

## Incubación de huevos de pavo: efecto del método de desinfección y edad de la reproductora

Incubation of turkey eggs: effect of disinfection method and breeder age

Stefanie Medina R.<sup>1</sup>, Carlos Salvador A.<sup>1</sup>, Yaneline Hidalgo V.<sup>2\*</sup>,  
Carlomagno Velásquez V.<sup>1</sup>

### RESUMEN

El objetivo del estudio fue analizar la influencia del método de desinfección de huevos y edad de la reproductora sobre los parámetros de incubación en una granja reproductora de pavos. Se evaluaron dos métodos de desinfección: T1, fumigación con gas formaldehído (8 g/m<sup>3</sup>) y T2, humectación con una solución de glutaraldehído + amonio cuaternario (4 ml/l de agua), que se aplicaron a huevos incubables provenientes de dos lotes de pavas de la raza B.U.T de 51 a 57 semanas de edad. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con arreglo factorial 2x7. Se determinaron los parámetros de incubabilidad, nacimientos, mortalidad y descarte. El método de desinfección influyó en el descarte de pavitos nacidos ( $p < 0.05$ ), donde T1 logró menor descarte (3%) respecto al T2 (3.8%). No se encontraron diferencias significativas en la incubabilidad, nacimientos y mortalidad entre métodos de desinfección. El incremento de la edad de la reproductora generó una disminución significativa ( $p < 0.05$ ) en la incubabilidad y el descarte e incrementó ( $p < 0.05$ ) el porcentaje de mortalidad, pero no influyó sobre los nacimientos. Se concluye

<sup>1</sup> Escuela Profesional de Ingeniería Zootécnica, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho, Perú

<sup>2</sup> Departamento Académico de Producción Animal, Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú

\* E-mail: [yanihiva@gmail.com](mailto:yanihiva@gmail.com) / [yhidalgov@unmsm.edu.pe](mailto:yhidalgov@unmsm.edu.pe)

Recibido: 27 de mayo de 2022

Aceptado para publicación: 9 de enero de 2023

Publicado: 27 de febrero de 2023

Los autores. Este artículo es publicado por la Rev Inv Vet Perú de la Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) [<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>] que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada de su fuente original

que el método de desinfección sólo influyó en la tasa de descarte, mientras que la edad de las reproductoras influyó en la incubabilidad, mortalidad y descarte, pero no sobre los nacimientos de pavitos.

**Palabras clave:** amonio cuaternario, formaldehído, glutaraldehído, incubabilidad, parámetros de incubación

## ABSTRACT

The aim of the study was to analyze the influence of the egg disinfection method and breeder age on incubation parameters in a turkey breeder farm. Two disinfection methods were evaluated: T1, fumigation with formaldehyde gas (8 g/m<sup>3</sup>) and T2, wetting with a glutaraldehyde + quaternary ammonium solution (4 ml/l of water), which were applied to hatching eggs from two batches of B.U.T breed turkeys from 51 to 57 weeks of age. A completely randomized block design with a 2x7 factorial arrangement was used. Hatchability, birth, mortality and discard parameters were determined. The disinfection method influenced the culling of hatched poults ( $p < 0.05$ ), where T1 achieved less culling (3%) compared to T2 (3.8%). No significant differences were observed in hatchability, births and mortality between disinfection methods. The increase in the age of the breeder generated a significant decrease ( $p < 0.05$ ) in hatchability and culling and increased ( $p < 0.05$ ) the percentage of mortality but did not influence births. It is concluded that the disinfection method only influenced the culling rate, while the age of breeders influenced hatchability, mortality and culling, but not poult births.

**Key words:** quaternary ammonium, formaldehyde, glutaraldehyde, hatchability, incubation parameters

## INTRODUCCIÓN

La producción de pavitos es fundamental para optimizar el proceso productivo en los diferentes eslabones de la cadena avícola. En este aspecto, uno de los puntos críticos es el manejo de los huevos incubables. La contaminación bacteriana del huevo repercute en el porcentaje de nacimientos y afecta la calidad de las aves (García, 2013), siendo uno de los principales problemas que se observa en las plantas de incubación (Tebrün *et al.*, 2020).

