



CAUSAS DE DESVÍOS NORMALES DEL PROCESO DE INCUBACIÓN: PRINCIPALES PATOLOGÍAS

CAUSES OF NORMAL DEVIATIONS FROM THE INCUBATION PROCESS: MAIN PATHOLOGIES

①MANUEL COLAS CHAVEZ¹, ②EDMUNDO PÉREZ RODRÍGUEZ¹, ③GABRIEL GORRÍN ARMAS²

¹Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Agraria de La Habana (UNAH), San José de Las Lajas. Mayabeque, Cuba

²Centro de Estudios Parasitológicos y de Vectores (CEPAVE) (UNLP-CONICET) Buenos Aires, Argentina.

*Autor para la correspondencia: E-mail: olimpia731026@gmail.com

Resumen

El objetivo de esta revisión es actualizar las causas del desvío de los valores normales y las principales patologías de la incubación, según los resultados de la embriodiagnóstico. El éxito de la incubación artificial de los huevos depende de varios factores, tanto en la granja de reproductores como en la planta de incubación. En la granja, factores como la nutrición, el manejo sanitario, la reproducción, las ganancias de peso y la uniformidad, el manejo del huevo fértil y su traslado a la planta de incubación, con la aplicación de buenas prácticas, son cruciales para asegurar un adecuado porcentaje de incubabilidad. En la planta de incubación, el almacenamiento e incubación deben seguir los fundamentos básicos de temperatura, humedad, ventilación y volteo. Estos factores pueden ocasionar desviaciones en los valores normales del proceso de incubación, tales como: huevos infériles, huevos cascados, gravedad específica, huevos contaminados, mortalidad embrionaria en las fases I, II y III, picados no nacidos y malformaciones. Además, la presentación de patologías perinatales, conocidas como pollitos de descarte o de segunda, afecta la productividad de una planta de incubación. Esto incluye no solo los pollitos que no lograron eclosionar, sino también aquellos que nacen, pero no son viables en el sistema de producción.

Palabras clave: embriodiagnóstico, huevo, granja de reproductores, muerte embrionaria

Abstract

The objective of this review is to update the causes of deviations from normal values and the main pathologies of incubation, according to the results of embryodiagnosis. The success of artificial egg incubation depends on several factors, both on the breeding farm and in the hatchery. On the farm, factors such as nutrition, health management, reproduction, weight gain and uniformity, handling of fertile eggs, and their transport to the hatchery, with the application of good practices, are crucial to ensure an adequate hatchability rate. In the hatchery, storage and incubation must follow the basic principles of temperature, humidity, ventilation, and turning. These factors can cause deviations in the normal values of the incubation process, such as: infertile eggs, cracked eggs, specific gravity, contaminated eggs, embryonic mortality in phases I, II, and III, unhatched pips, and malformations. Additionally, the occurrence of perinatal pathologies, known as discard or second-grade chicks, affects the productivity of a hatchery. This includes not only chicks that did not hatch but also those that hatch but are not viable in the production system.

Keywords: embryodiagnosis, egg, breeding farm, embryonic mortality

Recibido: 26 de noviembre de 2024

Aceptado: 28 de noviembre de 2024

Conflictos de intereses: Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

Contribución de los autores: Manuel Colas Chavez: **Conceptualización, Escritura - borrador original, Redacción, revisión y edición.** Edmundo Pérez Rodríguez: **Visualización, Redacción: revisión y edición.** Gabriel Gorrín Armas: **Visualización, Redacción: revisión y edición.** Los autores participaron en el análisis de la parte especial. Los autores participaron en la discusión de los resultados, leyeron, revisaron y aprobaron el texto final.



Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0). <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



Introducción

El éxito de la calidad final de los pollitos durante y al final de la incubación está determinada por la identificación de indicadores sub-óptimos de las técnicas de diagnóstico, la ovoscopía y la embriodiagnóstico, los procedimientos de control del proceso desde la puesta en la granja de crianza hasta la eclosión, la recopilación de información sobre infertilidad, incubabilidad, el tiempo y la naturaleza de las pérdidas de embriones. Estos indicadores constituyen una parte importante del programa de control de calidad en las plantas de incubación. Permiten sugerir prácticas alternativas de gestión dentro del proceso y adaptar las rutinas de control de calidad para monitorear los resultados de cualquier cambio que se realice. Además, ayudan a prevenir la recurrencia de los mismos problemas (Macari *et al.*, 2015).

El aumento de la mortalidad embrionaria (ME) durante la incubación se atribuye a cambios en el funcionamiento fisiológico y del desarrollo embrionario por causas genéticas y ambientales. Por lo tanto, definir el comportamiento de la ME permite tener una base para medir un parámetro clave en incubación y ejercer control ante la evidencia de cambios anormales y condiciones adversas que puedan alterar cada una de las etapas de desarrollo embrionario. Esto resulta esencial para implementar medidas correctivas y enfrentar las pérdidas de incubabilidad por infertilidad y mortalidad embrionaria temprana, intermedia y tardía (Abril, 2020).

Otro elemento a destacar es que, dentro de la sistematización, no sólo se debe considerar el grado de desarrollo embrionario, durante el cual cronológicamente el embrión presenta un problema durante la incubación, sino que es fundamental la categorización de las causas de fracaso del desarrollo embrionario y su comparación con los registros históricos, con los que se cuenta en la planta de incubación para lotes similares de huevo fértil (Juárez, 2014). Estos datos referido anteriormente, se deben vincular principalmente con lo referido por Ross (2010), con respecto

a los aspectos intrínsecos del origen del huevo fértil, como son: la estirpe de las gallinas reproductoras, su edad, el manejo reproductivo efectuado, tipo de alimentación, peso del huevo, calidad del cascarón, y con los aspectos extrínsecos tales como: la época del año y el manejo especializado de los huevos, como son: la recolección, desinfección, transporte y almacenamiento del huevo fértil.

El presente trabajo tiene como objetivo actualizar parte del conocimiento publicado hasta el momento de las causas de desvío de los valores normales de la incubabilidad, desarrollo embrionario y de las patologías de la incubación que constituiría un material de consulta para los estudiantes de pregrado, posgrado y profesionales que laboran en plantas de incubación.

Desarrollo

1. Características generales de la cadena productiva

Es importante destacar que a lo largo de la cadena de producción en una planta de incubación se llevan a cabo una serie de procesos (Fig. 1) que inician en dicha planta con el almacenamiento de los huevos en el cuarto frío a una temperatura entre 16 a 20 °C por un periodo máximo de 7 días según la demanda de la industria avícola y de la planta de incubación. A continuación, se realiza la selección y clasificación de los huevos por tamaño, forma y limpieza. Posteriormente los huevos se cargan en las máquinas incubadoras encargadas de simular las condiciones ambientales en las que las gallinas incubarán sus huevos naturalmente (Yerpes, 2020).

