

Tema 6 INCUBACION

Concepto

Se denomina incubación al proceso en el cual un huevo fértil es sometido a condiciones ambientales específicas, que permiten el desarrollo del embrión hasta el momento de su eclosión.

En la naturaleza, las aves después de poner una serie de huevos, detienen la postura y entran en un estado denominado cloquera, en el que brindan los cuidados parentales necesarios para el desarrollo del embrión.

Esta situación es incompatible con el modelo de producción industrial. Por un lado, la industria avícola requiere de la máxima producción de huevos fértiles por parte del ave durante su ciclo productivo, y por otro del nacimiento de gran número de pollitos en forma simultánea para conformar lotes.

Por esta razón en las aves de uso industrial la cloquera ha sido morigerada por selección genética, contribuyendo a una mayor persistencia de postura de las reproductoras. Por otro lado, la incubación de los huevos se realiza en forma masiva mediante máquinas, proceso que denominamos incubación artificial y que constituye una de las bases de la avicultura industrial.

El desarrollo de máquinas incubadoras ha permitido incrementar enormemente la producción de pollitos BB, pues una sola máquina incubadora moderna puede producir miles de pollitos concentrados en un mismo período de nacimiento.

Actualmente la industria avícola se encuentra organizada en cadenas productivas, para la obtención de huevos para consumo por un lado y de carne aviar por el otro, en las que el proceso de incubación se desarrolla en las denominadas plantas de incubación.

Esta diferenciación de las aves en productoras de huevos y productoras de carne, logradas por el mejoramiento genético, también ha introducido diferencias en el proceso de desarrollo embrionario que cobran significativa importancia para optimizar los resultados técnicos del proceso de incubación.

Por ejemplo, en las líneas de pollo para carne, el progreso en los pilares de la producción permite hoy alcanzar el peso de faena a los 42 días de crianza, mientras que el proceso de incubación del huevo se mantiene inalterado en los 21 días; aquí podemos ver que un tercio del ciclo de vida del parrillero transcurre en la incubadora y dos tercios en la granja. Por este motivo el impacto del proceso de incubación sobre la vida post nacimiento del pollito, y en consecuencia sobre los resultados económicos de una operación avícola, ha ganado vital importancia. Está ampliamente reconocido que la manera de incubar no solo determina el número de pollitos producidos (en relación a los huevos fértiles), sino también la calidad de estos pollitos. La relevancia económica del desarrollo posnacimiento es muchas veces superior al impacto económico de un cambio en el porcentaje del nacimiento. Con la constante evolución de los costos de producción, la eficiencia del pollito en su desarrollo posnacimiento es crucial.

Por este motivo la incubación artificial es un proceso que requiere de precisos controles de las condiciones para maximizar los resultados. Actualmente el avance tecnológico de las máquinas incubadoras y necedoras permite trabajar un elevado número de huevos con máxima precisión. Podemos encontrar salas con capacidades

superiores a los dos millones de huevos en incubación a la semana y máquinas de incubar con capacidad de carga de más de 100.000 huevos.

El manejo de la incubación está orientado a crear condiciones ambientales óptimas para los huevos y los pollitos, desde el almacenaje de los huevos en las granjas de reproductoras hasta el momento de recepción de los pollitos de un día en la granja de destino. Las condiciones ambientales en cada una de las fases deben ser controladas cuidadosamente en cada lugar y en cada momento.

Fisiología de la incubación

En la naturaleza la incubación es un proceso continuo, pero a nivel industrial se divide en 3 períodos:

- **Período ovulación – oviposición**
- **Intervalo entre la postura y la incubación**
- **Período de incubación artificial**

➤ **Período ovulación – oviposición**

En primer lugar, debemos recordar la fisiología en la formación del huevo, así como del proceso de fecundación.

La formación del huevo está condicionada por el correcto funcionamiento del sistema reproductivo. Su constitución normal, está influenciada por factores como:

- Edad de las reproductoras
- Salud
- Estrés
- Nutrición
- Manejo del lote reproductor

Estas fuentes de variación introducen diferencias en la formación del óvulo, albumina, membranas y cascara, que debemos conocer y controlar para el éxito del proceso de incubación.

En la formación del huevo, intervienen dos estructuras anatómicas diferentes: el ovario para la yema, y el oviducto para la albumina y la cáscara. La ovulación es lo que permite el paso de una estructura a la otra.

