generados metabólicamente, primariamente este intercambio se efectúa gracias a un diferencial de presiones parciales entre el O₂, CO₂ y H₂O del medio interno con el ambiente externo del huevo a través del cascarón, otro factor crucial además de la presión barométrica que condiciona el intercambio gaseoso es la ventilación. Los factores físicos más importantes que favorecen el apropiado desarrollo fisiológico del embrión son la temperatura (T_o), la Humedad Relativa (H.R.) y el volteo constante y lateral del huevo sobre su eje perpendicular (45°); las dos primeras variables (T_o y H.R.) al igual que el intercambio gaseoso se encuentran condicionadas por la tasa de ventilación. Un aspecto importante para un apropiado DE es que el cascarón muestre características físicas apropiadas para el intercambio gaseoso, cada especie de ave e incluso cada cascarón de cada huevo muestra un valor diferente en la conductancia de los gases a través del cascarón, esta conductancia se define usualmente como $k = \text{Constante de conductancia}$, o bien también está definida como la función de $G = \text{Conductancia del cascarón al vapor de agua}$; variables que junto con el peso, grosor del cascarón y largo del periodo de incubación condicionan el éxito de la incubabilidad.

La G se encuentra relacionada con la cantidad de poros (Aprox. 8,000/huevo gallina) de cada huevo, el ancho de éstos y el grosor del cascarón; G aumenta en huevos de mayor tamaño, a > número de poros > conductancia; a

> grosor de cascarón < conductancia, la pérdida de agua aumenta durante el picaje interno y externo, el tamaño del huevo condiciona la G que éste tiene.

Los géneros de la familia Phasianidae ovopositan huevos con enorme diferencia en tamaño, existen varios mecanismos involucrados para lograr un balance entre la fuerza arquitectónica y geométrica del cascarón y la pérdida apropiada de agua durante la incubación, en comparación a los huevos pequeños, los huevos grandes usualmente son ovopositados por las especies de aves mayores, lo cual da como resultado que tengan una mayor cantidad de poros por área, mayor pérdida de agua diaria y una mayor conductancia del cascarón de lo que podría esperarse si existiera al mismo tiempo un incremento geométrico por escalamiento proporcional de los huevos (Ar et al, 1974; Ar y Rahn, 1985; Sahan et al, 2006), y la duración del periodo en el tiempo de incubación (Rahn y Ar, 1974). De hecho, se ha establecido que una apropiada combinación entre el periodo total de incubación y la conductancia del cascarón son los principales factores físicos que a lo largo del proceso de evolución han permitido que aves tan pequeñas como el colibrí con huevos que muestran rangos de peso tan bajos como menos de un gramo de peso (algunos colibríes) o tan grandes como el huevo de Avestruz con más de un 1.4 kg, logren obtener un apropiado equilibrio en el balance hídrico del embrión y logren eclosionar favorablemente (Ar y Rahn, 1985).

Se ha observado que dentro de una misma especie también existe variabilidad en el tamaño del huevo, por ejemplo, en codorniz japonesa (*Coturnix coturnix japonica*) existe un rango de 8 g hasta 14 g, en emúes (*Dromaius novaehollandiae*) de 400 a 700 g, en la gallina doméstica (*Gallus gallus*) los huevos fértiles pequeños van de 40 g hasta los más grandes de 75 g. Es evidente que una apropiada combinación entre la conductancia del cascarón y el largo del periodo de incubación permite que exista la enorme heterogeneidad observada en los tamaños de huevo entre las diferentes especies de aves, sin embargo, entre los diferentes tamaños de huevo dentro de una misma especie, lo único que llega a variar es la conductancia del cascarón, y aunque esta variación puede ocurrir en proporciones limitadas, la cuestión es, que si ocurre cualquier desviación en el tamaño del huevo a partir del tamaño promedio óptimo para la edad del ave que ovoposita esos huevos, los huevos grandes pueden correr el riesgo de sufrir sobrehidratación y los pequeños deshidratación.

Después de analizar los hallazgos hechos por Ar, Paganelli, Rahn y Meir, es factible determinar que en algunas especies aviares la limitación en el presupuesto o balance hídrico dentro del huevo durante el periodo de incubación puede representar la fuerza evolucionaria que determina el máximo rango en el tamaño del huevo el cual a su vez se encuentra condicionado por la k = constante en la conductancia del cascarón para cada especie, lo cual al final es una de las limitantes más importantes para la obtención de mayores eclosiones y mejor calidad de los pollitos nacidos. Si bien, las diferencias genéticas entre las hembras, disponibilidad de alimento, variación estacional, tamaño de las hembras y la edad de la gallina son factores que posiblemente contribuyen a la variabilidad en el peso del huevo, es también importante el grado de homogeneidad y dispersión dentro de un mismo lote de aves (grado de uniformidad) del tamaño del huevo (Suárez et al, 1997; Vázquez et al, 2006). Una estructura física que condiciona la pérdida de humedad en los huevos durante la incubación y regula el éxito en la eclosión de los embriones es sin lugar a dudas la cutícula.



