

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

FACULTAD DE CIENCIAS AGROALIMENTARIAS

ESCUELA DE ZOOTECNIA

Práctica dirigida en el área de reproductores pesados e incubación de la Granja Roblealto.
San José de la Montaña, Barva de Heredia

Carolina Barrantes Solórzano

Práctica presentada para optar por el título de Licenciatura en Ingeniería Agronómica con
énfasis en Zootecnia

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

2020

TRIBUNAL EVALUADOR

Esta práctica fue aprobada por la comisión de Trabajos Finales de Graduación de la Escuela de Zootecnia de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia



Ing. Catalina Salas Durán Ph.D.

Directora de Proyecto



Ing. Juan Ignacio Herrera Muñoz M.Sc

Miembro del Tribunal



Ing. Andrés Méndez Corrales M.G.A

Miembro del Tribunal



Ing. Roger Molina Coto M.Sc

Miembro del Tribunal



Ing. Rodolfo WingChing-Jones M.Sc.

Director de la Escuela de Zootecnia



Carolina Barrantes Solórzano

Sustentante

DEDICATORIA

A toda mi familia, la cual fue mi apoyo incondicional durante todo este proceso. En especial a las mujeres que me criaron y me enseñaron a ser la increíble persona que soy. A las mujeres más fuertes y maravillosas en mi vida, mis tías quienes siempre creyeron en mí sin importar los desafíos. Siempre me apoyaron y estuvieron a mi lado tanto para mis triunfos como fracasos. A mi mamá que me demostró que nunca es tarde para lograr cumplir metas y que nada es inalcanzable. A mi tío Luis quién siempre me dio muchas lecciones de sabiduría y me hizo crecer como persona. A mi abuelo y mi abuela quienes fueron un padre y una madre para mí y me cuidaron incondicionalmente.

AGRADECIMIENTOS

A Catalina Salas Durán, quien me apoyó durante cada paso de todo este proyecto y siempre estuvo para ayudarme en todo momento.

A todas las personas de la Asociación Roblealto por abrirme sus puertas y permitirme no solo en una ocasión sino en tres ocasiones formar parte de su equipo de trabajo y poder realizar este proyecto junto a ellos.

A la Dra. Kelly Calderón y a Andrés Méndez por darme siempre su confianza y apoyo para poder realizar todas las actividades necesarias para finalizar este proyecto. Por hacerme sentir siempre segura y acompañada en cada paso de este proceso.

A Alejandra Rodríguez y el Dr. Osvaldo Barrantes quienes siempre me acompañaron en cada momento que lo necesité, dándome siempre de su tiempo en momentos difíciles.

A Maximiliano Arguedas, Evans Montero, Víctor Fallas y Leonardo González por su paciencia para ayudarme en cada momento.

A cada uno de los trabajadores de incubadoras que en repetidas ocasiones sacaron de su tiempo de trabajo para ayudarme siempre que lo necesite.

A Mario Alberto Torres quien me acompañó desde el inicio de todo este proyecto, apoyándome en cada momento. Alentándome a nunca rendirme y dar cada día lo mejor de mí.

INDICE GENERAL

CONTENIDO	Página
Portada.....	i
TRIBUNAL EVALUADOR.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE CUADROS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	ix
INTRODUCCIÓN.....	1
REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
Manejo de reproductores.....	3
Fisiología de la formación del huevo y estructura.....	4
Incubación.....	4
Mortalidad embrionaria temprana.....	6
Mortalidad embrionaria media.....	7
Mortalidad embrionaria tardía.....	8
Primera barrera de protección del huevo: la cáscara.....	9
Causas de la contaminación del huevo.....	9
Prácticas para evitar la contaminación.....	11
Métodos para la desinfección del huevo.....	14
Gravedad específica y grosor de la cáscara del huevo.....	18

CONTENIDO	Página
Descripción del sistema productivo.....	21
OBJETIVOS.....	22
Objetivo general.....	22
Objetivos específicos.....	22
PROCEDIMIENTO Y METODOLOGÍA.....	23
Recolección y selección de huevo.....	23
Protocolos de desinfección.....	23
Medición gravedad específica.....	27
Actividades de manejo de huevo fértil, pollito y pollita ponedora en incubadora.....	32
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
Recolección y selección de huevo.....	33
Resultados de los protocolos de desinfección.....	34
Medición gravedad específica.....	37
CONCLUSIONES.....	50
RECOMENDACIONES.....	52
LITERATURA CITADA.....	53