El huevo de gallina es de tipo megalecito completo por poseer gran cantidad de vitelo en su constitución y telolecito por su posición con respecto al polo animal. El vitelo o yema asegura el desarrollo del individuo, que ocurre fuera del organismo de la hembra. La mayoría de los componentes de la yema provienen de precursores sintetizados por el hígado, desde unos 10 días antes de la ovulación, estimulados por los estrógenos durante la fase de crecimiento rápido. Durante esta etapa se produce también parte de la transferencia de anticuerpos maternos. La IgY (IgG aviar) es el isotipo predominante en la yema de huevo y es secretada por el ovario de la gallina durante el desarrollo de los óvulos. La transferencia de IgY a través del epitelio folicular ovárico alcanza su máximo tres a cuatro días antes de la ovulación. Por lo tanto, como una gallina tiene varios óvulos en diferentes etapas de desarrollo, la cantidad de IgY transferida a cada uno no es la misma. Luego, la IgY se transfiere de la yema de huevo al embrión a través la circulación embrionaria. La transferencia se inicia a partir del

séptimo día de desarrollo embrionario y alcanza su punto máximo tres a cuatro días antes del nacimiento. La cantidad de IgY transferida a la yema de huevo y de la yema de huevo al embrión es proporcional a la concentración de IgY en suero materno. En un trabajo realizado por Hamal en el año 2006 se encontró que entre un 27 y un 30% del nivel de IgY de la gallina es transferido al embrión, aunque existe una variación significativa en la tasa de transferencia de anticuerpos para los distintos patógenos.

Tras la ovulación, el óvulo o yema cae en la primera parte del oviducto, denominada infundíbulo donde se encuentra con los espermatozoides.

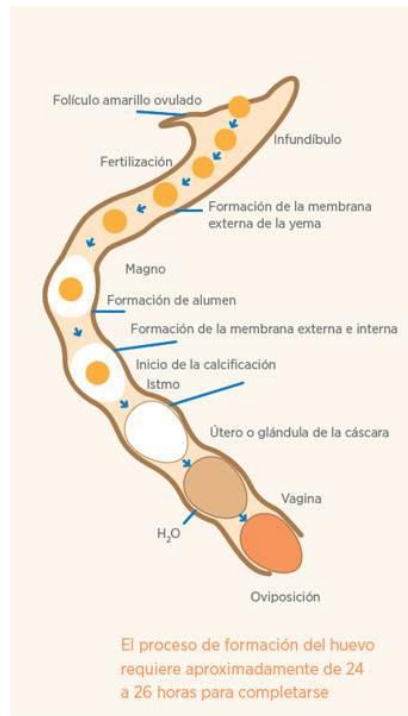
El proceso de fertilización tiene su inicio en el momento de la cópula, una pequeña parte de los espermatozoides que penetran por la vagina, son depositados en pequeños tubos localizados en la unión uterovaginal, llamada "*glándulas espermáticas uterovaginales*". Alrededor de 10% son liberados diariamente en dirección al infundíbulo cuyo trayecto es recorrido en 10 minutos. Esta liberación ocurre luego de puesto un huevo, favorecido por los movimientos antiperistálticos del oviducto.

El primer estadio de la relación, es la unión entre los espermatozoides y la "membrana perivitelina interna" (IPVL) que es una capa proteica que envuelve todo el óvulo. Para penetrar, los espermatozoides liberan enzimas proteolíticas que forman pequeños orificios (0,02 mm de diámetro), en toda la superficie del óvulo, sin embargo, se concentran más en un área de 2,5 mm de diámetro cerca del disco germinativo. En el disco germinativo se encuentra el pronúcleo femenino, donde ocurre la fertilización. Muchos espermatozoides penetran en el óvulo (poliespermia) pero solamente uno completa todo el proceso (singamia).

Después del proceso de singamia, el óvulo fertilizado empieza a bajar por el oviducto, y cerca de la porción proximal del magno ocurre la formación de la "membrana perivitelina externa" (OPVL), que tiene la función de protección de la IPVL contra el ingreso de otros espermatozoides. La OPVL, formada por fibras proteicas, funciona como una malla o red donde los espermatozoides quedan retenidos y mueren. Por lo menos, son necesarios 6 espermatozoides para penetrar en el disco germinativo y garantizar una buena fertilización.

Posteriormente se suceden una serie de etapas en la formación del huevo:

- Secreción de las proteínas del albumen en el magnum.
- Secreción de las membranas testáceas en el istmo.
- Hidratación del albumen y secreción de la cáscara en el útero
- Oviposición



A diferencia de las proteínas de la yema, que provienen del hígado, las del albumen se sintetizan en el magnun, que tiene células específicas:

- Las glándulas tubulares secretan ovoalbúmina y lisozima, entre otras, que equivalen al 80% de los componentes de la clara (albumina acuosa).
- Las células caliciformes sintetizan avidina y ovomucina (albumina densa).

La síntesis proteica se produce continuamente, pero aumenta cuando la yema entra en el mágnun. La distensión que produce la yema a su paso por el oviducto provoca la liberación de las proteínas almacenadas en las células, que se depositan durante las 3 horas y 30 minutos que tarda este proceso. Cuando el huevo sale del magno, el albumen presenta un aspecto gelatinoso denso, ya que solo contiene un 50 % del agua, es decir alrededor de 15 g. Durante el pasaje por el magnum y junto con la secreción de albumina, se secretan las IgA e IgM, que representan el resto de las inmunoglobulinas transferidas por la madre. Las IgA e IgM se transfieren por la absorción de la albúmina por el intestino del embrión y tiene una importante función en el pollito recién nacido como inmunoglobulinas de protección en el tracto digestivo. La cantidad de IgA e IgM transferidas a la progenie es menos de 1% de la concentración de estas inmunoglobulinas en el plasma de las gallinas.