El cascarón está cubierto por una estructura llamada cutícula que forma una capa protectora alrededor del huevo, ésta tiene un espesor de 10 a 30 micras; se encuentra distribuida irregularmente y está adherida a la parte calcificada del cascarón por la parte externa del mismo (Bell y Halls, 1971; Board y Halls, 1973). La síntesis de la cutícula se lleva a cabo en la fase final de la formación del huevo por las células basales del cuerpo del útero, el proceso se completa al pasar por las glándulas vaginales, las cuales contienen lípidos y ésteres de la colesterolina; la cutícula se introduce en los poros del cascarón y forma tapones proteicos de tipo mucoso que sellan la entrada al interior del huevo, su función es impedir la entrada temprana de partículas líquidas o sólidas y así evitar la inva-

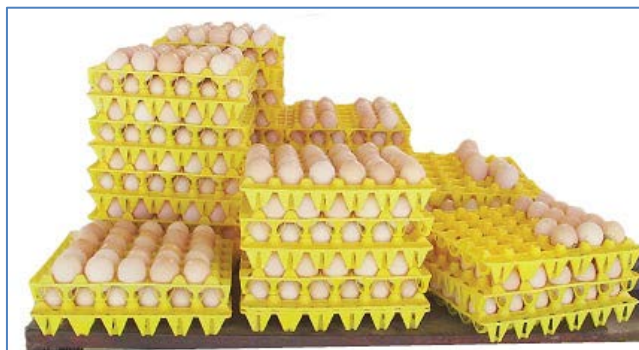
sión microbiana al interior del huevo; constituyendo la primer y más importante barrera de exclusión microbiana que posee el huevo fuera del ave reproductora (Stadelman y Cotterill, 1986; Sparks y Board, 1894; Padron, 1989).

La cutícula está compuesta de materia orgánica de origen mucoproteico llamada mucina, la cual se encuentra integrada por 85% de proteína (3% proteínas hidrosolubles) y 13 a 15% de lípidos y carbohidratos.

La ausencia de cutícula sobre los huevos facilita la contaminación y altera el intercambio gaseoso, poniendo en riesgo la vida del embrión; lo cual debe considerarse con especial atención en la incubación de huevos de reproductoras pesadas mayores a las 45 semanas de edad, se ha mencionado que en estas aves uno de los factores que deterioran la incubabilidad de sus huevos es precisamente la reducción en la calidad del cascarón y la calidad de la cutícula; aspecto que también se presenta frecuentemente en aves de segundo ciclo después de la pechea, donde se ha descrito que el cascarón de los huevos ovopositados contiene la misma cantidad de calcio y fósforo, sin embargo, el peso y grosor del cascarón no aumentan ni se mantiene en la misma proporción como sí lo hace el tamaño del huevo, consecuentemente los huevos presentan un cascarón más delgado y con poros más amplios, los cuales permiten una mayor pérdida de peso durante la incubación y ponen en mayor riesgo la eclosión del embrión. Se ha sugerido que la morfología y la cantidad de la cutícula en huevos de reproductoras pesadas varían durante el ciclo de producción, al final del mismo hay un aumento en la pérdida del vapor de agua a través del cascarón debido a una reducción en el grosor de la cutícula o a cambios en su composición química. Las fisuras o fracturas en la cutícula tal vez conecten en mayor proporción los canales de los poros con el exterior del huevo, lo cual contribuye a aumentar la pérdida de vapor de agua y a favorecer la contaminación (Cacho, 1991).

Las principales razones que explican los cambios en el tamaño del huevo en las estirpes de aves modernas que reciben suficiente cantidad de alimento y muestran un apropiado porcentaje de uniformidad son la variación estacional y la edad; actualmente con la aplicación apropiada de calendarios de iluminación acordes a la fecha de nacimiento de las aves reproductoras, la variación estacional reproductiva muestra poco efecto de acción sobre esta variable (tamaño del huevo), por lo cual al final el principal factor que explica la variación es principalmente la edad de la gallinas.