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Título	Página
1.	Mecanismo y sitios de acción de distintos desinfectantes.....	15
2.	Relación entre porcentaje de rupturas con gravedad específica.....	19
3.	Tasa de nacimientos y calidad de pollitos a partir de huevos intactos en comparación con huevos con microfracturas.....	20
4.	Cantidad de huevos cargados a la máquina incubadora por fecha de incubación de la prueba de desinfección comparando el protocolo actual de desinfección (PA), contra la no desinfección del huevo fértil (ND) y un nuevo método de desinfección (PN) en un lote de reproductora pesada Cobb de 51 semanas de edad.....	25
5.	Cronograma de la prueba de desinfección comparando el protocolo actual de desinfección (PA), contra la no desinfección del huevo fértil (ND) y un nuevo método de desinfección (PN) en un lote de reproductora pesada Cobb de 51 semanas de edad.....	27
6.	Líneas genéticas de los lotes utilizados para la medición de gravedad específica, con su respectiva edad, ubicación y cantidad de huevos utilizados.....	28
7.	Protocolo de preparación de soluciones salinas para la medición de gravedad específica.....	29
8.	Cronograma de distribución de lotes para la realización de la prueba gravedad específica.....	30
9.	Cantidad de huevos utilizados para la prueba de fisuras presentes en el punto antes de pasar por la máquina seleccionadora (FA) y luego de pasar por la máquina seleccionadora (FD) para cada una de las mediciones realizadas.....	32
10.	Resultados prueba de desinfección de la comparación del protocolo actual de desinfección (PA), contra la no desinfección del huevo fértil (ND) y un nuevo método de desinfección (PN) en un lote de reproductora pesada Cobb de 51 semanas de edad durante 7 semanas.....	34
11.	Promedios ponderados resumen de los resultados de gravedad específica de huevo de reproductora pesada y liviana.....	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Título	Página
1.	Clasificación de huevos con mayor riesgo de contaminación o baja incubación.....	12
2.	Clasificación de huevos de mala calidad.....	13
3.	Resultados resumen durante las 6 semanas de la prueba de gravedad específica comparando los lotes de reproductora liviana y pesada a) Dekalb White 53-58 semanas y 31-36 semanas, b) Isa Brown 75-79 semanas, 53-58 semanas y 33-38 semanas, f) Cobb 62-64 semanas, 45-50 semanas y Ross 31-36 semanas.....	38
4.	Resultados resumen para reproductoras Dekalb White durante 6 semanas de prueba de nacimientos (A) y embriodiagnosia para 53-58 semanas (B) y 31-36 semanas (C) de edad, con su respectiva distribución de gravedad específica.....	41
5.	Resultados resumen para reproductoras ISA Brown durante 6 semanas de prueba de nacimientos (A) y embriodiagnosia para 75-79 semanas (B), 53-58 semanas (C) y 33-38 semanas de edad (D), con su respectiva distribución de gravedad específica.....	44
6.	Resultados resumen durante las 6 semanas de prueba de nacimientos (A) y embriodiagnosia para reproductoras Cobb de 62-64 semanas (B), Cobb de 45-50 semanas (C) y Ross de 31-36 semanas (D), con su respectiva distribución de gravedad específica.....	46
7.	Porcentaje de fisuras totales en huevos de reproductoras Dekalb White, Isa Brown y Ross en el punto al llegar a la sala de selección de huevo (FA) y luego de haber pasado por la máquina seleccionadora de huevo (FD) durante un periodo de prueba de 6 semanas.....	48

RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo fue el poder desarrollar destrezas y habilidades prácticas en el área avícola de reproductores pesados e incubación en la granja Roblealto, ubicada en San José de la Montaña, Barva de Heredia. Se visitaron módulos de reproductoras pesadas para conocer el manejo diario del huevo, nidos y camas. Se trabajó en el área de incubadoras realizando los manejos cotidianos de pollito y huevo fértil. Se realizó una prueba de desinfección de huevo por 7 semanas, para tres galeras de un lote de reproductora pesada Cobb de 51 semanas de edad. Se comparó la no desinfección del huevo (ND) contra el protocolo actual de desinfección (PA) y un protocolo nuevo (PN). Los resultados fueron analizados estadísticamente con Infostat, fueron comparadas por medio de la prueba Tukey con 95% de confianza, sin embargo, no hubo diferencias estadísticamente significativas. Se realizó estadística descriptiva para analizar los resultados. Se enviaron a laboratorio 5 pollitos para cada tratamiento durante tres nacimientos. Se obtuvo un crecimiento nulo de bacterias en el cultivo realizado. El tratamiento PN fue el que tuvo valores numéricos más altos de mortalidad embrionaria temprana y mayor porcentaje de huevos explosivos y contaminados. El tratamiento PA tuvo el valor numérico más alto de nacimientos de huevos fértiles, un valor intermedio de mortalidad embrionaria temprana y los valores más bajos de huevos explosivos y contaminados. Esto refleja que fue un tratamiento efectivo para reducir carga bacteriana y menos agresivo para el embrión. El protocolo ND tuvo valores numéricos bajos de nacimientos de huevos fértiles, valores intermedios de huevos explosivos y contaminados. Adicionalmente se realizó una prueba de inmersión de huevos en distintas soluciones salinas para medir la gravedad específica por 6 semanas, para 5 lotes de reproductora liviana, Dekalb White (53 y 31 semanas) e Isa Brown (75, 53 y 33 semanas) y para 3 lotes de reproductora pesada Cobb (62 y 45 semanas) y Ross (31 semanas). La reproductora Isa Brown obtuvo los resultados mayores de promedio ponderado de gravedad específica, siendo de edad mayor a menor 1.090, 1.092, y 1.094. Le siguió la reproductora Dekalb White 1.088 y 1.089. Los resultados de gravedad específica intermedios fueron los de reproductora Cobb y Ross, 1.078, 1.082 y 1.084. Los resultados indican que no hay problemas de debilidad de cáscara ni predisposición a fracturas o fisuras.

INTRODUCCIÓN

La avicultura es una actividad que, con el paso de los años, ha evolucionado, pasando de un origen rústico a convertirse en una industria productiva y dinámica. Esta actividad está enfocada en la crianza de aves (principalmente gallinas y pollos) en instalaciones tecnificadas, en donde se les brinda a las aves las atenciones necesarias para luego obtener productos de calidad (Méndez y Salinas, 2009).

En Costa Rica, según SEPSA (2018) la producción de huevos y carne de pollo son dos de las seis principales actividades pecuarias en Costa Rica. Para el 2018 fue de 75 millones de pollos de engorde, aumentando un 1,35% en comparación con la del 2017 que fue de 74 millones. En el caso de producción de huevo de mesa, en el 2018 se criaron 4,12 millones de ponedoras comerciales, de igual forma teniendo un incremento de 17,47% en comparación con la producción del 2017, que fue de 3,40 millones de aves (Industria Avícola, 2018).

Este aumento en la producción se puede ver relacionado a la demanda de producto por parte de los consumidores, expresada en el consumo de carne de pollo y huevos per cápita, la cual para el año 2018 fue de 29,5 kilogramos de carne y 220 huevos por persona, respectivamente (Industria Avícola, 2018). Si estos consumos se comparan con otros países de América Central, como El Salvador (21,34 kilogramos de pollo y 186 huevos por persona), Honduras (20,25 kilogramos de pollo y 135 huevos por persona), Guatemala (19,32 kilogramos de pollo y 190 huevos por persona), Nicaragua (22,90 kilogramos de pollo y 115 huevos por persona) y Panamá (42 kilogramos de pollo y 169 huevos por persona), se puede observar cómo Costa Rica dentro de la región centroamericana tiene gran potencial de consumo y crecimiento en la industria avícola (Industria Avícola, 2018).