Posteriormente el huevo permanece de una a dos horas en el istmo donde forman las dos membranas testáceas y la matriz orgánica sobre la que comienza el proceso de calcificación.

El huevo en formación llega al útero o glándula cascarógena unas 5 horas tras la ovulación y permanece aquí entre 18 y 22 horas, tiempo en el que se produce, fundamentalmente, la formación de la cáscara. También culmina en el útero el proceso de hidratación y estructuración del albumen. La transferencia de agua va acompañada de minerales, sobre todo sodio, potasio y bicarbonato. En este proceso el huevo mantiene un movimiento de rotación que da lugar a la torsión de las fibras proteicas del albumen denso, formándose las chalazas. Por lo tanto, el útero junto con el

magnum, es responsable de las propiedades fisicoquímicas de la clara y de la situación de la yema. Es decir, su función es determinante en la calidad interna del huevo.

Los pigmentos responsables de la coloración de la cáscara son porfirinas, derivadas del metabolismo de la hemoglobina. Se depositan durante las 2 últimas horas de la formación del huevo y dependen de la estirpe de la gallina (es decir, de la genética, no de su alimentación).

Una vez formado el huevo, se expulsa a través de la vagina, tubo en forma sigmoidea que va desde el útero hasta la cloaca. La cáscara se recubre en el momento de la puesta del huevo por la cutícula, una fina capa de composición proteica que reduce las pérdidas de humedad y la contaminación bacteriana a través de los poros.

El desarrollo embrionario comienza aproximadamente 3 horas después de la fecundación, ocurrida en la porción superior del infundíbulo. Este desarrollo comienza en el disco germinal o blastodisco, que es el lugar al que se limitan las segmentaciones. A medida que avanza la formación del huevo en el oviducto, continúan las divisiones celulares. Se van desarrollando varias capas de células que conformarán el blastodermo, continuándose con el proceso denominado gastrulación. De las diferentes capas del blastodermo se formarán posteriormente los sistemas, aparatos y diferentes partes del embrión.

Como la duración de la formación del huevo es de 23 a 26 horas, el desarrollo embrionario en el interior del organismo del ave dura aproximadamente 22 horas.

Al momento de la postura, la mayor parte de los embriones se encuentran en la fase de pre-gástrula o, como máximo, en el estadio inicial de gastrulación, ya hay alrededor de 30.000 células en el nudo embrionario. Este estadio de desarrollo embrionario al momento de la postura influye sobre la tasa de eclosión. Estadíos muy avanzados o muy tempranos son perjudiciales.

Se sabe que el estadio de desarrollo del embrión, al momento de la postura, puede tener variaciones de acuerdo a la línea genética, así como también, depender de la edad de la reproductora. Se ha observado que embriones en estadio de pre-gástrula al momento de la postura son menos resistentes a largos períodos de almacenamiento, cuando los comparamos con embriones en el estadio de gástrula temprana. Por lo tanto, se hipotetiza que las líneas con reconocido bajo porcentaje de eclosión producen huevos en los primeros estadíos de desarrollo del blastodermo. Este hecho se podría correlacionar con diferencias en la temperatura corporal, con el tiempo de tránsito en el oviducto o también con diferencias propias en el desarrollo.

El desarrollo del embrión en el interior del huevo requiere un promedio de 22 días, divididas en dos etapas importantes: un día, antes de la postura, cuando el huevo está todavía en el oviducto, y 21 días después de la postura, durante el proceso de incubación del huevo.

Cuando el huevo es puesto, ya es una unidad autosuficiente y depende de las condiciones ambientales para su evolución.

El período existente entre la postura y la incubación, es otra etapa que también afecta el desarrollo embrionario.



➤ Intervalo entre la postura y la incubación.

Después de la postura, el huevo, que estaba sometido a la temperatura corporal del ave (entre 40 y 41 °C), sufre un rápido enfriamiento.

El embrión en estas fases iniciales de desarrollo, se comporta como un organismo de sangre fría (poiquilotermo), sufriendo la influencia directa de la temperatura del medio ambiente. Si la temperatura exterior está por debajo de 24°C, el desarrollo embrionario se paraliza. Esta temperatura (+/- 24 °C) se denomina *cero fisiológico*.

El almacenamiento de huevos para su posterior incubación debe hacerse en ambientes con temperaturas inferiores al cero fisiológico (18 – 20°C), para asegurar la completa detención del desarrollo embrionario hasta el inicio de la incubación. En este período, para conservar la integridad del embrión, es importante mantener la humedad relativa (75%) y la tensión de CO₂, además de la temperatura. Si bien los huevos deben mantenerse a una temperatura inferior a la necesaria para el desarrollo embrionario, la literatura no esclarece cuál sería el valor real que representaría el cero fisiológico. De acuerdo con muchos autores, períodos de almacenamiento más largos que una o dos semanas, necesitan temperaturas de 10-12°C, mucho más bajas que la temperatura de almacenamiento frecuentemente usada.