Huevos grandes producen pollos grandes (Suárez et al, 1997; Vázquez et al, 2006), sin embargo, la forma de cómo ocurre esto aún no se encuentra bien esclarecido. Si el DE sigue una trayectoria fija predeterminada genéticamente no depende del tamaño del huevo, las diferencias en el peso de las aves a la eclosión debe reflejar los eventos fisiológicos que ocurren hacia el final de la incubación. De hecho, cerca del momento de la eclosión la asimilación del saco vitelino y la disponibilidad de O₂ pueden limitar más el crecimiento corporal en huevos pequeños que en los grandes, debido posiblemente a que la circulación en el SV y la conductancia de gases del cascarón debe ser menor en los huevos pequeños. Adicionalmente los huevos grandes tienen proporcionalmente SV grandes y la incorporación abdominal de los residuos del vitelo próximo a la eclosión contribuyen a un mayor peso de los embriones en estos huevos (Williams, 1994). Otra, posibilidad aún no esclarecida es que la tasa de desarrollo embrionario muestra alguna correlación con el tamaño de cada huevo desde las fases tempranas de la incubación. En este caso, los huevos grandes deben de diferir de los pequeños en conductancia del cascarón y tiempo de incubación, por lo cual deben encontrarse las condiciones y requerimientos apropiados de cada embrión para lograr un balance hídrico apropiado, como es el caso para los diferentes tamaños de huevos de diferentes especies anteriormente ya explicado.



La incubación natural de los huevos fértiles efectuada por los progenitores regularmente es muy exitosa esto sobretodo en gallináceas, sin embargo, ésta se encuentra limitada por el número de huevos incubados e incluso por la estacionalidad de la etapa reproductiva de las aves progenitoras cuando se encuentran en vida natural o de forma similar a ésta (Free-range). El hombre ha sustituido la incubación natural por métodos artificiales, lo cual es un aspecto clave para el éxito actual de las operaciones avícolas, ya que gracias a ella se puede cubrir la gran demanda de aves para abastecer el mercado de productos de origen avícola. La forma más eficiente de obtener pollitos de alta calidad es por medio de la incubación artificial, en este sistema se eficientiza el control sanitario, se disminuye la probabilidad de contaminación cruzada, al vacunar inmediatamente después de la eclosión se previenen enfermedades específicas y de alto impacto sanitario (Marek, IBF, Newcastle, I.A. Coccidiosis), se mejora

la conservación de las condiciones ambientales de la sala de incubación (26°C, 70% H.R.) y se puede obtener una mayor cantidad de pollitos de excelente calidad.

La madurez fisiológica de las aves se basa en la capacidad que tienen para sobrevivir en el ambiente que las rodea inmediatamente después de su eclosión, las aves precociales muestran mayor madurez, se alimentan solas, caminan o nadan inmediatamente después de eclosionar.

Las aves semiprecociales aunque cumplen con estos parámetros son un poco más dependientes de los padres y un poco más maduras que las semialtriciales, las aves altriciales son menos maduras a la eclosión, tienen los ojos cerrados, no pueden caminar o volar, carecen de plumas y son muy dependientes de los padres. Las precociales muestran un vitelo proporcionalmente mucho mayor con relación a las altriciales, lo cual indica una mayor fuente de energía, las altriciales muestran un mayor contenido de agua en la composición total del huevo, los cambios que ocurren con estos componentes durante la incubación condicionan el éxito de ésta. El agua del albumen y la yema disminuyen paulatinamente a lo largo de la incubación, el albumen es fuente de agua y proteína, el vitelo proporciona energía y proteína para el mantenimiento y desarrollo; en la síntesis de tejidos se genera agua metabólica, la cual debe eliminarse para contribuir a la formación de la cámara de aire.

Durante la incubación los huevos pierden agua en forma de vapor de agua a través de los poros del cascarón, lo cual constituye un proceso crucial para el desarrollo normal del embrión (Rahn y Ar, 1974). Debido a que la superficie del huevo no aumenta proporcionalmente a como se incrementa su volumen, se ha observado que los huevos pequeños tienen el riesgo de deshidratarse y los huevos grandes de retener más agua de la apropiada (Paganelli et al, 1974). Meir y Ar (1987) determinaron que los huevos con baja conductancia del cascarón (<18.5 mg [100 g.día.Torr]) incubados a una humedad relativa estándar de la incubadora (55%) retienen agua y los de alta conductancia del cascarón (>22 mg [100 g.día.Torr]) pueden deshidratarse.

Un aspecto clave en el manejo ambiental de la sala de incubación y de la máquina incubadora es el optimizar la apropiada pérdida de peso de los huevos incubados, esto facilita la formación de la cámara de aire en el polo obtuso del huevo, lo cual ocurre en una proporción de 0.2 a 0.25 mm al día, la vigilancia de la apropiada pérdida de peso en forma de vapor de agua del huevo a través del ovoscopiado contribuye al mismo tiempo a verificar la viabilidad de los embriones (En forma práctica se puede hacer a los 10 y 18 días de DE). Un espacio apropiado en la cámara de aire contribuye a que cuando el pollito realiza el picaje interno al romper la membrana albuminífera, éste tiene acceso inmediato a una mezcla de O₂ y CO₂ presurizado y atemperado apropiadamente, lo cual, previo al picaje externo del cascarón favorece que el embrión pueda cambiar de un sistema de respiración difusiva (membrana corialantoidea, MCA) a un sistema convectivo (Pulmón), este cambio al día 19.5 DE regularmente tarda entre 5 y 6 horas. La cámara de aire se forma únicamente si el huevo pierde entre 11 y 14% de su peso en forma de agua (1-18 DE) (óptimo= 11-12%). La pérdida total de peso hasta la eclosión es de 20-22%.