Tomando en cuenta los datos anteriores, el incremento en producción de huevos y carne de pollo, así como el consumo per cápita en comparación a otros países de Centroamérica, se puede observar que el mercado de la avicultura en el país es cada vez más dinámico y productivo. Por lo tanto, preocuparse por mejorar la eficiencia de la producción del sector avícola está cobrando cada vez más importancia en el país.

Para poder llegar a cumplir con la demanda y calidad del producto terminado, los estándares de producción deben ser controlados y medidos ya sea en pollos de engorde

como en gallinas de postura; para esto, uno de principales pasos es un buen proceso de incubación. Un buen manejo de las etapas de la crianza y producción del ave, sumado a las condiciones idóneas que necesita el huevo fértil dentro de la máquina incubadora tales como ventilación, temperatura, humedad y volteo son indispensables para la obtención de un producto acorde a las necesidades del mercado.

En el presente trabajo se pretende desarrollar habilidades y destrezas en el área de reproducción e incubación de la Granja Avícola Roble Alto ubicada en San José de la Montaña, Heredia, ya que considerando el crecimiento del sector avícola en el país es importante el desarrollar pollitos y pollitas de calidad para que estos alcancen sus máximos rendimientos de producción.

REVISIÓN DE LITERATURA

En el área de la avicultura se tiene producción tanto de aves para carne como para huevo, cada una con características propias del producto final. Para poder obtener un buen producto, es indispensable la adecuada crianza de reproductores especializados para estos fines. Estos tienen como finalidad la producción de huevo fértil, el cual se va a incubar para así tener la pollita ponedora comercial (reproductores livianos) o pollito y pollita para producción de carne (reproductores pesados).

Manejo de reproductores

Un correcto manejo de los reproductores es importante para mantener los estándares de producción, fertilidad y pollitos de calidad. Existen puntos importantes que se deben manejar para mantener buenos rendimientos, los cuales se explican a continuación.

Es importante que los machos se trasladen primero a la galera de producción y luego las hembras (la edad depende del manejo y necesidades del lote), esto para que los machos primero se acostumbren al espacio y creen las jerarquías entre ellos y luego las hembras lleguen y se formen los grupos con los machos. (Cobb-Vantress, 2008).

Llegar a un peso corporal meta es importante para poder lograr un buen comportamiento de apareamiento y fertilidad, así como manejar una proporción de apareo a una tasa de 10 machos por cada 100 hembras durante toda la producción. Ya que demasiados machos pueden resultar en más peleas, menos actividad de apareo, separación de grupos sociales y baja fertilidad (Hy-line, 2016).

Observar a los machos es muy importante para decidir cuáles deben sacarse del sistema, por ejemplo, machos débiles, dedos torcidos, lesiones en las patas, plumaje pobre, picos irregulares, un rango social bajo, que se esconden en los nidos y les han arrancado las plumas. Otro método visual para determinar si un macho está montando es el color de la cloaca, debe ser rojizo (Hy line, 2016).

Fisiología de la formación del huevo y estructura

El huevo es una célula reproductiva o gameto que aporta el aparato reproductivo de la hembra durante la reproducción. Es un cuerpo unicelular, de forma esférica (al que se le denomina ovoide), que tras la fecundación aloja al embrión durante todos sus procesos de desarrollo, proporcionándole los nutrientes necesarios para su desarrollo y un ambiente seguro (Instituto de Estudios del Huevo, 2009).

El huevo pasa por una serie de procesos a lo largo del sistema reproductivo de la gallina para completar su formación. El folículo forma la yema, luego de la ovulación, el óvulo libre viaja al infundíbulo en donde se da la fecundación y se forma la membrana previtelina y chalazas (duración de 15 minutos). De esta sección pasa al magno, donde se da la secreción de albumen (duración de 3 horas), luego se traslada al istmo donde se forman las membranas testáceas (duración de 1 hora), luego se da la formación de cáscara para la posterior postura que se da a través de la cloaca (Huyghebaert, 2005).

Los reproductores pesados inician su período de postura a las 24 semanas de vida, teniendo su pico de postura alrededor de las 30 semanas y finalizando su vida productiva entre las 60-65 semanas de edad. Por otro lado, los reproductores livianos pesados inician su período de postura a las 16-18 semanas de vida, teniendo su pico de postura alrededor de las 26 semanas y finalizando su vida productiva entre las 70-75 semanas de edad.

Incubación

Si el huevo fue fecundado y se dan las condiciones ambientales apropiadas, este va a ir sufriendo cambios a medida que el embrión se desarrolla. El embrión va a crecer dentro de una bolsa llena de líquido llamada amnios, la cual le confiere protección. La otra membrana que también está presente es el alantoides, en la cual se depositan los productos de desecho del embrión (Pina y Valero, 2006). El proceso de incubación del huevo de gallina dura aproximadamente 20-21 días en los cuales el pollito se va desarrollando y creciendo dentro del huevo, hasta el momento de la eclosión donde ya va a ser un pollito completamente formado.

El éxito de la incubación del huevo va a depender de distintos factores, algunos que afectan desde la granja, tales como nutrición de los reproductores, actividad de apareamiento, peso corporal de los machos y hembras, edad de los reproductores, higiene, recolección oportuna, almacenamiento y desinfección del huevo en algunos casos. Otros

factores que afectan el proceso en la incubadora pueden ser higiene, almacenamiento del huevo, manejo del pollito, temperatura y humedad de las máquinas incubadoras y nacedoras (Cobb-Vantress, 2013).

Una vez que se selecciona el huevo, debe transportarse al edificio donde se encuentran las incubadoras (esto se debe hacer al menos dos veces por semana). Antes de llegar a la sala de incubación el huevo va a pasar por otras áreas de almacenamiento. Primero la sala de huevo de la granja, luego el transporte y finalmente la sala de huevo de la incubadora. En cada una de estas áreas es muy importante el manejo de la temperatura y humedad, evitando cambios bruscos que puedan sobre calentar o enfriar demasiado el huevo (Cobb-Vantress, 2013).