Las incubadoras artificiales controlan los parámetros óptimos de temperatura (37 °C), humedad (83.6 - 84 %) y volteo que permiten el desarrollo fisiológico de los embriones. Antes de iniciar el perfil de incubación se debe llevar a cabo un atemperado de máximo 12 horas a 24 -27 °C para evitar un choque térmico y la condensación de los huevos (van der Pol *et al.*, 2013).



Fig. 1. Flujo del proceso productivo en la planta de incubación

La temperatura puede tener un efecto divergente o bifásico durante el curso de la incubación. El aumento de la temperatura inicialmente acelera el crecimiento embrionario y la utilización de nutrientes y energía de la yema y la albúmina, pero a medida que avanza la incubación, la exposición a altas temperaturas constantes disminuye el crecimiento embrionario (Noiva *et al.*, 2014).

Es necesario disminuir el nivel de temperatura durante los últimos 2 a 3 días de incubación, es decir, que este indicador ambiental se ajusta según las etapas de incubación, ya que es un momento donde la tasa de calor metabólico del embrión es alta, lo que la disminución de la temperatura estimula el consumo de los nutrientes acelerando el metabolismo y el desarrollo en los embriones. Uno de los subproductos del metabolismo que ocurre durante la incubación es el agua y que el embrión debe eliminar el exceso de este nutriente para poder eclosionar (Wijnen *et al.*, 2021).

Durante la incubación un huevo pierde peso debido a la evaporación de agua, esto es esencial para crear una suficiente cámara de aire que permita la ventilación pulmonar embrionaria después del picado interno y así lograr una exitosa eclosión. Una alta tasa de eclosión se alcanza cuando existe una pérdida de agua del 12 al 14 % del peso del huevo al momento de incubar hasta el momento de la transferencia (Barbosa *et al.*, 2012).

Las fluctuaciones de temperatura se deben evitar durante el transporte y almacenamiento de los huevos. La disminución de la temperatura debe ser gradual desde la granja de reproductores hasta el cuarto frío en la planta de incubación. Se debe manejar la transición en la temperatura de precalentamiento de los huevos (de 24 -27 °C “75-80 °F”) desde el cuarto frío hasta la incubadora para evitar un choque térmico del embrión y una condensación en la cáscara. De esta manera, todos los huevos lograrán alcanzar la temperatura deseada uniforme (van der Pol *et al.*, 2013). Un precalentamiento desuniforme aumenta la variación del tiempo de los nacimientos (Llamuca *et al.*, 2024).

Schmidt (2003) señala que existen dos términos importantes a tener en cuenta en el proceso de la incubación y que determinan el éxito de la misma: incubabilidad y desarrollo embrionario. La incubabilidad en el escenario comercial, es el porcentaje de pollitos viables de primera calidad que son aptos para la crianza. Se calcula realizando una división entre el total de pollitos viables y total de huevos cargados en la incubadora. Este porcentaje de incubabilidad está influenciado por factores como la responsabilidad de las granjas de reproductores desde la ovoposición hasta la eclosión en las plantas de incubación.

Otro elemento clave a tener presente, según Sandoval *et al.* (2005) es el desempeño de los polluelos durante la primera semana en la granja de reemplazo especialmente los niveles de mortalidad y los pesos corporales. Aunque el rendimiento de los pollitos puede estar dado por el manejo en la granja y el impacto inicial de los procedimientos en la

planta de incubación a menudo se subestima y también debe considerarse cuando surgen problemas.

Kuurman *et al.* (2003) destacan que, en el caso del desarrollo embrionario, se practica la embriogénesis de aves en un ambiente relativamente protegido. Este entorno puede manipularse bien en aves domésticas como *Gallus gallus* (pollitos) donde la incubación ha sido durante mucho tiempo un proceso comercial. El proceso de desarrollo embrionario comienza en el oviducto y alcanza la etapa de desarrollo blastodérmico y / o gastrulación en la oviposición.

Los embriones de aves pueden verse afectados por los "efectos maternos" y por las condiciones ambientales durante los períodos de preincubación e incubación. En general, los efectos maternos sobre la progenie incluyen un componente tanto genético como ambiental representado por la deposición de hormonas de la yema y la utilización de nutrientes embrionarios. Estos efectos tienen un impacto significativo en el desarrollo de una amplia gama de rasgos de progenie (Reijirink *et al.*, 2008).

La manipulación de la temperatura ambiental durante el período de almacenamiento del huevo, el precalentamiento y la incubación per se afecta significativamente el desarrollo del embrión, el progreso de la eclosión, la calidad del pollito en la eclosión y el desarrollo del pollito post-eclosión. Además, afectan la adquisición de termotolerancia al posterior desafío térmico post-eclosión (Tona *et al.*, 2007; Tona *et al.*, 2022).

2. Causas de desvío de los valores normales de la incubación

Entre las causas de desvío de los valores normales de la incubación, se destacan, los huevos infériles, los huevos cascados, la gravedad específica, huevos contaminados, la mortalidad embrionaria en las Fase I, II y III, los picados no nacidos y las malformaciones (Plano y Matteo, 2001).

2.1. Factores asociados a pérdidas de incubabilidad por infertilidad

Estos factores están relacionados generalmente a la granja.

Huevos infériles: si como resultado de la embriodiagnosis se determina que existe algún problema de fertilidad, se debe analizar el lote de reproductores en la granja de producción (Ross Tech, 2010).

Posibles causas (Plano y Matteo, 2001; Moya y Bermúdez, 2017; Souza *et al.*, 2021).

- Latrogenia: Hay muchos fármacos que afectan la fertilidad de los lotes. Debido a ello, los tratamientos hay que hacerlos con la supervisión de un médico veterinario. Se deben anotar en las planillas diarias de la granja todo tipo de tratamiento efectuado para poder luego tener información precisa al momento de presentarse un cuadro de infertilidad en la planta de incubación.