Diversos autores sugieren que en la temperatura de almacenamiento puede ocurrir algún desarrollo parcial, pero no global o proporcional. Si ese crecimiento desproporcional del embrión fuera avanzado, podría ocurrir interferencia con la viabilidad. De esta forma, esta hipótesis puede explicar la razón por la cual, temperaturas muy por debajo del cero fisiológico son benéficas en los resultados de la eclosión cuando los huevos son almacenados por largos períodos, provocando con esto, una disminución del crecimiento desproporcional de los embriones.

Tan pronto como el huevo es puesto por la gallina, su calidad interna empieza a disminuir y va ser afectada en mayor grado cuando el tiempo de almacenamiento se incrementa, sin embargo, la composición química del huevo (albúmina y yema) no cambia mucho.

La disminución de la calidad interna se inicia primeramente por la pérdida de agua y de dióxido de carbono (CO₂), la pérdida de éste resulta en cambios en el pH del huevo (se incrementa), causando la rotura de la estructura de la proteína de la albúmina densa haciéndola más acuosa. La apariencia nebulosa de la clara del huevo fresco es debido

al contenido de dióxido de carbono, y conforme el huevo envejece, el dióxido de carbono escapa dando una apariencia transparente de la albúmina si la comparamos con huevos frescos. El pH de la albúmina va de 7,5 en un huevo fresco a 8,5 en huevos con dos días de almacenamiento; en el caso de la yema el pH es de 6 en huevo fresco y sus cambios son influenciados por la clara.

La calidad interna del huevo es muy buena al día de puesto y los principales cambios ocurren en los primeros 4 días, sin embargo, los mejores nacimientos ocurren de huevos que han sido almacenados 1 y 2 días. El pH óptimo en las fases iniciales de la incubación en el huevo oscila entre 8,2 y 8,8 y posiblemente esto tenga un efecto positivo en el desarrollo y sobrevivencia del embrión en las etapas tempranas.

Algunas investigaciones demuestran que el embrión inicia las alteraciones de la albúmina, y de esta forma optimiza su ambiente para la incubación.

El tiempo de almacenamiento óptimo depende de la edad del lote de reproductoras; utilizando temperaturas de 18°C, podríamos recomendar el tiempo óptimo de almacenamiento en función de su fase de producción:

Huevos de gallinas en fase I (25 a 33 semanas de edad en livianas y 24 a 30 semanas en pesadas): se deben almacenar durante 5 días para mejorar la calidad de la albúmina.

Huevos de gallinas en fase II (34 a 50 semanas en livianas y 31 a 45 semanas en pesadas): se deben almacenar por un máximo de 5 días.

Huevos de gallinas en fase III (de 51 semanas en adelante en livianas y desde 46 semanas en pesadas): se deben incubar con el menor tiempo de almacenaje posible (máximo 3 días de almacenamiento).

La humedad relativa ambiente tiene gran importancia en la pérdida de humedad del huevo, debe ser controlada y estar siempre entre el 75 y 80%. Nunca se debe permitir la condensación sobre la cáscara de los huevos, lo que puede favorecer el desarrollo microbiano.

Existen determinadas prácticas de manejo que pueden ser adoptadas, con vistas a mejorar la tasa de eclosión cuando los huevos son almacenados por largos períodos, tales como: volteo diario de los huevos, aumento de CO₂ en la sala de almacenaje o el posicionamiento de los huevos con la punta más fina hacia arriba.

El mantenimiento de la calidad del huevo durante el transporte y almacenamiento requiere de atención constante de todo el personal involucrado en estas actividades. La calidad del huevo no puede ser mejorada después de ser puesto y los esfuerzos para mantener una buena calidad deben iniciarse en este momento.

➤ **Período de incubación artificial**

Aunque la cloquera es esencial para garantizar el éxito reproductivo en condiciones naturales, en la práctica, la incubación natural y artificial son dos campos distintos. El ave clueca en este caso, es sustituida por un equipamiento mecánico que realiza la incubación en forma artificial.

La incubación artificial es el fundamento de la moderna industria avícola, permitiendo la producción de gran número de pollitos al mismo tiempo y de acuerdo a la demanda de los criadores.

Cuando el huevo es colocado en condiciones de incubación el desarrollo embrionario es retomado y un embrión completará su formación en +/- 21 días (504 horas).

El periodo de incubación consta de tres fases de desarrollo decisivas antes de que el pollito pueda salir del cascarón. Cada una de estas fases requiere de condiciones específicas para lograr un adecuado desarrollo embrionario. Asimismo, una distribución uniforme de la temperatura, humedad y gases que respiran, beneficia a los embriones.

Para comprender los procesos involucrados en la incubación debemos recordar los principales aspectos del desarrollo del embrión.