Los productos más utilizados para la desinfección de huevos incubables de pavos son el gas de formaldehído y el glutaraldehído + amonio cuaternario cuya aplicación es lí-

quida (Diomedi *et al.*, 2017). La eficacia biocida del formaldehído se debe a su acción sobre las proteínas y ácidos nucleicos de los microorganismos, formando puentes de metileno estables y enlaces cruzados intermoleculares (Jabbar *et al.*, 2020). Cuando el formaldehído se usa en la dosis adecuada (600 mg/m<sup>3</sup> durante 20 min a 21 °C) no se presentan alteraciones en los parámetros de incubación (Cadirci, 2009). Sin embargo, el uso de este gas viene siendo cuestionado por su potencial efecto cancerígeno en el hombre, habiéndose prohibido su empleo en algunos países (Coggon *et al.*, 2003; Johnson, 2018). Esto ha demandado la búsqueda de un desinfectante alternativo sin mayor éxito. Se han evaluado desinfectantes halogenados y oxidantes que eliminan las bacterias de la cáscara del huevo, pero resultan ser tóxicos

para los embriones (Style *et al.*, 2017), de allí que se sigue utilizando el formaldehído en la desinfección de huevos incubables por su mayor eficiencia para eliminar los patógenos a un bajo costo (Emtech, 2020).

Por otro lado, el glutaraldehído es un dialdehído que en solución acuosa es ácido, siendo necesario su alcalinización para activar su poder esporicida (Bennett, 2020). Además, es menos tóxico y más potente que el formaldehído. El glutaraldehído alcalino al 2% tiene acción bactericida, fungicida, viricida y esporicida, pero requiere 6 h de contacto para destruir esporas (Sánchez-Saldaña y Sáenz, 2005), aunque algunos estudios han reportado el efecto esporicida en menos de 3 h para *Bacillus* y *Clostridium* (Despain, 2016). Para Ernst (2004), otro excelente desinfectante para incubar huevos es el amonio cuaternario, el cual deja protección residual en los huevos, es seguro para el equipo, personal y tiene un costo razonable. El amonio cuaternario actúa sobre la pared celular de los agentes patógenos a través de la alteración de su permeabilidad, desnaturalización de algunas proteínas y afectando el metabolismo energético esencial para su proliferación (Diomedi *et al.*, 2017).

Además de la contaminación del huevo, la edad de la reproductora es otro factor que influye en los parámetros de incubación (Aviagen Turkeys, 2020). Así, en pavas de British United Turkeys (B.U.T) se observa una disminución gradual de la fertilidad y de nacimientos a partir de la semana 15. Asimismo, con el avance de la edad de postura se observa un incremento de huevos claros y embriones muertos antes de los ocho días de incubación, lo que finalmente afecta el proceso de incubación artificial (Vidal, 2015).

Ante esta situación, se requiere evaluar los factores que influyen sobre los parámetros de incubación para conocer el punto de quiebre, a partir del cual comienzan a disminuir los principales indicadores de eficiencia (Cristancho, 2014). Por tal motivo, el objeti-

vo de la investigación fue analizar la influencia de los métodos de desinfección de huevos y edad de la reproductora sobre los parámetros de incubación en una granja de pavos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Lugar del Estudio y Animales

La investigación se llevó a cabo en una granja reproductora de pavos ubicada al sur de Lima, Perú, entre marzo a mayo de 2019. Se evaluaron 397 894 huevos incubables de pavas reproductoras de la raza B.U.T. (British United Turkeys) pertenecientes a dos lotes que se encontraban con 51-57 semanas de edad que fueron criadas bajo un mismo sistema de manejo, alimentación y sanidad.

### Diseño Experimental

Se evaluaron dos métodos de desinfección: T1, fumigación con gas formaldehído en cabina y T2, desinfección líquida a base de glutaraldehído + amonio cuaternario. Los huevos incubables fueron distribuidos en dos grupos, según lote y semanas de edad (Cuadro 1). Los datos se analizaron con un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con análisis factorial 2x7 (2 métodos de desinfección y 7 grupos etarios), utilizando los lotes como factor de bloqueo.