- Manejo de los machos: La infertilidad atribuida al manejo de los machos, se puede deber (Galíndez y Blanco, 2016) a:
 - Exceso o falta de la cantidad en proporción a las hembras.
 - Manejos individuales (ej. tratamientos contra el piojillo).
 - Estado general: Poco o excesivo peso. Malformaciones de los miembros inferiores o columna (ej. lordosis).
 - El cambio de machos: Cuando se hace esta práctica, hay que considerar un tiempo determinado para la formación del harén dentro del lote.
 - Pérdida de peso, traumatismos, pododermatitis, artritis y enfermedades como cólera y parasitos. Los machos pueden ser demasiado jóvenes o viejos para un determinado lote.
 - La falta de agua o la temperatura de la misma que nunca debe estar a menos de 7 °C ni exceder los 30 °C.
 - Temperatura ambiente: Los extremos de temperatura afectan a los animales. Con frío intenso las aves se amontonan para conservar el calor y los machos no trabajan, el calor produce una postración por descompensación.
 - Alimentación inadecuada: en calidad y cantidad.
 - Desbalance nutricional y/o deficiencias: la deficiencia de niacina puede ocasionar una falta total de nacimiento. La deficiencia de vitamina E afecta la fertilidad significativamente.
 - Alta densidad animal.
 - En el caso de las gallinas puede ser por:
 - Gallinas más jóvenes o más viejas, ocasiona aumento de la mortalidad embrionaria (Intriago et al., 2023)
 - La atrofia del ovario y del oviducto derecho y la presencia del oviducto izquierdo muy alargado (Gairal, 2019)
 - Gallinas excedidas de peso (FAO, 2019)

2.2. Factores asociados a pérdidas de incubabilidad por mortalidad temprana

Huevos cascados: son los que han sufrido una pequeña fisura o fractura en la cáscara no siempre fácil de observar. Durante el proceso de incubación perderán humedad y al momento de la embriodiagnóstico se observan prácticamente vacíos de contenido o con la albúmina más concentrada.

La causa de un alto índice de huevos cascados (Ricaurte, 2005; Nideou et al., 2019; Hashemi et al., 2020) se puede deber a:



Fig. 2. Huevos cascados. Se observan fisuras en huevos incubables.

- Manejo brusco de los huevos en la granja, inadecuado transporte (Fig. 2), mal manejo en la sala de huevos de la planta de incubación o bien durante la carga en las incubadoras.
- Hay huevos que se cascan al momento de la transferencia en los que se encuentra un embrión desarrollado, a veces injuriado y con las membranas secas (Fig. 3).

Mala calidad de la cáscara que predispone a roturas y va acompañado de un alto índice de huevos contaminados (por la permeabilidad de la cáscara a la penetración bacteriana). La mala calidad de la cáscara puede deberse a varias etiologías:

- Nutrición: Deficiencia de vitaminas o minerales (vitamina D, calcio).
- Enfermedades: bronquitis infecciosa, síndrome de baja de postura.
- Temperatura ambiente: los días de excesivo calor afectan la calidad de la cáscara,
- Tamaño del huevo: a mayor tamaño menor es la calidad de la cáscara.
- Edad de las gallinas: a mayor edad mayor tamaño del huevo.

Gravedad específica: Es una manera de medir la calidad de la cáscara que consiste en medir la densidad de los huevos a distintos gradientes de concentración de sal en agua (Plano y Matteo, 2001).

Procedimiento: En recipientes de veinte litros de capacidad cada uno, se coloca agua a la misma temperatura de los huevos que se analizarán. Se va agregando sal y midiendo con un densímetro (calibrado entre 1.065 y 1.100), de tal manera que quede un recipiente con una solución de una densidad de 1.065, otro de 1.070, otro de 1.075, y así sucesivamente de 5 en 5 hasta llegar a una solución salina de 1.100.

Se colocan 50 huevos en cada recipiente y se anota la cantidad de huevos que flota para cada densidad gravimétrica.

Las cantidades de huevos que flotan se multiplican por su densidad. A la sumatoria de estos resultados se las divide por la cantidad total de huevos analizados. Se obtiene así la densidad específica como promedio ponderado. Para un lote joven debe estar entre 1.080 a 1.090. A medida que baja la gravedad específica aumenta el índice de huevos cascados y contaminados.

Huevos contaminados: en el momento de la postura, el huevo está a temperatura corporal, la exposición ambiental lo enfria. Debido a esto, la masa interna disminuye de tamaño y forma la cámara de aire produciéndose un vacío que hace penetrar aire desde el exterior hacia el interior del huevo (por diferencia de presión). Esto favorece la entrada de bacterias a través de los poros de la cáscara, ya que la cutícula constituye la primera barrera para evitar la contaminación, pero como su espesor es muy variado no llega a ser una buena barrera.

Las bacterias involucradas en la contaminación de los huevos más comunes son: *Pseudomonas* spp., *Escherichia coli*, *Salmonella* spp. (Hashemi et al., 2020; Rezaee et al., 2021; Chevalier et al., 2017). Al momento de la embriodiagnosis muchos de los huevos ya han explotado en el proceso de la incubación, pero los que quedan en las bandejas de las nacedoras tienen un olor fétido y un color característico. La contaminación debida a hongos da un color verde azulino en el interior del huevo.

Plano y Matteo (2001) señalan que las causas de una contaminación de huevos pueden ser por densidad específica de los huevos, que se trató en la calidad de la cáscara de los huevos cascados anteriormente.

Para evitar una mayor penetración bacteriana la densidad debe ser de 1.090. Es necesario tener en cuenta el tiempo de permanencia del huevo en el nidal y si constituye un problema, se debe recolectar con más frecuencia. Se debe extremar la higiene, la limpieza y desinfección de los nidales y la cama en su interior. Lo antes mencionado es aplicable también para los huevos y manipulación de los mismos, depósitos de huevos incubables y el transporte. Se recomienda no incubar a los huevos de piso. manipulación de los huevos.

Mortalidad embrionaria temprana (Fase I)

Se relaciona con el manejo del huevo incubable (Ross Tech, 2010), (embrión de 50 000 células en plena división). Para detener el proceso de división celular desde la postura hasta que se coloca en la incubadora se debe enfriar a una temperatura 23.9 °C en el interior del huevo con la finalidad de que no afecte la vitalidad celular y que a su vez no la estimule, a esta marca térmica se le denomina “cero fisiológico” y a mayor tiempo de almacenaje menor deberá ser esa temperatura.

Entre las principales causas que están relacionadas con el manejo del huevo incubable (FAO, 2019;

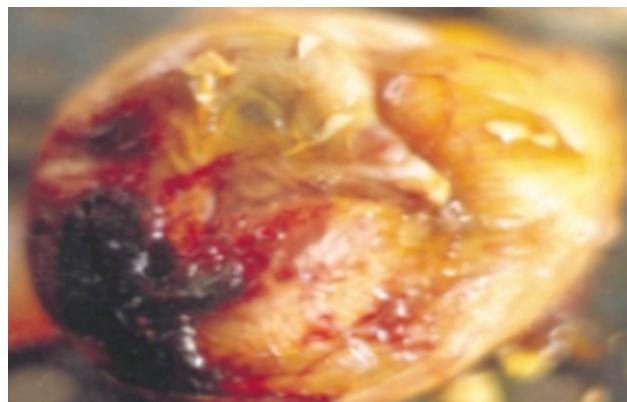


Fig. 3. Huevos cascados. Traumatismo del embrión, causado durante la transferencia. En huevos cascados durante la transferencia se encuentran las membranas resecas.