Etapas del desarrollo embrionario

Fase I – Desarrollo o diferenciación

Durante la primera fase del proceso de incubación, el embrión experimenta una serie de importantes transformaciones morfológicas, fisiológicas y bioquímicas que lo convierten de una célula única justo después de la fertilización, en un ave ya casi completamente formada.

Esta primera fase de diferenciación celular comienza en la gallina cuando el ovocito monocelular se divide múltiples veces hasta que el embrión en el interior del huevo fecundado se componga de unas 30.000 células. Estas 30.000 células están organizadas en un disco de células conocido como la gástrula temprana, que flota en la yema.

Después de la puesta, la temperatura del huevo disminuye y el desarrollo del embrión se ralentiza o se detiene completamente, en el caso de que la temperatura pase a ser inferior al cero fisiológico.

La diferenciación embrionaria sólo continúa cuando aumenta la temperatura del huevo. La fase de diferenciación se caracteriza por el «desdoblamiento» de la gástrula temprana, lo que produce una estructura tridimensional en la que pueden distinguirse las estructuras orgánicas de la cabeza y el corazón al cabo de 36 horas. Este proceso de desdoblamiento es propulsado por el movimiento de células de un lado de la gástrula temprana a otro, que se halla muy condicionado por la temperatura. Durante la diferenciación se da la etapa primordial de formación de los órganos y se producen cambios relativamente pequeños en el tamaño del embrión.

En la fase de diferenciación no sólo se desarrollan las estructuras embrionarias, sino también los tejidos extraembrionarios como el amnios y la membrana corioalantoidea, dos estructuras fundamentales para el transporte de oxígeno y de nutrientes de la yema al embrión.

En esta fase de desarrollo el embrión flota hacia la parte superior del huevo, donde se encuentra más cerca de la cáscara, y sólo se produce una diferenciación normal y sincronizada cuando la temperatura de ésta se halla entre los 37-38°C. Si la temperatura está entre 27°C y 36°C, se producirá una diferenciación no sincronizada de los diferentes tejidos y, como consecuencia, un desarrollo anormal del embrión. La diferenciación embrionaria es todavía más susceptible a temperaturas superiores a los 38°C durante intervalos sostenidos, ya que en estos casos se han producido cerebros expuestos y anomalías oculares. Es interesante comprobar que los embriones de los

pollitos para carne son aún más sensibles a las altas temperaturas durante el proceso de diferenciación que los embriones de gallinas ponedoras.

Fase 2 – Crecimiento

La fase 2 comienza en la segunda mitad del periodo de incubación. En este punto ya se han formado el 95% de los órganos corporales por lo que el embrión sólo necesita crecer para poder eclosionar.

Dentro de la fase de crecimiento distinguimos dos periodos distintos, durante los cuales el embrión responde de forma diferente a los cambios de temperatura. Durante la primera parte de la fase de crecimiento, que empieza alrededor del día siete, se produce un incremento en el tamaño de los órganos y en el embrión en sí. Esta fase se caracteriza por un rápido incremento de la masa del embrión, el cual depende mucho de la temperatura de incubación (dentro del intervalo de 37-38°C).

Como hemos visto en la primera fase del desarrollo embrionario, la temperatura también puede tener un profundo efecto en el crecimiento del embrión: en el mejor de los casos lo acelera o ralentiza, y en el peor afecta al crecimiento y la simetría izquierda/derecha del esqueleto y de los pulmones, como se ha demostrado con embriones expuestos al calor (39,6°C) y al frío (36,9°C) durante periodos de tan sólo seis horas al día. Incluso dentro del rango de temperatura normal de 37-38°C, las diferencias en la temperatura producen niveles de desarrollo y crecimiento diferentes.

Temperaturas más elevadas durante esta fase incrementan el ritmo de crecimiento y por lo tanto acortan el periodo de incubación. A la inversa, las temperaturas de incubación más bajas hacen que los periodos de incubación se prolonguen debido a un ritmo más lento de crecimiento.

Durante la segunda parte de la fase de crecimiento del embrión, que comienza alrededor del día 17, el crecimiento disminuye debido a la maduración de los tejidos y órganos. Es por ello que esta fase es a veces denominada la fase de maduración. La maduración de los órganos se caracteriza por la acumulación de materia seca y por tanto, la pérdida de líquidos de los tejidos. Aparte, durante la maduración los órganos se vuelven sensibles a ciertos estímulos como el calor o el frío. En esta fase disminuye el crecimiento absoluto del embrión y existe una relación inversa entre el ritmo de crecimiento y la temperatura.

Fase 3 – Nacimiento

Mientras que las dos primeras fases del proceso de incubación se realizan en la máquina incubadora, la tercera y última fase tiene lugar en otra máquina denominada nacedora. Durante esta fase el embrión experimenta cambios que le permiten sobrevivir sin la protección del cascarón.