El proceso de desinfección de huevos fue el siguiente: Los huevos fueron colectados, separando los huevos sucios de nido y piso. Para T1, los huevos limpios se colocaron en la cabina de desinfección, donde se colocó 8 g/m<sup>3</sup> de paraformaldehído en la cocinilla para la formación de gas formaldehído durante 20 min, controlando el tiempo con un temporizador. Finalmente, se procedió a la ventilación de la cabina. En T2, los huevos limpios fueron desinfectados con la ayuda de una esponja embebida con una solución de glutaraldehído y amonio cuaternario (3 ml/l de agua) a temperatura ambiente. Las es-

Cuadro 1. Número de huevos de incubables por lote, método de desinfección y edad de las pavas reproductoras

Edad de la reproductora (semanas)	Lote	Gas formaldehído (T1)	Glutaraldehído + amonio cuaternario (T2)	Total
51	207	19 734	17 388	37 122
52	207	16 836	14 214	31 050
53	207	15 870	15 594	31 464
54	207	13 800	9 522	23 322
55	207	12 282	10 902	23 184
56	207	19 044	14 628	33 672
57	207	16 146	17 388	33 534
51	208	9 690	19 596	29 286
52	208	11 040	14 490	25 530
53	208	15 180	21 114	36 294
54	208	8 566	8 970	17 536
55	208	15 042	24 840	39 882
56	208	11 454	12 282	23 736
57	208	8 280	4 002	12 282
Total		192 964	204 930	397 894

ponjas fueron cambiadas cada 10 huevos, lo cuales luego se colocaron en bandejas para su secado.

El modelo matemático fue  $Y_{ijk} = \mu + \theta_i + \alpha_j + \beta_k + (\alpha\beta)_{jk} + \epsilon_{ijk}$ , donde  $Y_{ijk}$  es el  $i$ -ésimo lote,  $j$ -ésimo nivel de edad de las reproductoras y el  $k$ -ésimo nivel de método de desinfección,  $\mu$  es la media poblacional.  $\theta_i$  es el efecto del  $i$ -ésimo N° de lote (bloque),  $\alpha_j$  es el efecto del  $k$ -ésimo método de desinfección.  $\beta_k$  es el efecto de la  $j$ -ésima edad de las reproductoras a la postura,  $(\alpha\beta)_{jk}$  es el efecto de la interacción entre método de desinfección y edad de las reproductoras a la postura, y  $\epsilon_{ijk}$  es el error experimental.

Los datos fueron registrados en una hoja de cálculo de MS Excel y analizados mediante el procedimiento de modelos lineales genera-

les (GLM) utilizando el programa SAS v. 9.4. Se determinó la significancia estadística mediante la comparación de las medias con la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 2 se muestra el efecto del método de desinfección y de la edad de las reproductoras sobre la incubabilidad de los huevos. El método de fumigación no fue un factor influyente, pero la edad de las reproductoras afectó significativamente ( $p < 0.05$ ) la incubación, mortalidad y descarte, aunque no influyó ( $p > 0.05$ ) sobre la tasa de nacimientos de los pavitos. Por otro lado, no se observó efecto del lote ni de la interacción entre método de desinfección y la edad de las reproductoras a la postura.

Cuadro 2. Estadísticos descriptivos de los parámetros de incubación de huevos de pavas reproductoras de 51-57 semanas de edad (Lima, Perú)