Hashemi et al., 2020; Jessen et al., 2021; Yerpes, 2020; McIlwaine et al., 2021) se pueden encontrar:

- Tiempo de almacenamiento del huevo: si al huevo se le almacena por más de cinco días, la incubabilidad disminuye entre 0.5 % a 1.0 % por día adicional.
- Condiciones de la sala de almacenamiento: se deben respetar la temperatura (18 °C) y humedad relativa (entre 70 y 75 %) de la sala de almacenamiento de huevos; ambos parámetros varían según el tiempo de almacenamiento de los huevos.
- Edad de la gallina: los huevos provenientes de gallinas viejas es conveniente incubarlos con menor tiempo de almacenamiento.
- Si éste debe ser mayor a los siete días, es mejor que sea de gallinas jóvenes, puesto que se mantiene la calidad del albumen.
- Permanencia del huevo en el nidal por tiempo prolongado: Si la temperatura es alta comienza allí el proceso de incubación, hasta pueden formarse las estructuras embrionarias anexas, si luego se le enfria en la sala de almacenamiento de huevos, el embrión detiene el crecimiento y muere indefectiblemente. En la embriodiagnosis se observan las estructuras anexas. Si el huevo se expone a temperatura muy alta o a radiaciones solares, la albúmina puede coagularse, al examinarlo se observan fácilmente los coágulos.
- Frío intenso: conduce a una mortalidad embrionaria precoz.
- Cambios bruscos de temperatura y/o humedad: provocan condensación de gotitas de agua en la superficie de la cáscara del huevo que favorecen la contaminación bacteriana.
- Desinfección de los huevos: Si se emplean productos contraindicados o altas dosis como el amonio cuaternario

a dosis superiores a 1000 ppm, aumenta la mortalidad embrionaria precoz. Cuando se emplean soluciones sobre la superficie del huevo hay que tener en cuenta la temperatura de la misma, para no provocar cambios bruscos de las condiciones físicas del embrión.

- Tiempo de almacenaje demasiado corto: se produce una mortalidad embrionaria temprana por una deficiente posición del embrión al momento de la incubación. En los primeros momentos de puesto el huevo, el blastodermo se encuentra en el centro del mismo. Durante el almacenamiento la yema gira hacia el polo superior quedando así el blastodermo correctamente ubicado.
- Precalentamiento: se deben seguir las instrucciones precisas para el precalentamiento, puesto que se deben ofrecer las correctas condiciones físicas del ambiente y uniformidad a toda la masa de huevos.
- Condiciones de la incubadora: afectan a los embriones la inadecuada temperatura, de ventilación y volteo.
- Calidad de la cáscara de los huevos.
- Deficiencia nutricional de la ración de reproductoras.
- Micotoxinas.
- Enfermedades del lote de reproductores: ej. Newcastle, micoplasmosis, difteroviruela.

Mortalidad embrionaria intermedia (Fase II).

La mortalidad embrionaria intermedia, según [Tona et al. \(2022\)](#) se puede deber a factores de la granja y de la planta de incubación:

- Cáscara del huevo muy delgada.
- Contaminación del huevo.
- Mala nutrición o estado sanitario de los reproductores.
- Deficiencia de riboflavina, vitamina B12 y D3.
- Cambios bruscos de la temperatura o de la ventilación en la incubadora.
- Volteo inadecuado o ausente.
- Baja temperatura o alta humedad en la incubadora.
- Falta de oxígeno o el exceso de dióxido de carbono, en la sala de incubación.

Mortalidad embrionaria tardía (Fase III).

[Sardá y Vidal \(2012\)](#), [van der Pol et al. \(2005\)](#), [Ehuwa et al. \(2021\)](#), [Cedeño \(2022\)](#) destacan las siguientes causas:

- Alta humedad o baja temperatura en el período de incubación: el embrión se encuentra muerto en un huevo con la cámara de aire muy reducida, los tarsos enrojecidos ([Fig. 4](#)), el pico sangrando, el tejido celular



Fig. 4. Pollito PNN, con edema en cuello. En el tejido subcutáneo se encuentra este trasudado gelatinoso por el esfuerzo para eclosionar.

subcutáneo edematoso, en la zona de la nuca del pollito puede haber un trasudado gelatinoso. El saco vitelino está muy abultado. Para completar el diagnóstico de esta situación se puede medir la pérdida de humedad de los huevos durante el período de incubación. Para ello, se pesan los huevos al momento de colocarlos en la incubadora y luego nuevamente en el momento de la transferencia. La pérdida de un 12 % del peso de los huevos es una medida correcta.

Esto asegura el intercambio gaseoso junto con el hídrico. El exceso de CO₂ en el embrión conduce a su muerte por acidosis. Los embriones que no llegan a morir en este período tampoco eclosionarán ya que la cámara de aire tan reducida los conduce a picar muy arriba y muchos morirán en ese intento.

- Alta temperatura o baja humedad durante la incubación ([Cedeño et al., 2022](#)): los embriones son más pequeños de lo habitual, puede haber pollitos muy secos y deshidratados. El saco vitelino está más reducido que lo normal. La pérdida de humedad durante los primeros 18 días es superior al 12 %. La tolerancia a la pérdida de humedad es mayor que a la poca pérdida.
- Embriones infectados por distintos agentes etiológicos.
- Alta humedad en la nacadora.
- Huevos enfriados excesivamente.
- Deficiencias: la deficiencia de biotina produce mortalidad embrionaria entre los 19 y 21 días de incubación. La deficiencia de vitamina D como origina mala calidad de la cáscara lleva a una gran pérdida de humedad, lo mismo sucede con una ración pobre en calcio. La falta de manganeso ocasiona extremidades cortas y plumón anormal en embriones encontrados sin eclosionar en este período. En la deficiencia de Zn, las aves carecen de rabadilla y de algunas partes del esqueleto. La sobredosis de selenio produce pollitos débiles.

Causas de desvíos normales del proceso de incubación: Principales patologías

- Temperatura muy alta en la nacedora.
- Falta de ventilación.