El huevo una vez que se coloca en las bandejas de incubación, debe ser posicionado con el extremo ancho hacia arriba (cámara de aire). Los huevos deben colocarse de esta forma para así evitar la muerte del embrión por asfixia y mala posición, ya que si la cámara de aire esta abajo al momento del nacimiento no va a poder encontrarla y respirar. La colocación de los huevos con la punta hacia arriba, pueden causar una disminución de la incubabilidad de hasta un 25% (Cristancho, 2014).

Para que un embrión se desarrolle de una buena forma, las condiciones óptimas son una temperatura y humedad adecuadas de acuerdo a las necesidades del crecimiento del embrión, así como un adecuado intercambio de gases y volteo regular de los huevos. Las incubadoras pueden ser de multi etapa con bandeja fija, multi etapa con carro de carga o de una etapa con carro de carga, las especificaciones van a depender del sistema productivo (López, 2018).

Un manejo que se realiza durante la incubación de los huevos al día 10-11 o durante la transferencia, es el miraje u ovoscopia. Este proceso se realiza eliminando los huevos que al ser puestos sobre una fuente de luz se vean claros; esto es un indicador de que no hubo desarrollo embrionario dentro del huevo o se dio una muerte embrionaria temprana. Estos huevos son retirados para su posterior análisis de embriodiagnos (Ricaurte, 2005).

Dos días antes de eclosionar (día 19 aproximadamente), los huevos son removidos de la incubadora para trasladarse a las máquinas nacedoras. Esto, porque en esta etapa los huevos son colocados para lograr un movimiento más libre del pollito fuera de la cáscara y ayuda a la higiene. Este traslado debe hacerse de forma suave y rápida ya que los huevos tienen una cáscara más débil (Cobb-Vantress, 2013).

Una vez que nació el pollito, se espera a que todos estén secos para poder sacarlos de la máquina nacedora y separarlos de las heces o suciedades que puedan haber generado. Posterior a esto, se procede a clasificar al pollito según sea primera, segunda o tercera calidad y a hacer el sexaje para su separación. También se realizará la vacunación ya sea en aspersión o inyección y hay ocasiones donde se realiza el corte de pico (Cobb-Vantress, 2013).

Otro manejo que se realiza con los huevos que no nacieron y con los huevos que se retiraron del miraje, es la embriodiagnos. Para este proceso se toma una muestra del total de huevos que no eclosionaron del lote y se procede a abrirlos, para de esta forma poder determinar el estado embrionario donde murió el ave y sus posibles causas (Ricaurte, 2005).

Mediante la embriodiagnos, se permite medir tanto las mortalidades embrionarias como la fertilidad del lote y poder determinar si los resultados de los nacimientos se deben a problemas de manejo en granja o en la incubadora (Pachón 2018). La mortalidad embrionaria, una vez finalizada la embriodiagnos, puede clasificarse de la siguiente forma según Di Matteo y Plano (2001):

- Mortalidad temprana del día 1 al 4 (fase 1).
- Mortalidad media del día 5 al 17 (fase 2).
- Mortalidad tardía del día 18 al 19 (fase 3).

Las causas de la mortalidad embrionaria pueden ser diversas y dependen de la etapa de desarrollo embrionario en la cual murió el ave. Según Di Matteo y Plano (2001) y Pachón (2018) pueden existir las siguientes causas de mortalidad embrionaria:

Mortalidad embrionaria temprana:

-Tiempo de almacenamiento del huevo: si al huevo se lo almacena por más de cinco días, la incubabilidad disminuye entre 0,5% a 1,0% por día adicional.

-Condiciones de la sala de almacenamiento: la temperatura debe estar entre 18°- 20° C, la humedad relativa que debe estar entre 70 y 75%. Ambos parámetros varían según el tiempo de almacenamiento de los huevos.

-Tiempo de almacenaje demasiado corto: genera que se dé una mala posición del embrión al momento de la incubación.

-Edad de la gallina: los huevos provenientes de gallinas viejas, es conveniente incubarlos con menor tiempo de almacenamiento, debido a la calidad del albumen.

-Permanencia del huevo en el nido por tiempo prolongado: si la temperatura es alta, comienza el proceso de incubación, si luego se lo enfría en la sala de almacenamiento, el embrión detiene el crecimiento y muere.

-Cambios bruscos de temperatura y/o humedad: esto genera condensación de gotitas de agua en la superficie de la cáscara del huevo, que favorece la contaminación bacteriana.

-Desinfección de los huevos: si se emplean productos contraindicados o altas dosis. Cuando se emplean soluciones sobre la superficie del huevo, se debe tomar en cuenta la temperatura de la misma, para evitar cambios bruscos en las condiciones del embrión.

-Precalentamiento: se deben manejar correctas temperaturas y cambios de las mismas para evitar choques térmicos al embrión.

-Condiciones de la incubadora: temperatura inadecuada (demasiado alta o baja), de ventilación y mal volteo.

-Calidad de la cáscara de los huevos: la cáscara es importante para evitar la entrada de agentes contaminantes que puedan afectar al embrión.

-Deficiencia nutricional de la ración de reproductoras.

-Micotoxinas: pueden transferirse a la clara, yema o cáscara del huevo causando daños al desarrollo del embrión y su muerte.

-Enfermedades del plantel de reproductores: Como es el caso de la Enfermedad de New Castle, Enfermedad Respiratoria Crónica, Difteroviruela.

Mortalidad media:

-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.

-Cáscara del huevo muy delgada.

- Contaminación del huevo.
- Mala nutrición o estado sanitario de los reproductores.
- Deficiencia de Riboflavina, Vitamina B12 y D3.