Cambios fisiológicos antes de la eclosión

La eclosión es el fin de la vida prenatal y envuelve una compleja secuencia de eventos: inicio de la respiración pulmonar, picaje de la cáscara y salida del huevo. Estos acontecimientos son dependientes del desarrollo de la musculatura de sustentación, de los músculos involucrados en la eclosión, los músculos del pecho y de las modificaciones en los sistemas respiratorio y circulatorio, así como de la absorción de la yema.

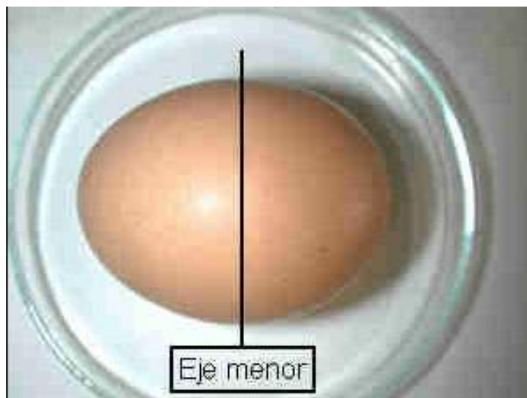
Las aves, como los reptiles, tienen un período durante el desarrollo, en que el corioalantoides y los pulmones son funcionales. Durante este período, denominado

parafetal o perinatal, se inicia la respiración, es el momento de la perforación de la membrana interna de la cáscara que delimita la cámara de aire (picaje interno). La cáscara es quebrada por la punta del pico, de 8 a 9 horas después que la respiración pulmonar ha sido establecida (picaje externo).

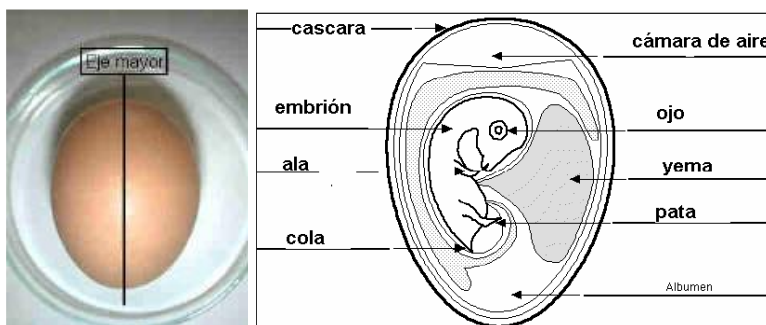
El término picaje externo es usado para denominar el quiebre o rotura de la cáscara y es asumido que la fuerte hipoxia e hipercapnia que ocurre al final de la incubación solo son aliviadas cuando el embrión tiene acceso al aire atmosférico al perforar la cáscara. El reflejo del pollito que lo lleva a picotear la cáscara tiene su origen en esta falta de oxígeno y un exceso de dióxido de carbono dentro del huevo. Por eso no se debe romper la cáscara prematuramente, al no producirse el picoteo, origina un polluelo débil.

Posición del embrión

La posición del embrión se define ya desde las 36 a 48 horas de incubación. En este momento el embrión descansa en la yema, de manera transversal, a lo largo del eje menor.

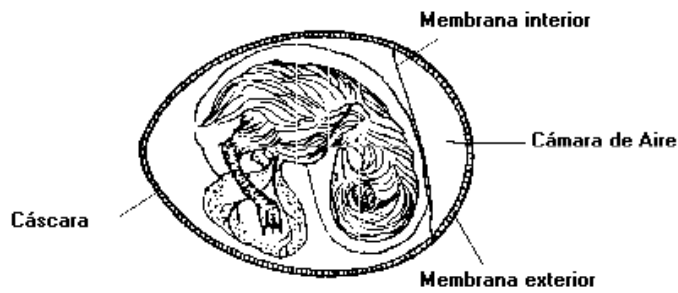


Con posterioridad la cabeza del embrión comienza a separarse de la yema y girar hacia la izquierda. Hacia el 5° día de incubación, el embrión se halla cerca de la cámara de aire. A partir del 11° día, cuando el cuerpo del embrión pesa más que su cabeza, el mismo efectúa un giro a la izquierda, lo que provoca que el cuerpo descienda en dirección al polo fino del huevo. A los 14 días, el cuerpo del embrión está situado a lo largo del eje mayor del huevo, con la cabeza dirigida hacia el polo grueso. Esta es la posición correcta y necesaria que debe adoptar el pollito para el nacimiento.


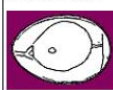

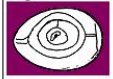

















El embrión está orientado normalmente con su cabeza hacia la punta ancha del huevo. En el día diecinueve, el embrión introducirá su pico entre las membranas separadas y usará la cámara de aire para respirar por primera vez. El pollito tiene la oportunidad de

"practicar" la respiración mientras que sigue permaneciendo dentro de la cáscara, esto le permite realizar el desarrollo final de sus diferentes órganos.



En la siguiente tabla se muestran los diferentes signos de desarrollo embrionario durante los 21 días de incubación.