La pérdida de peso del huevo está determinada por G; la H.R. de la sala e incubadora y por la presión barométrica, ésta a su vez varía de acuerdo a la altitud sobre el nivel del mar, con menos presión atmosférica a grandes altitudes sobre el nivel del mar la difusión de algunos gases aumenta, sin embargo, existe menor cantidad de partículas de gas por área volumétrica (Aunque la proporción de éstos se mantiene), lo cual si no se ajusta la H.R. de la sala y de la máquina incubadora de acuerdo al sitio sobre el nivel del mar donde se hace la incubación puede conducir a un proceso de deshidratación severo del huevo (Albúmina), sin embargo, debido a la poca presión externa no se favorece la eliminación de agua metabólica producida aunque se pierda un gran porcentaje de peso del huevo (18-22%), el embrión puede nacer con edema debido a una inapropiada eliminación de agua metabólica debido a una alteración en el intercambio de gases a nivel del cascarón.

Lograr optimizar la pérdida de peso del huevo incubado constituye un reto, sobre todo cuando la incubación se efectúa a una gran altura sobre el nivel del mar (Ar, 1993). Durante la incubación se utiliza regularmente un sistema de pérdida de peso de forma lineal, donde el huevo incubado pierde agua de forma gradual y continua. Algunas investigaciones recientes indican que es factible mejorar los resultados de incubación si se implementa un sistema de pérdida de peso del huevo de forma no-lineal. En este sistema se favorece un nivel de líquidos elevado durante la incubación temprana del embrión (Banwell, 2008; Juárez 2010). La finalidad es amortizar el probable impacto que pudiera tener una descompensación temprana debida a una exagerada pérdida de líquido del embrión en forma lineal, más allá del nivel recomendado. En la figura 1 se ejemplifica cómo se puede implementar este tipo de pérdida de peso no-lineal.

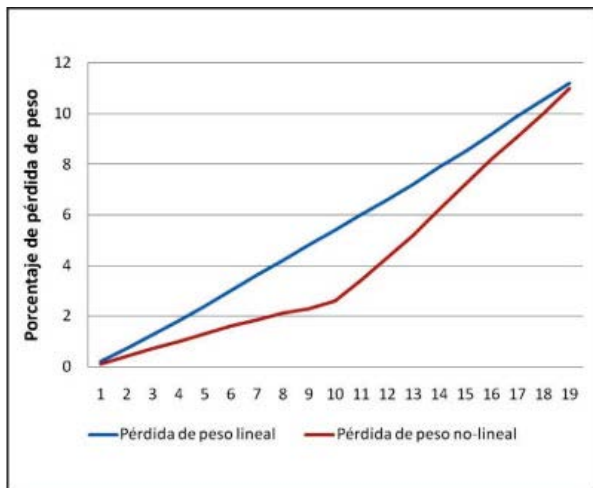


Figura 1. Pérdida de peso del huevo durante la incubación con un sistema de control de la humedad para disminuir la pérdida de peso los primeros 10 días de incubación.

El manejo de la H.R. en la etapa tardía del DE es uno de los puntos clave cuando se utiliza la incubación con pérdida de peso no-lineal. La mortalidad durante la primera fase del DE se atribuye usualmente a cambios en el intercambio de gases, mientras que la mortalidad embrionaria arriba de los 14 días de DE, se puede atribuir a cambios previos o actuales en el balance hídrico del embrión, regularmente pérdida de peso exagerada del huevo. En gallináceas de forma general se maneja una H.R. de 53-55% en incubadora y 70-65% en nacedora, sin embargo, existen investigaciones como la de Meir y Ar (1987), quienes al separar e incubar a los huevos de acuerdo a la conductancia del cascarón en baja, media y alta= G; y ajustar la H.R. de la incubadora (45, 55 y 65%) de acuerdo a la G de cada lote, obtuvieron mejores resultados en pérdida de peso, incubabilidad y calidad de los pavipollos analizados, esto lo hicieron por ejemplo, cuando una alta G se concatenaba con una alta H.R. o bien una baja G se ajustaba con una baja H.R. mientras que el 50% de huevos de su muestra con una G media obtuvo mejores resultados con 55% de H.R. Lo cual indica que al menos el 50% del total de los huevos incubados regularmente se encuentran fuera de sus requerimientos óptimos externos de H.R. ambiental.

Volver a: [Producción avícola en general](#)