Mortalidad tardía:

La mortalidad embrionaria es un factor que va a depender de distintos manejos tanto en la granja de los reproductores como en el proceso de incubación. Existen factores de calidad, sanidad y manejo, que deben ser tomados en cuenta desde que el huevo es puesto hasta el momento del nacimiento para asegurar el éxito de la incubación y la producción de pollitos con buenos rendimientos productivos (Álvarez, 2015). A continuación, se encuentran unas de las causas de mortalidad tardía:

- Alta humedad o baja temperatura en el período de incubación: el exceso de dióxido de carbono en el embrión conduce a su muerte por acidosis. Los embriones que no llegan a morir en este período tampoco eclosionarán, puesto 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: los embriones son más pequeños de lo habitual, puede haber pollitos muy secos y deshidratados. El saco vitelino está más reducido que lo normal.
- Embriones infectados por distintos agentes etiológicos.
- Alta humedad en la máquina nacedora.
- Huevos enfriados excesivamente.
- Deficiencias de Biotina, Vitamina D, calcio, manganeso zinc, entre otros.
- Temperatura muy alta en la máquina nacedora.
- Falta de ventilación.

Existen también problemas de mortalidad debido a malas posiciones del pollito dentro del huevo. La posición normal de nacimiento es con la columna del embrión paralela al eje largo del huevo, y el pico bajo el ala derecha. La punta del pico debe estar en dirección a la cámara de aire. Esta posición del pico es importante para que el pollito logre acceder

a la cámara de aire. El ala ayuda a estirar la membrana para que el pico pueda perforarla. Cualquier posición distinta a esta se considera mala posición del pollito (Aviagen, 2010).

Primera barrera de protección del huevo: la cáscara

La cáscara es la cubierta exterior del huevo que funciona como una barrera física que protege su integridad contra cualquier tipo de contaminación bacteriana y daño que pueda generarse al embrión. Está constituida por calcio en su mayor parte y también otros minerales como sodio, magnesio, cinc, manganeso, hierro, cobre, aluminio y boro, en menores concentraciones (Instituto de Estudios del Huevo, 2009).

La primera barrera de protección de la cáscara contra daños, el ingreso de patógenos y contaminación que tiene el huevo es la cutícula. Esta primera capa está compuesta de proteínas (90%), actúa como un revestimiento y disminuye la porosidad de la cáscara. Si el huevo tiene un mal manejo y esta cutícula se daña o raspa se pierde esta protección, dejando que puedan entrar al huevo microorganismos patógenos (Hernández, 2010).

La cáscara tiene en su superficie poros (aproximadamente 17.000), los cuales permiten el intercambio gaseoso con el exterior. Si se da un mal manejo del huevo y se daña la cutícula estos poros pueden quedar expuestos y hacer a la cáscara permeable al paso de ciertos microorganismos patógenos (Barraza, 2018)

En el interior de la cáscara están dos membranas, la membrana testácea interna y externa. Estas rodean el albumen y proporcionan protección contra la penetración bacteriana (Instituto de Estudios del Huevo 2009). Estas dos membranas se separan en el polo superior del huevo, en su parte más ancha, formando una cámara de aire, la cual según sea su tamaño puede determinar la edad del huevo (Hernández, 2010).

Causas de la contaminación del huevo

Un huevo con la cáscara sucia o deteriorada va a tener mayores posibilidades de que los microorganismos adheridos a la superficie penetren al interior del huevo. Huevos con estas características son un problema para la sanidad de la incubadora. Por lo tanto, huevos sucios y contaminados no son aptos para ser incubados, ya que van ser un foco de contaminación dentro de la incubadora (Hy line, 2017).

Luego de la puesta, un huevo puede tardar aproximadamente veinte minutos en contaminarse, aun teniendo una cáscara fuerte. El huevo al irse enfriando genera una presión negativa y si en su superficie hay mucha suciedad, esta va a lograr entrar con mayor facilidad al huevo. Es por esto que es importante una limpieza rigurosa en los nidos, la cama y descartar aquellos huevos muy sucios (Tandazo, 2012).

Durante el proceso de incubación, las bacterias pueden causar problemas durante el desarrollo embrionario del pollito, causando su muerte. Sin embargo, si el pollito sobrevive a la contaminación y es capaz de nacer, aun así, puede llegar a morir en la etapa de crianza o no desarrollará un crecimiento óptimo. Los huevos contaminados que no tienen un desarrollo embrionario en la incubadora pueden afectar también al desarrollo de otros huevos sanos (Cristancho, 2014).

Uno de los principales problemas de que huevos contaminados entren a la máquina incubadora son los huevos explosivos. Estos huevos contaminados que no tienen desarrollo embrionario (embrión no viable), son una fuente de contaminación para los demás huevos que, sí se están desarrollando adecuadamente y para la higiene de la planta. Si un huevo contaminado llega a explotar o agrietarse dentro de la incubadora o en la máquina nacedora, puede causar la propagación de bacterias a otros huevos o a los pollitos recién nacidos (Turblin, 2012).

Algunas causas de contaminación del huevo fértil según Cristancho (2014) son:

- Huevos que no se recolectan con frecuencia, por lo que, al estar más tiempo en contacto con una cama sucia, su probabilidad de contaminación aumenta.
- Camas sucias y sin protocolos de desinfección.
- Dejar los huevos a temperatura ambiente sin llevarlos al cuarto frío por periodos largos de tiempo, aumentando así la proliferación de bacterias.
- No fumigar los huevos puede causar aumento en la cantidad de bacterias presentes en la cáscara.
- Limpieza excesiva de los huevos, lastimando la cutícula causando así más facilidad para bacterias y hongos de penetrar la cáscara.
- Huevos puestos en el piso que son llevados a la incubadora, pueden causar problemas de contaminación.
- Edad de las reproductoras, mientras más edad más delgada la cáscara, lo que es un factor de riesgo para la contaminación del huevo.

De todas las causas anteriormente mencionadas, se resalta la importancia de un buen manejo del huevo en granja previo a llegar a la planta de incubación. Un huevo que tuvo un mal manejo durante los procesos de recolección y selección de granja va a generar muchos problemas una vez que llega a la incubadora y es muy poco lo que en esta etapa se puede solucionar.