Día	Tamaño	Imagen	Signos de Desarrollo Embrionario
1			Aparición de formación de venas y saco mesodérmico 
2			Aparición de pliegues amnióticos, latidos del corazón y circulación sanguínea 
3	1 cm		El Amnios rodea completamente al embrión; el embrión rota hacia la izquierda 
4	1,3 cm		Pigmentación de ojos; los brotes de las patas son mas largos que la alas 

5			Aparición de las rodillas y los codos			
6	1,8 cm		Aparición del pico; se mueve a voluntad; dedos delimitados			
7			Esbozo de hileras de plumas.La cresta comienza su desarrollo.	16		Las plumas cubren el cuerpo
8	2,2 cm		Cuello bien diferenciado.Cañías de las plumas prominentes,el pico superior e inferior son de igual tamaño			
9			forma con apariencia de ave; Aparición del hueco de la boca	17		Cabeza entre las patas
10			Los dedos completamente separados , uñas en los dedos			
11			La cresta se ve aserrada; Aparición de plumas en la cola; parpados ovalados	18		Cabeza debajo del ala derecha
12	4,5 cm		Plumón visible en alas. Párpados casi cerrados y con forma elíptica			
13			Aparición de escamas;el embrión esta cubierto de plumón; abertura de ojos	19		Desaparición del liquido amniótico(el embrión se lo traga),la mitad del saco vitelino ya esta dentro del cuerpo
14			Cuerpo enteramente cubierto de plumón.El embrión esta alineado con el eje longitudinal	20		El saco vitelino ya esta dentro del cuerpo;el pico se introduce en la cámara de aire. Inicia la respiración pulmonar y vocalización.
15			Los intestinos pequeños están en el abdomen	21		El pollito rompe con su pico el cascaron: Eclosión

Factores de la incubación

Introducción

Cuando los huevos son colocados en condiciones de incubación, esto es, temperatura, humedad relativa, ventilación, posición y volteo adecuadas, el desarrollo embrionario es retomado y el embrión se desarrollará completamente en +- 21 días (504 horas)

Temperatura

Sin duda, la temperatura es el factor ambiental más importante y crítico que afecta directamente la tasa de eclosión.

Barott (1937) demostró que mantener 37,8°C en la cáscara durante el proceso de incubación, es la temperatura ideal para la obtención de una buena tasa de eclosión, así como la mejor calidad de pollitos, donde ambos criterios son utilizados como indicadores de eficiencia del proceso de incubación.

La cuestión a resolver es: ¿cuál es la variación de temperatura aceptable para la obtención de una óptima tasa de eclosión?

Barott sugirió que la variación de temperatura de la cáscara no debe ser superior a +/- 0,3°C, determinando así los límites superior e inferior de la temperatura de incubación. De cualquier modo, esa pequeña variación tampoco indica cuales variaciones de temperatura son posibles, o que efecto tienen las bajas y altas temperaturas durante un determinado período de incubación sobre la tasa de eclosión y el subsiguiente crecimiento del pollito.

Una cuestión a ser considerada es que el patrón de crecimiento de los órganos, así como de los sistemas funcionales, no son idénticos durante el desarrollo embrionario. Esto implica que pequeñas variaciones en la temperatura en un momento determinado, modifican la velocidad de desarrollo, que, sin alterar la tasa de eclosión, pueden afectar el crecimiento proporcional y/o los procesos funcionales del embrión. Esto se manifestará posteriormente en las aves adultas, cuyas secuelas dependerán del período de desarrollo embrionario en el cual la variación de temperatura fue aplicada. Innumerables observaciones apuntan a que los cambios en el desarrollo durante los estadios sensibles o críticos de la incubación pueden influenciar los procesos fisiológicos en niveles graduales.

La tolerancia a las variaciones de temperatura a partir de la temperatura patrón (37,8°C) está directamente relacionada con la duración de la exposición. Es generalmente cierto que la zona de tolerancia de los embriones es menor para temperaturas superiores a 37,8°C, que a temperaturas inferiores. Además, los embriones de pollos parrilleros son más sensibles a las variaciones de temperatura, tanto para las altas como para las bajas, cuando se los compara con embriones de líneas de postura.

La reducción de la temperatura de incubación durante los últimos días es una práctica común. Esto aumenta la tasa de eclosión, porque se sabe que la producción de calor por el embrión aumenta la temperatura del huevo en aproximadamente 2°C por arriba del de la incubadora.

La estabilización en la producción de calor por parte del embrión se alcanza entre los 16 a 17 días de incubación, en coincidencia con un flujo máximo de gases de la respiración, que dependen de la permeabilidad de la cutícula, cáscara y membranas internas. Debido a que la presión parcial de oxígeno arterial es baja y crítica durante

los últimos días de incubación y que el embrión reacciona como un poiquiloterma hasta la eclosión, cualquier factor, como el aumento de la temperatura corporal, aumentará la demanda de oxígeno, afectando la tasa de sobrevivencia, reduciendo así la eclosión.