Factor	Niveles	Parámetros de incubación			
		Incubabilidad (%)	Nacimientos (%)	Mortalidad (%)	Descarte (%)
		Media ± d.e.	Media ± d.e.	Media ± d.e.	Media ± d.e.
Lote	207	90.4 ± 1.24 <sup>a</sup>	83.3 ± 1.19 <sup>a</sup>	9.2 ± 1.14 <sup>a</sup>	3.5 ± 1.15 <sup>a</sup>
	208	89.9 ± 1.35 <sup>a</sup>	83.1 ± 1.36 <sup>a</sup>	9.7 ± 1.27 <sup>a</sup>	3.3 ± 0.91 <sup>a</sup>
Método de desinfección	Gas (T <sub>1</sub> )	89.8 ± 1.18 <sup>a</sup>	83.2 ± 1.24 <sup>a</sup>	9.7 ± 1.11 <sup>a</sup>	3.0 ± 0.52 <sup>a</sup>
	Líquido (T <sub>2</sub> )	90.5 ± 1.38 <sup>a</sup>	83.2 ± 1.32 <sup>a</sup>	9.2 ± 1.28 <sup>a</sup>	3.8 ± 1.25 <sup>b</sup>
Edad a la postura (semanas)	51	90.8 ± 1.91 <sup>a</sup>	82.9 ± 0.88 <sup>a</sup>	8.8 ± 1.78 <sup>a</sup>	4.6 ± 1.93 <sup>a</sup>
	52	90.1 ± 1.65 <sup>ab</sup>	82.9 ± 1.89 <sup>a</sup>	9.4 ± 1.55 <sup>ab</sup>	3.4 ± 1.07 <sup>ab</sup>
	53	90.8 ± 0.63 <sup>a</sup>	84.3 ± 0.62 <sup>a</sup>	8.8 ± 0.58 <sup>a</sup>	3.3 ± 0.71 <sup>ab</sup>
	54	91.3 ± 0.49 <sup>a</sup>	84.4 ± 1.00 <sup>a</sup>	8.4 ± 0.47 <sup>a</sup>	3.7 ± 0.76 <sup>ab</sup>
	55	89.9 ± 0.77 <sup>ab</sup>	83.6 ± 0.96 <sup>a</sup>	9.7 ± 0.74 <sup>ab</sup>	3.1 ± 0.58 <sup>ab</sup>
	56	89.6 ± 0.43 <sup>ab</sup>	82.3 ± 0.14 <sup>a</sup>	9.9 ± 0.46 <sup>ab</sup>	3.0 ± 0.12 <sup>ab</sup>
	57	88.4 ± 0.18 <sup>b</sup>	81.9 ± 0.13 <sup>a</sup>	11.1 ± 0.23 <sup>b</sup>	2.7 ± 0.41 <sup>b</sup>

<sup>a,b</sup> Letras diferentes entre filas indican diferencias significativas según prueba de Tuckey (p<0.05)

### Método de Desinfección de Huevos

Se obtuvo 89.8 y 90.5% de incubabilidad para T1 y T2, respectivamente. En forma similar, Melo *et al.* (2019) compararon seis métodos de desinfección, incluyendo el gas formaldehído (5.03 g/m<sup>3</sup>) sin encontrar diferencias significativas en los parámetros de incubación. Otros autores obtuvieron porcentaje de incubabilidad entre 91 a 96% en huevo de gallina utilizando el gas formaldehído (Copur *et al.*, 2011; Badran *et al.*, 2018; Oliveira *et al.*, 2020; Tebrum *et al.*, 2020). No obstante, Guillermo (2005) solo logró obtener 74.69% de incubabilidad al utilizar formaldehído como método de desinfección de la cama.

El método de desinfección tampoco tuvo efecto significativo (p>0.05) sobre los nacimientos (83.23 y 83.15% de nacimientos para T1 y T2, respectivamente), resultados que se

encuentran cercanos al porcentaje de eclosión acumulado ideal de 83.7% para la raza B.U.T (Aviagen Turkeys, 2020). Guillermo (2005) reportó 81.3% de nacimientos, en tanto que Cristancho (2014) reportó 87.9 y 88.7% de nacimiento utilizando gas formaldehído y otro producto a base de glutaraldehído más amonio cuaternario, respectivamente. Menores resultados fueron obtenidos por Sacco *et al.* (1989) usando gas formaldehído y amonio cuaternario para desinfectar huevos de pavas, posiblemente como consecuencia de la mayor permanencia del formaldehído en la cáscara del huevo, que luego penetra en su interior, afectando la capacidad de eclosión (Banwell, 2014).

No se encontraron diferencias significativas en mortalidad entre T1 (9.7%) y T2 (9.2%), aunque estos valores son mayores a lo estipulado en el estándar de la raza B.U.T. de máximo 4.2% para pavas desde la sema-

na 21 de postura hacia adelante (Aviagen Turkeys, 2020). Guillermo (2005) obtuvo también 9.2% de mortalidad luego de fumigar con gas formaldehído. Sin embargo, Badran *et al.* (2018), Oliveira *et al.* (2020) y Tebrün *et al.* (2020) obtuvieron porcentajes de mortalidad de 2.75, 2.78 y 2.1%, respectivamente.