Prácticas para evitar la contaminación del huevo

La recolección de los huevos debe realizar al menos, cinco veces al día, aumentando la frecuencia en la mañana ya que el 70% de las aves pone por la mañana. Al seleccionar los huevos, se deben separar en bandejas distintas según su categoría, no se deben mezclar los huevos limpios con sucios. Es importante que el operador se lave y desinfecte las manos luego de recolectar huevos sucios (Appleby, Mench y Hughes, 2004).}

Cuando la temperatura en el galpón de las aves aumenta o disminuye demasiado, se debe incrementar la frecuencia con la que se recoge el huevo. Si la temperatura es muy alta y el huevo permanece un tiempo muy prolongado en el nido, puede empezar a darse desarrollo embrionario, causando problemas posteriores al embrión. Si las temperaturas son bajas, al enfriarse el huevo el contenido sufre una retracción y se da una aspiración que puede causar la penetración de gérmenes de forma más rápida (Tandazo, 2012).

Al momento de recolectar el huevo debe seleccionarse, con el fin de que solo los huevos aptos sean llevados a incubación. Algunos de los criterios para descartar huevo son: suciedad, cáscara agrietada, de un tamaño menor al deseado, color de la cáscara que no sea aceptable, huevos deformes y muy grandes o con doble yema. Todos estos factores van a ayudar a seleccionar solo los huevos aptos para incubar (Hendrix Genetics, 2010).

Otra de las clasificaciones que pueden ser usadas para seleccionar el huevo según Soares (2008) es:

- Huevos limpios: huevos sin contaminaciones presentes que pueden ser llevados a incubación directamente.
- Huevos ligeramente sucios: huevos con presencia o trazas de suciedad en su cáscara que deben ser recogidos y separados, o bien descontaminados e incubados, según los protocolos de manejo.

- Huevos directamente desechados: huevos muy sucios, que están fuera de los estándares y no pueden entrar a la planta de incubación.

Es importante que a la sala de incubación se lleven solo huevos aptos y de calidad. Un huevo de calidad para incubación tiene una forma elíptica, cáscara limpia (sin rastros de cama o heces), brillante, libre de grietas y defectos. Al abrir el huevo, la albúmina debe ser de un color claro o ligeramente opaco, con textura similar a un gel y estar libre de manchas de sangre y carne. La yema debe presentar un color uniforme que puede variar entre amarillo brillante a naranja, y estará fija en el centro. El huevo debe estar libre de olor putrefacto o desagradable y contaminación microbiana (Hy line, 2017).

Otras características que deben ser tomadas en cuenta para la selección de huevo se pueden observar en la Figura 1 y 2.

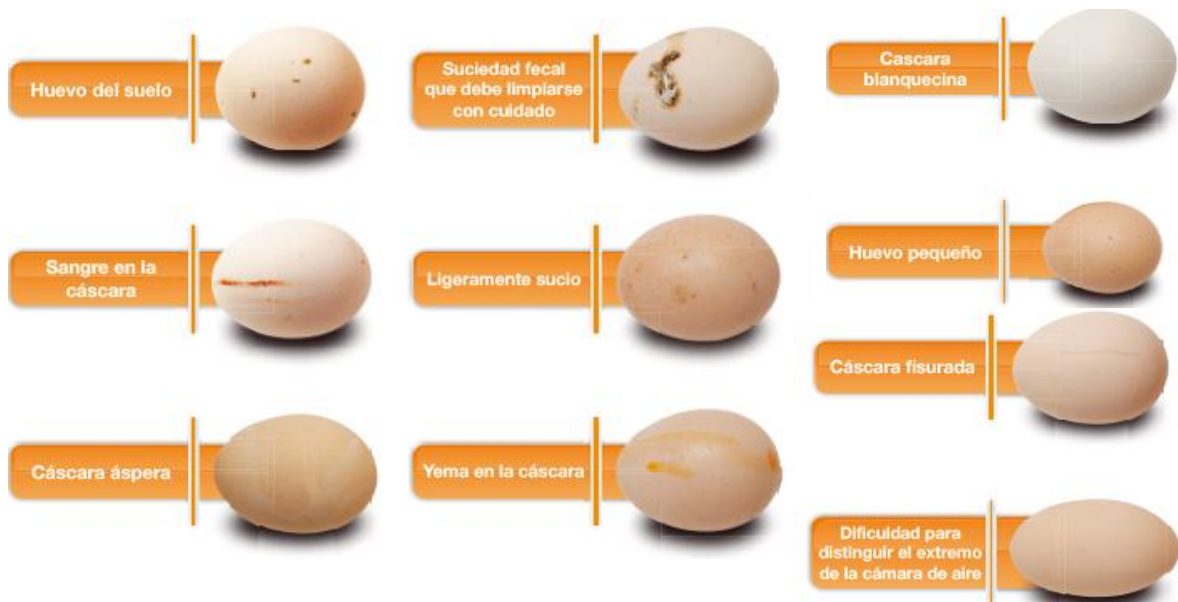


Figura1. Clasificación de huevos con mayor riesgo de contaminación o baja incubación. Fuente: Aviagen (2011).



Figura 2. Clasificación de huevos de mala calidad. Fuente: Aviagen (2011).

Algunas recomendaciones para poder minimizar la contaminación del huevo, son las siguientes (Argueta, 2005):

- Mantener la limpieza de la galera, esto incluye la cama de los nidos, independientemente del material del que estén hechos.
- Llevar los huevos al cuarto frío de almacenamiento tan pronto como sea posible, esto para lograr demorar el crecimiento de las bacterias sobre la superficie de la cáscara.
- Impedir que se acumule humedad sobre la superficie de la cáscara. Controlar la humedad y evitar las condiciones óptimas para el crecimiento microbiano.
- Utilizar un protocolo adecuado y autorizado para la desinfección de huevos.
- El contenido interno del huevo (clara y yema) proveen los nutrientes necesarios para que las bacterias crezcan y se diseminen. Por lo tanto, es importante minimizar la cantidad de huevos con fisuras o quebrados.
- Evitar la limpieza de los huevos con materiales abrasivos como lijas, ya que pueden afectar la integridad de la cutícula de la cáscara.
- A medida que los reproductores avanzan en edad, la cáscara del huevo se vuelve más delgada, lo que la expone más a la infección bacteriológica. Por lo tanto, es importante minimizar la contaminación en huevos de reproductoras de edad avanzada.