PNN: son pollitos que alcanzan a picar la cáscara del huevo en forma parcial y que no pueden eclosionar al momento del nacimiento. Entre las posibles causas [McIlwaine et al. \(2021\)](#), [Sandoval et al. \(2005\)](#), [Gast et al. \(2020\)](#), [Nolan et al. \(2020\)](#) señalan las siguientes:

- Inadecuada alimentación de las reproductoras.
- Enfermedad de los reproductores, colibacilosis, salmonelosis, micoplasmosis, encefalomielitis.
- Genes letales.
- Huevos colocados al revés.
- Huevos de cáscara delgada.
- Traumatismos durante la transferencia.
- Problemas con el volteo durante las primeras semanas de incubación.
- Humedad baja durante los veinte y veintiún días de incubación.
- Mala circulación de aire o alta concentración de CO₂ durante los 20 y 21 días de incubación.
- Transferencia muy tardía.

- Fumigación con exceso de formalina durante el picado de los huevos en la nacedora.
- Alta humedad o baja temperatura en el período de incubación: ver la discusión de este mismo tema en Mortalidad en la Fase III. La pérdida de humedad en el período de incubación es inferior al 12 %, los pollitos pican muy arriba del polo superior del huevo, se aprecia sangrado en el pico a raíz del esfuerzo, tienen los tarsos enrojecidos ([Fig. 5 L](#)).
- Registros de temperatura, o bien altos o bajos, por períodos cortos.

Malformaciones: son defectos morfológicos de los embriones ([Fig.5A - 5 Iii](#)), que afectan a un 0.3 % de la población y algunos pollitos llegan a nacer.

A. Se observa tres patas en un mismo miembro del embrión, se le denomina triplopodia. B. Duplicación del maxilar superior (1). C. Malformación del miembro inferior puesto que no se ha desarrollado el hueso largo del tarso, siendo el resto del embrión de características normales. D. Encefalocele (hernia del cerebro) es la más frecuente, de etiologías muy diversas, comúnmente el exceso de temperatura durante la incubación. E. Embrión cíclope, ambos ojos se fusionan en uno en la línea media, hallazgo poco frecuente. F. Anoftalmia (ausencia total de ojos).



Fig. 5. Malformaciones

G. Embrión dicéfalo, la duplicación es anterior o craneal. H. La duplicidad es posterior cuando las partes anteriores del cuerpo están normales, mientras que la parte posterior o caudal es doble. Ii. Embriones unidos o fusionados. El caso mostrado en esta foto se denomina cefalotoracopago (1). Iii. Cuando los embriones provienen de un mismo huevo o cigoto comparten el mismo vitelo, a diferencia de aquellos que se originan de un huevo de doble yema con distintos cigotos y que no poseen vitelo en común (2). J. malformaciones de las extremidades por traumatismos debido a las bandejas de las nacedoras, cinta transportadora, o cajas de pollitos, con los pisos muy lisos y resbaladizos. K. Los signos nerviosos al momento del nacimiento de etiologías variadas. L. Pollitos con la parte superior del pico sangrando por esfuerzos realizado durante la eclosión relacionado con la poca pérdida de humedad durante el período de incubación. M. Ombligo mal cicatrizado. N. Botones negros en el ombligo, mal cicatrizado, ya que partes del saco vitelino o tejidos extraembrionarios no se absorbieron completamente al momento de cerrarse el orificio umbilical. Ñ. Onfalitis. O. Granuloma por Aspergillus fumigatus. Nódulos en las serosas (1), en la masa encefálica (2), y en los pulmones (3), también pueden encontrarse tapones caseosos en los bronquios. P. Deshidratación y gota. El pollito que sufre deshidratación suele presentar un proceso de gota que puede ser articular (1) cuando los cristales de ácido úrico se depositan en las articulaciones o visceral, cuando afecta los órganos internos. Un signo característico de deshidratación de los pollitos es la observación de la vena metatarsiana (2). Q. Pollitos pegajosos, se puede deber a baja temperatura, alta humedad, ventilación inadecuada o a explosión de huevos en la nacedora. R. Pollitos con el plumón corto, seco y los ojos pegados; puede ser por temperatura alta, humedad baja, excesiva ventilación en la nacedora. S. Pollitos con infección bacteriana, las más frecuentes causadas por *E. coli*, y por *Salmonella* spp. Los pollitos presentan generalmente pericarditis (1). El saco vitelino se lo encuentra indurado o coagulado (2), siendo ésta una lesión más fácil de observar en pollitos que transcurren la primera semana de vida.

Causas de malformaciones (Plano y Matteo, 2001, Galíndez y Blanco, 2016):

- Factores hereditarios.
- Factores ambientales durante la incubación: Como los tejidos embrionarios tienen distinto cero fisiológico, al momento en que se produzcan los cambios de temperatura marcará determinado defecto según la etapa del desarrollo en que se encuentre el embrión. El exceso de calor produce encefalocele.
- Las deficiencias vitamínicas y minerales y sus efectos:
 - Riboflavina: dedos torcidos.
 - vitamina B2: pollitos con el pico superior hendido.
 - Biotina: pico de loro
 - vitamina B12: dedos torcidos y pico corto.
 - vitamina D3: anormalidades en el esqueleto del embrión
 - Manganeso: anormalidades en el esqueleto y pico de loro.
- Almacenamiento de los huevos por más de siete días.

La clasificación referida por Plano y Matteo (2001):

Embriones unidos o fusionados: se producen por división incompleta del embrión en dos partes durante el período de desarrollo de la línea primitiva (Fig. 1). Se trata en general de gemelos monocigóticos unidos.

Se utiliza el sufijo pago (que significa atado) a continuación del término que indica la región anatómica en que se produce la fusión, por ejemplo, si están unidos por el tórax, se los denomina toracopago. Si la fusión es por el abdomen, se lo denomina abdominopago. Los unidos por la región cefálica, cefalopago.

Duplicaciones: se presentan duplicaciones de las estructuras anatómicas del embrión. Cuando la duplicidad afecta regiones anteriores o craneales del embrión se le describe como: duplicidad anterior. Cuando se afecta la región posterior del embrión se le denomina: duplicidad posterior. A este tipo de malformaciones para denominarlas se les agrega el prefijo di, tri, tetra, agregado a la región anatómica involucrada. Por ejemplo, dicéfalo, cuando el embrión tiene dos cabezas. La duplicidad posterior se observa mayormente en los miembros, (ej. Triplopodia). El tipo de duplicidad anterior más frecuente es la duplicidad del pico en su valva superior.

Malformaciones del encéfalo: el encefalocele es la malformación más frecuente que se observa en el embrión de pollo y consiste en una hernia del tejido cerebral con o sin meninges producida por un exceso de temperatura durante la incubación afectando la formación de la bóveda craneal. Se puede encontrar tanto en embriones como en pollitos que han eclosionado.