Se encontró diferencias significativas entre T1 (3.0%) y T2 (3.8%) de pavitos descartados, con resultados variables obtenidos por otros autores. Guillermo (2005) encontró 5.1% de descarte al desinfectar huevos con formaldehído, mientras que Copur *et al.* (2011) obtuvo 0.69%.

El gas formaldehído en una etapa temprana, tiene la capacidad de penetrar la cáscara del huevo y afectar las proteínas y ácidos nucleicos, inhibiendo el desarrollo embrionario; incluso la presencia de este gas al momento de la eclosión afecta las vías respiratorias (Hayretdag y Kolankaya, 2008; Cadirci, 2009). Asimismo, la reducción del grosor de la cáscara debido a la acción de desinfectantes podría comprometer la resistencia de esta estructura y provocar una mayor incidencia de roturas y/o penetración bacteriana durante la incubación, que afectaría la viabilidad embrionaria (Climaco *et al.*, 2018). Así, la mayor mortalidad observada en T1 y T2 no estaría relacionado al método de fumigación empleado, sino a otros factores presentes en el proceso de incubación tales como la temperatura, humedad, volteo y ventilación en los primeros días de incubación y la desinfección durante el transporte y almacenamiento (Hybrid, 2015).

Un factor importante que influye en la efectividad de los métodos de fumigación es la calidad de la cáscara del huevo. Conforme avanza la edad de las aves, los huevos son más grandes, pesados y de mayor superficie, reduciéndose la calidad de la cáscara, que se vuelve más frágil y porosa (Park y Sohn, 2018; Peria *et al.*, 2022), por tanto, la fumigación puede tener efectos diferentes de acuerdo a la edad de la parvada (Cadirci,

2009; Vásquez, 2018). Cadirci (2009), asimismo, señala que los huevos pequeños absorben una cantidad relativamente mayor de fumigante en comparación a los huevos grandes; es decir, están expuestos a una dosis más alta de fumigante cuando el gas penetra la cáscara. Bruzual *et al.* (2000), por otro lado, sostiene que las gallinas viejas tienen niveles más bajos de calcio en la cáscara en comparación a las gallinas jóvenes, de allí que al ser expuestos al formaldehído hay una mayor pérdida de embriones.

### Edad de la Reproductora

El porcentaje de incubabilidad a las 51 semanas fue de 90.8%, disminuyendo gradualmente hasta 88.4% a las 57 semanas ( $p < 0.05$ ). En este sentido, Vásquez *et al.* (2006) encontraron que las reproductoras de mayor edad tuvieron menores porcentajes de incubabilidad, pero produjeron pollitos de mayor peso y viabilidad. Por su parte, Vidal (2015) demostró que la edad de la postura influyó significativamente en la incubabilidad de los huevos en pavos, donde a mayor edad había un mayor porcentaje de huevos claros y mortalidad embrionaria. Además, demostró una correlación negativa de -0.95 ( $p < 0.001$ ) entre edad de postura y porcentaje de huevos incubables (huevos a nacedora) y correlación positiva de 0.62 ( $p < 0.001$ ) entre edad de postura y mortalidad embrionaria.

A mayor edad de las reproductoras se observó una disminución en el descarte de pavitos nacidos. Bruzual *et al.* (2000) observaron que el peso del pollito está muy influenciado por el peso del huevo. Vásquez *et al.* (2006) encontraron que a medida que avanza la edad de las reproductoras, existen diferencias significativas en los pesos de huevos fértiles y de los pollitos recién nacidos, donde las reproductoras de mayor edad produjeron huevos más grandes y, por ende, polluelos más pesados y de mayor viabilidad. Esto podría explicar del por qué disminuye el porcentaje de pavitos descartados en pavas de mayor edad.

## CONCLUSIONES

- Los métodos de desinfección no influyeron sobre la incubabilidad, nacimientos y mortalidad; sin embargo, la desinfección con gas formaldehído produjo un menor descarte en pavitos nacidos que la desinfección con glutaraldehído y amonio cuaternario.
- La edad de la reproductora fue el principal factor que influyó en los parámetros de incubación. A medida que incrementó la edad de la reproductora disminuyeron los porcentajes de incubabilidad, nacimientos y descarte de pavitos nacidos, pero aumentó el porcentaje de mortalidad.