Métodos para la desinfección del huevo

La desinfección de los huevos se realiza luego de la recolección, es importante hacerlo inmediatamente luego de la recolección y no esperar. Se pueden utilizar distintos productos para la desinfección del huevo y así lograr reducir la probabilidad de contaminación provocada por bacterias, hongos, esporas y cualquier tipo de microorganismos que puedan causar problemas en el proceso de incubación (Tandazo, 2012).

Los microorganismos presentes en la cáscara del huevo pueden componerse de distintos tipos de bacterias, las cuales pueden llegar a afectar al huevo. La microflora presente en la cáscara del huevo proviene de bacterias Gram-positivo que se originan de heces, polvo y tierra. Los huevos podridos tienen una mezcla entre bacterias Gram-positivo y Gram-negativo. Los contaminantes bacterianos más comunes son miembros de los géneros *Alcaligenes*, *Pseudomonas*, *Escherichia*, *Proteus* y *Aeromonas*. Las bacterias Gram-negativas tienen requerimientos simples en cuanto a su nutrición y tienen la habilidad de sobrevivir en ambientes con temperaturas bajas, por lo que se les hace muy sencillo sobrevivir y contaminar la superficie del huevo. Los micrococcos sustituyen la mayor parte de la flora presente en la cáscara del huevo, así como *Enterobacteriaceae*, *Staphylococcus spp* y *Streptococcus spp* (Di Reu, 2015).

La contaminación por hongos se da principalmente en lugares húmedos y sucios. Los hongos del género *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Drechslera*, *Penicillium*, *Stemphylium* y *Fusarium*, son los que principalmente se encuentran en lugares como los nidos o la cama en la producción de huevo. Sin embargo, las condiciones en las cuales se maneja y almacena el huevo van a determinar el tipo y la frecuencia con la que se puede encontrar un hongo (Tomczyk, Stepień, Urbaniak y Szablewski, 2018).

El método para desinfectar debe ser capaz de eliminar un mínimo del 90% de bacterias presentes en la cáscara. También es importante que no dañe al embrión, que sea seguro para los operarios, que deje el huevo seco, que no lo exponga a temperaturas extremas y que no dañe la cutícula (Cristancho, 2014).

Los desinfectantes tienen mecanismos de acción diferentes, según sea el tipo de principio activo que se esté empleando. Sin embargo, la acción de estos suele seguir un mismo esquema, primero interactúan con el microorganismo para penetrarlo, luego generan alteración de su viabilidad causando daños bioquímicos diversos y alteraciones metabólicas

para su final destrucción (Cristancho, 2014). En el Cuadro 1 se puede observar el modo de acción de algunos desinfectantes.

Cuadro 1. Mecanismo y sitios de acción de distintos desinfectantes.

Objetivo	Desinfectante
Pared celular	Formaldehido, hipoclorito y mercuriales
Membrana citoplasmática	Anilidias y hexaclorofeno
Enzimas de membrana	Hexaclorofeno
Acción sobre ATP	Clorhexidina y óxido de etileno
Enzimas con grupo- SH	Óxido de etileno, glutaraldehído, peróxido de hidrogeno, hipoclorito, yodo, mercuriales
Permeabilidad de la membrana	Alcoholes, clorhexidina y compuestos de amonio cuaternario
Ribosomas	Peróxido de hidrogeno y mercuriales
Ácidos nucleicos	Hipocloritos
Grupos tiol	Óxido de etileno, glutaraldehído, peróxido de hidrógeno, hipoclorito, mercuriales
Grupos amino	Óxido de etileno, glutaraldehído e hipoclorito
Oxidación general	Óxido de etileno, glutaraldehído e hipoclorito

Fuente: Cristancho (2014)

El uso de desinfectantes y el método pueden variar según el protocolo de cada granja, así como el uso de uno solo o mezclas. También el uso va a depender de la capacidad de producción y mano de obra que se tengan dentro de las instalaciones.

Una vez que el huevo fue desinfectado, es importante que el transporte y el almacén también se hagan bajo protocolos rigurosos de limpieza hasta el momento del nacimiento del pollito. Los camiones, incubadoras y áreas de almacenamiento deben estar limpios en todo momento y mantener la higiene a lo largo del transporte y manipulación. Una vez

desinfectados, los huevos no deben mojarse o sufrir algún proceso que los humedezca, ya que el agua provee un excelente medio de transporte de las bacterias (Cristancho, 2014).

Existen cuatro procedimientos principales para la desinfección de huevo:

1. Fumigación con gas:

Se debe elaborar primero una cámara, ya sea de madera o de bloque con cemento. Debe tener en el medio bajo el nivel del piso una hornilla eléctrica con un recipiente de metal, donde se coloca el desinfectante. Luego de esto se prende la hornilla durante 10 minutos, ubicando los huevos dentro la cámara completamente cerrada. Posteriormente se saca los huevos de la cámara y se los colocan en el cuarto frío (Cristancho, 2014).

2. Aspersión de los huevos con solución desinfectante:

Se debe colocar la mezcla del desinfectante junto con el producto a aplicar (según las indicaciones de dilución de la etiqueta) dentro de una bomba de espalda con nebulizador fino después de cada recogida. Se deben llevar al cuarto frío (Tandazo 2012).

3. Desinfección por inmersión en solución desinfectante:

El lavado de los huevos es efectivo para realizar una buena desinfección siempre que el equipo de lavar los huevos funcione correctamente. La temperatura del agua de la lavadora debe ser siempre superior a la temperatura de los huevos (temperatura recomendada, 44° - 48 ° C). La solución de lavado debe contener un detergente o desinfectante y que no sea una lavadora que no recircule el agua. No es recomendable lavar más de 200 huevos por cada 4 litros de capacidad. El tiempo de inmersión no debe exceder de los 2 minutos con 30 segundos y los huevos deben secarse completamente antes de ponerlos en las cajas (Tandazo, 2012).