Malformaciones oculares: 1. Ciclopía, se trata de embriones que tiene un solo ojo, hay una sola órbita ocular situada en la línea media, que puede contener un solo ojo normal o dos fusionados. 2. Anoftalmia, es la ausencia de los globos oculares producida por fallas en el crecimiento de la cúpula óptica y puede ir acompañado de malformaciones faciales (ej. malformación en la valva superior del pico).

Malformaciones de las extremidades: cuando es por ausencia de una parte de las extremidades del embrión

se escribe el defecto como prefijo y a continuación la palabra melia que significa miembro. Si el miembro está ausente: amelia. Si el miembro es menor al tamaño normal micromelia. Si los dedos son más cortos de lo normal braquidactilia, si los dedos estuvieran fusionados sindactilia.

3. Patología de la incubación (perinatal)

La patología perinatal se conoce como pollitos de descarte o de segunda que conllevan a la falta de productividad de una planta de incubación. Incluye no solo a los pollitos que no lograron eclosionar, sino también a aquellos que nacen pero que no son viables en el sistema de producción. A continuación, se relacionan las patologías:

Pollitos con el ombligo congestivo (Sardá y Vidal, 2005): Se produce por variaciones de temperatura, la mayoría de las veces por temperatura muy alta en las etapas previas al nacimiento. Puede tratarse de onfalitis.

Pollitos con el ombligo mal cicatrizado (Marvin, 2021): Sucede cuando la temperatura entre los 11 y 18 días de incubación fue demasiado alta o bien por elevada humedad que no permite que las membranas se contraigan al momento de la absorción del vitelo.

Pollitos con botones negros en el ombligo (Sardá y Vidal, 2005): Esto se debe a que parte del saco vitelino y tejidos extraembriónarios no pudieron ser correctamente absorbidos al momento de obturarse el orificio umbilical. Es el resultado de un desarrollo embrionario más rápido que la madurez esperada. Puede ocurrir por alta temperatura de incubación o por un rango metabólico más alto.

Pollitos con el ombligo sin cerrar (Ross Tech, 2010): Se debe a alta temperatura o a variaciones de la misma. También por elevada humedad de la nacedora.

Pollitos con onfalitis: Es una infección del ombligo que presenta los signos de la inflamación (Shahjada *et al.*, 2017): Se debe a la confluencia de dos factores:

- Por problemas de la incubación, tanto de temperatura como de humedad en la incubadora que llevan a una mala cicatrización del ombligo (Hussain *et al.*, 2019, Gualpa, 2022, Ameen *et al.*, 2017)
- Por la presencia de bacterias patógenas que producen una infección en el lugar, esto se controla al disminuir la contaminación de los huevos y con prácticas de higiene en la planta de incubación (Spackman y Stephens, 2016).

Pollitos pegajosos (Sardá y Vidal, 2005): Se debe principalmente a una temperatura promedio baja, alta humedad, ventilación inadecuada o explosión de huevos en la nacedora (por contaminación de los huevos).

Pollitos secos, con cascarones de huevo pegado: Se debe a baja humedad en el almacenamiento de huevos. Volteo inadecuado durante la incubación. Baja humedad en la nacedora (Plano y Matteo, 2001).

Pollitos muertos en las bandejas de las nacedoras, deshidratados y de tamaño menor al normal: Su causa es la pérdida de humedad más allá de lo esperado (pérdida de peso superior al 12 % en el período de incubación) en los primeros 18 días de incubación (Plano y Matteo, 2001).

Pollitos que jadean y hay heces frescas en las bandejas de la nacedora: Permanencia de los pollitos por tiempo prolongado en las nacedoras (Plano y Matteo, 2001).

Pollitos que nacen con defectos: Las causas de las malformaciones son muy variadas y ya se han tratado en el capítulo anterior, aquí solo se tratan los defectos de los pollitos nacidos (Plano y Matteo, 2001).

Tanto el volteo como la ventilación inadecuada tienen un papel importante en estas patologías (Intriago *et al.*, 2023).

La temperatura en el proceso de incubación debe ser tenida en cuenta, puesto que más allá del cero fisiológico de los distintos tejidos hay una secuencia en relación con el momento en que se produjo la falla térmica de la incubadora con respecto a la aparición de malformaciones (Plano y Matteo, 2001).

Pollitos despatarrados: Se debe principalmente al piso resbaladizo de las bandejas de las nacedoras y puede ser causado por baja humedad o por deficiencias nutricionales.

Pollitos con signos nerviosos: Es de etiología variada, puede ser originado tanto por causas genéticas como por causas nutricionales y ambientales (temperatura alta o humedad baja en la incubación). Si el porcentaje de pollitos con signos nerviosos es muy alto se puede corregir aumentando la humedad en la incubación, pero esto siempre es bueno comprobando la merma de peso de los huevos en ese período tal como se explica en el acápite 5. Ciertas enfermedades pueden causar signos nerviosos en los pollitos (ej. aspergilosis cerebral y encefalomielitis, comunes en la primera semana de vida del pollito en la granja de engorde).

Pollitos con hernia cerebral (encefalocele): Pueden existir distintas causas, pero mayormente se le relaciona con temperatura alta durante el período de incubación y en algunos casos por volteo incorrecto.

Pollitos que no se pueden parar: Por ventilación inadecuada, sobrecalentamiento, en algún momento de los 21 de incubación y alta humedad durante los primeros 19 días.

Pollitos deshidratados: Huevos cargados muy temprano. Baja humedad entre los 20 y 21 días de incubación. Pollitos que han permanecido en la nacedora por mucho tiempo.

Un signo característico de un pollito deshidratado es la sequedad de la piel de la pata y la visualización de la vena. También la gota o síndrome úrico que más bien es una patología de la primera semana del pollito relacionada con la deshidratación severa por baja humedad o alta temperatura en la nacedora, la sala de pollitos, por una permanencia excesiva en las nacedoras o en la planta. El ácido úrico precipita en forma de uratos tanto en las articulaciones causando la denominada gota articular como en los órganos internos (gota visceral).

Pollitos muy pequeños: Huevos cargados de poco peso y tamaño. Baja humedad de almacenamiento e incubación. Alta temperatura de incubación.

Pollitos muy grandes con el abdomen abultado y blando (fofos): Bajo promedio de temperatura. Mala ventilación de la nacedora o incubadora. Alta humedad sobre todo en el período de la incubadora.

Pollitos débiles: Alta temperatura en la nacedora. Mala ventilación. Fumigación excesiva con formalina en la incubadora. Mal estado nutricional o sanitario de los reproductores.