## LITERATURA CITADA

1. **Aviagen Turkeys. 2020.** B.U.T. 6 – Objetivos de rendimiento de la reproductora. [Internet]. Disponible en: [https://www.aviagenturkeys.com/uploads/2021/03/17/POBRB6\\_V5\\_BUT%206\\_-Breeder%20Goals\\_ESP\\_2020.pdf](https://www.aviagenturkeys.com/uploads/2021/03/17/POBRB6_V5_BUT%206_-Breeder%20Goals_ESP_2020.pdf)
2. **Badran AMM, Osman AMR, Yassein, DMM. 2018.** Comparative study of the effect of some disinfectants on embryonic mortality, hatchability, and some blood components. *Egyptian Poultry Sci J* 38: 1069-1081. doi: 10.21608/EPSJ.2018.22699
3. **Banwell R. 2014.** Fumigación: ¿cómo el formaldehído puede afectar la capacidad de eclosión. [Internet]. Disponible en: <https://avicultura.info/fumigacion-como-el-formaldehido-puede-afectar-la-capacidad-de-eclosion/>
4. **Bennett JE. 2020.** Disinfection, sterilization, and control of hospital waste. In: Bennet J, Dolin R, Blaser J (eds). *Mandell, Douglas, Bennett's principles and practice of infectious diseases*. 9<sup>th</sup> ed. Elsevier. p 3543-3559.
5. **Bruzual JJ, Peak SD, Brake J, Peebles ED. 2000.** Effects of relative humidity during incubation on hatchability and body weight of broiler chicks from young breeder flocks. *Poultry Sci* 79: 827-830. doi: 10.1093/ps/79.6.827
6. **Cadirci S. 2009.** Disinfection of hatching eggs by formaldehyde fumigation – a review. *Arch Geflügelkd* 73: 116-123. doi: 10.1093/ps/79.6.827
7. **Climaco WL, Melo EF, Vaz DP, Saldanha M, Pinto MFV, Fernandes LCC, Lara LJC. 2018.** Eggshell microbiology and quality of hatching eggs subjected to different sanitizing procedures. *Pesqui Agropecu Bras* 53: 1177-1183. doi: 10.1590/S0100-204X2018001000011
8. **Coggon D, Harris EC, Poole J, Palmer KT. 2003.** Extended follow-up of a cohort of British chemical workers exposed to formaldehyde. *J Nat Cancer Inst* 95: 1608-1615. doi: 10.1093/jnci/djg046
9. **Copur G, Arslan M, Baylan M, Canogullari S. 2011.** Use of allicin as an alternative hatching egg disinfectant versus formaldehyde fumigation in broiler hatching eggs. *Biotechnol Biotec Eq* 25: 2494-2498. doi: 10.5504/BBEQ.2011.-0027
10. **Cristancho CD. 2014.** Comparación de tres protocolos de desinfección en huevo fértil, su relación con la disminución en la carga bacteriana y viabilidad del pollo de engorde. Tesis de Médico Veterinario. Bogotá, Colombia: Univ de La Salle. 75 p.
11. **Despain JT. 2016.** The activity of alkaline glutaraldehyde against bacterial endospores and select non-enveloped viruses. MSc Thesis. Provo, USA: Brigham Young University. 62 p.
12. **Diomedi A, Chacón E, Delpiano L, Hervé B, Jemenao MI, Medel M, Quintanilla M, et al. 2017.** Antisépticos y desinfectantes: apuntando al uso racional. recomendaciones del comité consultivo de infecciones asociadas a la