Esta hipótesis es fortalecida por el hecho de que el aporte extra de oxígeno durante este período, aumentará la tasa de eclosión, indicando que la sobrevivencia del embrión durante los últimos días de incubación es el resultado del equilibrio entre la tolerancia a la hipoxia y la posibilidad de reducir la capacidad respiratoria por unidad de masa corporal. La reducción de la temperatura de la sala de nacimiento puede producir resultados semejantes.

Humedad relativa (HR)

La HR dentro de la incubadora puede variar algo más que la temperatura sin que ocurran serios daños en la eclosión, no obstante, deberá mantenerse dentro de una determinada amplitud para poder obtener buenos resultados. Entre el momento que se colocan los huevos en la incubadora y tres días antes de la eclosión, la HR debe permanecer alrededor del 50-60%. Sin embargo, la HR se debe ajustar dentro de este rango en función de la conductancia de la cascara del lote huevos puestos a incubar (la conductancia está determinada por la calidad de la cascara).

Durante el proceso de incubación el huevo debe perder en total de 11 a 13 % de agua (se mide por la pérdida de peso del huevo). Esta pérdida se produce como consecuencia del intercambio entre la humedad interna del huevo y la humedad relativa ambiente. Si la humedad relativa fue muy baja, la pérdida de agua será excesiva, atrasando la eclosión, y muchos embriones no llegan a eclosionar, incluso con desarrollo pleno. Si la humedad relativa es muy alta, los embriones tienden a eclosionar precozmente, estando frecuentemente mojados o pegajosos y en casos extremos pueden eclosionar sin alcanzar el pleno desarrollo.

La tasa de pérdida de agua varía en las distintas etapas del desarrollo embrionario, siendo un constituyente del embrión que es influenciado por factores tales como la temperatura, movimientos iónicos, concentración proteica, porosidad de la cáscara, además de ser producto del metabolismo energético. La pérdida de agua del huevo hacia el ambiente también va a determinar los movimientos del agua dentro del huevo, siendo un proceso fisiológico complejo, que ocurre por vía pasiva y activa, involucrando diferentes compartimientos. La cantidad inicial de agua almacenada en el albumen y en la yema es transferida y reutilizada cuando los compartimientos son formados, y desaparecen de forma temporal y espacialmente.

Durante el nacimiento (maquina nacedora) se aumenta la HR (65% o más) con la finalidad de evitar la deshidratación del pollito y facilitar el proceso de nacimiento.

Posición y volteo del huevo

En condiciones naturales, la posición del huevo durante la incubación es completamente horizontal. En el caso de las incubadoras de tipo industrial, el huevo se posiciona con el extremo más agudo hacia abajo. De esta forma el embrión queda posicionado de forma adecuada para su mejor desarrollo.

El volteo o la alteración de la posición del huevo durante la incubación tienen una alta influencia sobre la tasa de mortalidad del embrión.

El período crítico del volteo ocurre entre el tercer y el séptimo día y la ausencia del mismo provoca un retraso de la formación del fluido del alantoides y del amnios, así como de la utilización del albumen, afectando de esta forma el crecimiento del embrión. La ausencia de volteo del huevo resulta en la adherencia del embrión y de la yema a la membrana interna de la cáscara.

El intervalo entre los volteos puede ser de 15 minutos a 4 horas, pero en la práctica, las incubadoras automáticas realizan el proceso de volteo 24 veces al día.

Los resultados más satisfactorios se obtienen con huevos incubados con la punta mas estrecha hacia abajo y con volteo en torno de su eje menor, normalmente con un ángulo es de 20 a 45° en relación con el eje horizontal.

Ventilación

La cáscara del huevo, las membranas de la cáscara y el corioalantoides sirven al embrión como órganos de intercambio de gases, mientras que la cámara de aire funciona de forma análoga a los espacios alveolares de los pulmones de los mamíferos. El intercambio gaseoso a través de los poros de la cáscara ocurre primariamente por difusión, es decir las diferencias de concentración de O₂ y CO₂ entre el ambiente y la sangre de los embriones. Por lo tanto, debemos proveer un ambiente compuesto por valores normales de 78% de nitrógeno, 21% de oxígeno y el 1% restante otros gases como el dióxido de carbono, argón, neón, helio, hidrógeno, otros gases y vapor de agua.

Sin considerar los estadios iniciales de desarrollo, los embriones utilizan O₂ en su metabolismo y liberan CO₂, volviéndose dependientes de la calidad del aire que está a su alrededor. Embriones más jóvenes tienen menos tolerancia al CO₂ que los embriones de mayor edad. El nivel de tolerancia parece ser lineal desde el primer día de incubación hasta el día 21. Durante los primeros 4 días en la incubadora, el nivel de tolerancia a CO₂ es 0.3%. Los niveles de dióxido de carbono mayores de 0.5% en la incubadora reducen la incubabilidad, con reducciones significativas al llegar al 1.0%. La mortalidad total del embrión ocurre al 5.0% de CO₂. Los pollitos que están naciendo producen más CO₂ que los embriones en los huevos, y el nivel de tolerancia en la nacedora es del 0.75%.