Pollitos con plumón corto seco y ojos pegados: Temperatura alta, humedad baja, exceso de ventilación en la nacedora.

Pollitos con la parte superior del pico sangrando y tarso rojos: Es cuando la pérdida de humedad del huevo durante la incubación ha sido baja y el pollito tiene que picar más arriba (la cámara de aire es más pequeña de lo normal) y la falta de absorción del saco vitelino aumenta el esfuerzo realizado.

Nacimientos prematuros: Debido a alta temperatura durante el almacenamiento de los huevos. Precalentamiento incorrecto. Alta temperatura de incubación o baja humedad en el nacimiento.

Nacimientos atrasados: Baja temperatura durante la incubación. Falta de precalentamiento. Almacenamiento de los huevos por tiempo prolongado y a bajas temperaturas. Huevos demasiado grandes.

Cascarones de huevo manchados con sangre en su interior: los pollitos salieron del huevo antes que sus ombligos cicatricen debido al trabajo de las nacedoras con alta temperatura.

Aspergilosis: Es una enfermedad del pollito recién nacido causada por *Aspergillus fumigatus*. La contaminación puede provenir del huevo, de todos los lugares con los que tuvo contacto y de la planta de incubación. La aspergilosis puede presentarse de diferentes formas:

- Aspergilosis bronquial: se caracteriza por boqueo, cianosis de mucosas, uñas y pico. A la necropsia se encuentra un tapón caseoso-amarillento que obtura la luz de los bronquios.

- Aspergilosis pulmonar: se encuentran nódulos amarillos en el parénquima pulmonar o en la serosa. En los casos más graves de esta enfermedad se pueden presentar en la masa encefálica.

Pollitos con pericarditis, coagulación del vitelo y congestión hepática: Se trata de una infección bacteriana. Conviene hacer un diagnóstico de laboratorio para la identificación de enterobacterias (*Salmonella* spp., *E. coli*) (Spackman y Stephens, 2016)

Conclusiones

En la presente reseña se demostró la importancia de las causas de desvío de los valores normales de la incubabilidad, del desarrollo embrionario y de las patologías de la incubación. Se identificaron los principales factores asociados a la infertilidad de los huevos y la mortalidad embrionaria temprana, intermedia y tardía a nivel de granja, almacenamiento y proceso básico de régimen de la planta de incubación. Se destacaron las malformaciones y patologías de la incubación determinadas por control biológico y embriodiagnosis como técnicas claves en su valoración con el objetivo de tomar acciones correctivas en el lote de reproductores y en la planta de incubación.

Referencia

- Abril, G. H. (2020). Determinación de pérdidas de incubabilidad mediante ovoscopía y embriodiagnosis. Universidad de Cundinamarca. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Programa de Zootecnia Fusagasugá. 1-20.
- Ameen, A. M., Mustafa, S. O., Hassan, D. R. & Rajab, D. A. (2017). The Effect of Aspergillus Fungi, Other Fungus, and Isolated *Salmonella* and *E. coli* Bacteria on Poultry Farms and Poultry Hatcheries at Veterinary Laboratory in Veterinary Directorate in Duhok, Kurdistan Region of Iraq. *EC Microbiology* 5.2, 52-58.
- Barbosa, V. M., Rocha, J.S.R., Pompeu M. A., Martins, N. R. S., Baiâ, N. C., Lara, L. J. C., Batista, J.V. M. S.P. & Leite, R.C. (2012). The effects of relative humidity and turning in incubators machines on the incubation yield and chick performance. *World's Poultry Science Journal*, 69, 89-98. ISSN: 0043-9339 DOI: <https://doi.org/10.1017/S0043933913000081>.
- Cedeño, O. (2022). Efecto del manejo en edad de reproductoras y temperatura de incubación sobre ventana de nacimiento y calidad del pollito BB. *Repositorio Digital ESPAM*, 1 (1), 68.
- Chevalier, S., Bouffartigues, E., Bodilis, J., Maillot, O., Lesouhaitier, O., Feuilloley, M.G. J., et al. (2017). Structure, function and regulation of *Pseudomonas aeruginosa* porins. *FEMS Microbiol. Rev.*, 41, 698-722. doi:[10.1093/femsre/fux020](https://doi.org/10.1093/femsre/fux020)