- atención de salud, sociedad chilena de infectología. *Rev Chil Infectol* 34: 156-174. doi: 10.4067/S0716-10182017000-200010
13. **EmTech. 2020.** Uso de formaldehído en la fumigación. [Internet]. Disponible en: <https://www.emtech-systems.com/es/charlas-tecnicas/uso-de-formaldehido-en-la-fumigacion/>
  14. **Ernst RA. 2004.** Hatching egg sanitation: the key step in successful storage and production. University of California 8120: 1-4. doi: 10.3733/ucanr.8120
  15. **García J. 2013.** Desinfección de huevo incubable. En: *Jornadas Profesionales de Avicultura: Facultad de Veterinaria de León. España.*
  16. **Guillermo FM. 2005.** Comparación de dos productos (formaldehído y paraformaldehído) usados en la desinfección de cama de nidos en granja de aves reproductoras y el efecto de cada uno sobre el porcentaje de incubabilidad. Tesis de Médico Veterinario. Guatemala: Univ. San Carlos de Guatemala. 72 p.
  17. **Hayretdag S, Kolankaya D. 2008.** Investigation of the effects of pre-incubation formaldehyde fumigation on the tracheal epithelium of chicken embryos and chicks. *Turk J Vet Anim Sci* 32: 263-267.
  18. **Hybrid. 2015.** Monitoring hatchery performance. [Internet]. Disponible en: [https://www.hybridturkeys.com/documents/514/Monitoring\\_Hatchery\\_Performance\\_July2015.pdf](https://www.hybridturkeys.com/documents/514/Monitoring_Hatchery_Performance_July2015.pdf)
  19. **Jabbar A, Yousaf A, Hameed A, Riaz A, Ditta YA. 2020.** Influence of fumigation strength on hatchery parameters and later life of chicks. *South Asian J Life Sci* 8: 6-10. doi: 10.17582/journal.sajls/2020/8.1.6.10
  20. **Johnson P. 2018.** Evaluation of the effects of formaldehyde on growth parameters of broiler chicks. Tesis de Maestría. Estados Unidos: Univ. of Arkansas. 48 p.
  21. **Melo EF, Clímaco WLS, Triginelli MV, Vaz DP, de Souza MR, Baião NCB, Pompeu MA, Lara LJC. 2019.** An evaluation of alternative methods for sanitizing hatching eggs. *Poultry Sci* 98: 2466-2473. doi: 10.3382/ps/pez022
  22. **Oliveira G, dos Santos VM, Nascimento ST, Rodrigues JC. 2020.** Alternative sanitizers to paraformaldehyde for incubation of fertile eggs. *Poultry Sci* 99: 2001-2006. doi: 10.1016/j.psj.2019.11.032
  23. **Park JA, Sohn SH. 2018.** The influence of hen aging on eggshell ultrastructure and shell mineral components. *Korean J Food Sci Anim Resour* 38: 1080-1091. doi: 10.5851/kosfa.2018.e41
  24. **Perić L, Mitraković M, Tomić B, Orehovački I, Meijerhof R. 2022.** Effects of flock age, place oviposition and cleaning treatments of hatching eggs on hatchability in broiler breeders. *J Appl Poult Res* 31: 100279. doi: 10.1016/j.japr.2022.100279
  25. **Sacco RE, Renner PA, Nestor KE, Saif YM, Dearth RN. 1989.** Effect of hatching egg sanitizers on embryonic survival and hatchability of turkey eggs from different lines and on egg shell bacterial populations. *Poultry Sci* 68: 1179-1184. doi: 10.3382/ps.0681179
  26. **Sánchez-Saldaña L, Sáenz E. 2005.** Antisépticos y desinfectantes. *Dermatología Peruana* 15: 82-103.
  27. **Style MJ, Chandra LC, Looft T. 2017.** Evaluation of disinfectants and antiseptics to eliminate bacteria from the surface of Turkey eggs and hatch gnotobiotic poults. *Poultry Sci* 96: 2412-2420. doi: 10.3382/ps/pex022
  28. **Tebrün W, Motola G, Hafez MH, Bachmeier J, Schmidt V, Renfert K, Reichelt C, et al.. 2020.** Preliminary study: Health and performance assessment in broiler chicks following application of six different hatching egg disinfection protocols. *PLoS One* 15: e0232825. doi: 10.1371/journal.pone.0232825



29. *Vázquez JL, Prado OF, García LJ, Juárez MA. 2006.* Edad de la reproductora sobre la incubabilidad y tiempo de nacimiento del pollo de engorda. *Av Inv Agropec* 10(1): 21-28.
30. *Vidal A. 2015.* Dinámica de la incubabilidad en huevos de pavos. En: V Congreso Internacional de Producción Animal Tropical. Cuba.