- Ehuwa, O., Jaiswal, A. K. & Jaiswal, S. (2021). Salmonella, food safety and food handling practices. *Foods*, 10, 907.
- FAO. (2019). Función de las aves de corral en la nutrición humana. *Revisión de desarrollo avícola*, 2 (1), 136.
- Gairal M., N. (2019). Fisiología de la puesta de la gallina. Veterinaria Digital. 3(1): Disponible en: <https://www.veterinariadigital.com/articulos/fisiologia-de-la-puesta-de-la-gallina/> [Consultado 20.10.2024].
- Galíndez, R y Blanco, F. (2016). Eclosión, muerte embrionaria y calidad de pollitos en cuatro razas de gallinas reproductoras venezolanas. *Revista Científica*, 27 (1), 56-61.
- Gast, R. K. & Porter, R. E. Jr. (2020). Salmonella infections. In: Swayne DE, Boulianne M, Logue SM, et al, eds. *Diseases of Poultry*. 14th ed. Wiley; 719-753.
- Gualpa, Á. (2022). Parámetros básicos de incubación para asegurar la eclosión en los huevos de gallina. *Repositorio Universidad Técnica de Babahoyo*, 1 (1): Disponible en: <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/13262>. [Consultado 24.10.2024].
- Hashemi, S., Ghalyanchilangeroudi, A., Hosseini, S. M. & Sheikhi, N. (2020). Comparative trachea transcriptome analysis between avian infectious bronchitis virus and avian pathogenic *E. coli* individual infection and co-infection in SPF chickens. *Acta Virol.*, 64, 457-469.
- Hussain, A., Bilal, M., Habib, F., Gola, B.A., Muhammad, P., Kaker, A., Yousaf, A. & Khalil, R. (2019). Effects of low temperature upon hatchability and chick quality of ross-308 broiler breeder eggs during transportation. *Online Journal of Animal Feed Research*, 9 (2), 59-67.
- Intriago, M. V. A., Cedeño, R. O. A., Hurtado, E. A. & Rivera, F. R. D. (2023). Manejo en edad de reproductoras y temperatura de incubación sobre ventana de nacimiento y calidad del pollito BB. *Ciencia UNEMI*, 16 (43), 24-34.
- Jessen, C. T., Foldager, L. & Riber, A. B. (2021). Effects of hatching on-farm on behaviour, first week performance, fear level and ran geuse of organic broilers. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 238:105319
- Juárez EMA. Embriodiagnóstico. Evaluación casuística del fracaso en el desarrollo embrionario durante el proceso de incubación. Parte I. Los Avicultores y su entorno Nº 84, BM Editores. Departamento de Producción Animal: Aves FMVZ-UNAM. [<http://www.produccion-animal.com.ar>] 2014. [Consultado 21 septiembre de 2024].
- Kuurman, W. W., Bailey, B.A., Koops, W. J. and Grossman, M. (2003). A model for failure of a chicken embryo to survive incubation. *Poultry Science*, 82 (2), 214-222.
- Llamuca, L., Llamuca, M. & Intriago, V. (2024). Efecto de la edad de gallinas reproductoras en la incubabilidad y calidad del pollito bb: Una revisión. *Revista Científica Arbitrada en Investigaciones de la Salud. "GESTAR"*, 7 (14), 184-204.
- Macari, M., González, E., Sales, Patricio I, Alencas Nääs I, Martins P. (2015). Manejo de la incubación. Capítulo: Embriodiagnóstico y patología perinatal. 3ed. FACTA (Brasil). p 265.
- Marvin, A. (2021). Absorción de saco vitelino. Avinews. Disponible en: <https://avinews.com/absolucion-de-saco-vitelino/>. [Consultado 18 septiembre de 2024].
- McIlwaine, K., Law, C. J., Lemon, K., Grant, I. R. & Smyth, V. J. (2021). A Review of the Emerging White Chick Hatchery Disease. *Viruses*, 13 (12), 2435.
- Nideou, D., N'nanle, O., Kouame, Y. A. E., Chrysostom, C., Gbeassor, M., Decuyper, E. et al. (2019). Effect of High Temperature during First and Second Halves of Incubation on Layer Chicken Embryo Physiology. *Int. J. Poult. Sci.*, 18 (12), 626-633. doi: [10.3923/ijps.2019.626.633](https://doi.org/10.3923/ijps.2019.626.633)
- Noiva, R., Menezes, A. & Peleteiro, M. (2014). Influence of temperature and humidity manipulation on chicken embryonic development. *BMC Vet Res.*, 10 (234), 1-10. doi: [10.1186/s12917-014-0234-3](https://doi.org/10.1186/s12917-014-0234-3)
- Nolan, L. K., Villancourt, J. & Barbieri, N.L. (2020). Colibacillosis. In: Swayne DE, Boulianne M, Logue SM, eds. *Diseases of Poultry*. 14th ed. Wiley. 770-830.
- Reijirink, I. A. M., Meijerhof, R., Kemp, B., Van Den Brand, H., Arora, K. L., Kosin, I. L. et al. (2008). The chicken embryo and its micro environment during egg storage and early incubation. *Worlds Poult Sci. J.*, 64 (04), 581-598.
- Rezaee, M. S., Liebhart, D., Hess, C., Hess, M. & Paudel, S. (2021). Bacterial Infection in Chicken Embryos and Consequences of Yolk Sac Constitution for Embryo Survival. *Infectious Disease*, 58 (1), 71-79.
- Ricaurte, G. S. L. (2005). Embriodiagnóstico y ovoscopia. Análisis y control de calidad de los huevos incubables. *Revista Electrónica de Veterinaria. REDVET*, VI (3): Disponible en: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet> [Consultado 24.10.2024].
- Moya R., J. y Bermúdez C., A. I. (2017). Factores que afectan la incubabilidad de huevo fértil en aves de corral. *Nutrición Animal Tropical*, 11 (1), 16-37.
- Ross Tech. (2010). Investigación de las prácticas de incubación. Aviagen. 1-39.
- Sandoval, A., Yuño, M., Bakker, M. L., Rodríguez, E. & Beretta A. (2005). Aplicación de la embriodiagnóstico para evaluar la eficiencia de la planta de incubación de parrilleros en una empresa avícola comercial en la Argentina. *RIA*, 34 (2), 75-89.
- Sardá J., R. & Vidal P., A. (2012). Patología de la incubación. Instituto de Investigaciones Avícolas, La Habana, Cuba. Disponible en: https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_aves/produccion_avicola/22-patologia_de_la_incubacion.pdf [Consultado 18 septiembre de 2024].
- Sardá, R. y Vidal A. (2005). Pérdidas durante el proceso de incubación de los huevos. Portal Veterinaria.

- Disponible en: <https://www.portalveterinaria.com/avicultura/articulos/2806/patologia-de-la-incubacion.html> [Consultado 18 septiembre de 2024].
- Shahjada, Z., Khalid, H., Monowarul, I., Majumder, S., Hasan, I., Rahman, M. et al. (2017). Bacteria causing omphalitis in newly hatched chicks from broiler and layer flocks and their antibiotic profiles. *Int J Nat Soc Sci.*, 4 (2), 73-81.
- Spackman, E. & Stephens, C. (2016). Virus isolation and propagation in embryonating eggs. In: Eilliams SM, ed. A Laboratory Manual for the Isolation, Identification and Characterization of Avian Pathogens. 6th ed. American Association of Avian Pathologists. 361-367.
- Tona, K., Voemesse, K., N'nanlé, O., Oke, O. E., Kouame, Y. A. E., Bilalissi, A. et al. (2022). Chicken Incubation Conditions: Role in Embryo Development, Physiology and Adaptation to the Post-Hatch Environment. *Front. Physiol.*, 13, 895854.
- Tona, K., Onagbesan O., Bruggeman, V., De Smit, L., Figueiredo, D. & Decuypere, E. (2007). Non-ventilation during early incubation in combination with dexamethasone administration during late incubation: 1. Effects on physiological hormone levels, incubation duration and hatching events. *Domestic Animal Endocrinology*, 33 (1), 32-46.
- van der Pol C. W., van Roovert-Reijirink, I. A. M., Maatjens, C. M., van den Brand, H. & Molenaar R. (2013). Effect of relative humidity during incubation at a set eggshell temperature and brooding temperature posthatch on embryonic mortality and chick quality. *Poultry Science*, 92, 2145-2155.
- Wijnen, H. J., van der Pol, C. W., van Roovert-Reijirink, I. A. M., De Smet, J., Lammers, A., Kemp, B. et al. (2021). Low incubation temperature during late incubation and early feeding affect broiler resilience to necrotic enteritis in later life. *Front. Vet. Sci.*, 8, 1-16.
- Yerpes R., M. (2020). Factores de riesgo asociados con la mortalidad de los pollos de engorde durante la primera semana de vida. Repositorio Universitat Autònoma de Barcelona. 1 (1), 137.