4. Desinfección con luz ultravioleta:

Los huevos son introducidos en una cámara donde son expuestos a luz ultravioleta, donde no se debe exponer al huevo a humedad y puede hacerse a bajas temperaturas. Sin embargo, el huevo debe estar completamente libre de heces y suciedad (Coperó y García 2008). Este tratamiento suele considerarse como un proceso posterior al uso de algún otro proceso de desinfección química (Keklik, Demirci, Patterson y Puri 2010).

La luz ultra violeta es una buena opción para la desinfección de la cáscara de huevo. En un estudio realizado por Keklik et al. (2018), se analizó el uso de luz ultra violeta sobre la inactivación de *Salmonella enteritidis*. Se usaron huevos de gallinas de 32 semanas Hy-line. Los huevos recolectados posterior a un proceso de limpieza con un detergente alcalino fueron contaminados con un inóculo de *Salmonella enteritidis*. Posterior a esto se les aplicó la luz ultra violeta. Se obtuvo como resultado que al dejar bajo exposición 20 segundos a una distancia de la lámpara de 9,5 centímetros, se logró disminuir la presencia del patógeno sin dañar las características del huevo.

Al-Ajeeli, Taylor, Alvarado y Coufal (2016) compararon distintos métodos de desinfección sobre cáscara de huevo con bacterias mesófitas aeróbicas y *Salmonella enteritidis*. Los métodos utilizados en aspersion fueron: cloro (100 ppm), compuesto de amonio cuaternario (200 ppm), ácido para acético (135 ppm) solo o en combinación con luz ultra violeta y peróxido de hidrogeno (3,5%) en combinación con luz ultra violeta. El uso de peróxido de hidrogeno (3,5%) en combinación con luz ultra violeta, fue el método que obtuvo mejores resultados, seguido de compuesto de amonio cuaternario, luego el ácido para-acético solo y en combinación con luz ultra violeta y finalmente el menos efectivo fue el cloro.

En otro estudio, Wells, Coufal, Parker, Kiess, Young y McDaniel (2011) utilizaron también la luz ultra violeta, pero esta vez mezclándose con un tratamiento previo de peróxido de hidrogeno. Se usaron huevos de reproductora pesada en donde se realizó una aspersion de peróxido de hidrogeno (al 1,5%), dejando completamente cubiertos los huevos y luego se pusieron por 8 minutos en cámaras de luz ultravioleta. Se obtuvo un resultado positivo al aplicar este protocolo, con reducciones de la presencia de organismos sobre la cascara del huevo, sin embargo, no hubo mejoras en el porcentaje de eclosión, peso del huevo o peso del pollito.

Zeweil, Rizk, Bekhet y Ahmed (2014) realizaron una comparación del uso de distintos desinfectantes y como estos afectaron el desarrollo embrionario del pollito. Se utilizaron desinfectantes de origen químico y también desinfectantes naturales. Los desinfectantes químicos utilizados fueron: peróxido de hidrogeno, cloruro de sodio, Betadine (povidona yodada), Virkon S (peroximonosulfato de potasio) y fumigación con formaldehido. Los compuestos naturales que se utilizaron fueron comino y orégano (mezclados con alcohol en distintas concentraciones). Todos los desinfectantes utilizados demostraron reducir de forma significativa la carga bacteriana, la cual fue medida antes de

que los huevos fueran puestos en la incubadora. Todos los desinfectantes lograron reducciones de la carga bacteriana luego de ser almacenados y antes de incubar, con excepción de la fumigación con formaldehído, que incrementó la carga antes de entrar a incubación.

En cuanto al desarrollo embrionario del pollito, los desinfectantes químicos demostraron crecimientos normales, excepto el formaldehído y el cloruro de sodio en donde el peso y el crecimiento fueron inferiores, con malformaciones. En el caso de los desinfectantes naturales se encontró que los embriones tenían mayor peso y un mejor desarrollo (Zeweil et al., 2014).

En contraparte al uso de desinfectantes químicos, Cupur, Arslan, Duru, Baylan, Canogullari y Aksan (2010) utilizaron aceite esencial de orégano como desinfectante natural. En el estudio se usó el aceite de orégano en dos dosis (0,55 and 0,75 $\mu\text{l}/\text{cm}$) y a dos tiempos de exposición (3 y 6 horas). Los huevos, usando el aceite de orégano fueron comparados con huevos usando formaldehído. El uso de aceite de orégano obtuvo menor carga bacteriana, así como la presencia de hongos y levaduras. También disminuyó la mortalidad embrionaria en la fase media y los pollitos de descarte, y a su vez aumentó el porcentaje de eclosión.

Gravedad específica y grosor de la cáscara de huevo

Otro factor que puede afectar la contaminación del huevo y su incubabilidad es el grosor de la cáscara del huevo, ya que un buen manejo puede verse afectado por una cáscara delgada y débil. Si se tienen buenas prácticas de manejo del huevo y a su vez un huevo fuerte, se va a disminuir la contaminación de este.

Una cáscara delgada va a favorecer la pérdida de vapor de agua durante el proceso de la incubación del huevo. Esto va a causar problemas, dando lugar a una mayor mortalidad embrionaria tardía y a pollitos deshidratados al nacer. Además, una cáscara delgada va a tender a agrietarse con mayor facilidad durante su manejo, desde la recolección hasta el transporte. Grietas o fisuras en la cáscara van a favorecer la contaminación del huevo, ya que los microorganismos van a tener una mayor facilidad para entrar al huevo. Además, van a tenerse pérdidas de humedad y todo esto se traduce en menos nacimientos y mayores pérdidas de pollitos (Bramwell y Moyle, 2019).

Un método indirecto no destructivo y económico que puede utilizarse para la medición del grosor de la cáscara del huevo es la gravedad específica. Este método, al no ser destructivo permite que el huevo pueda ser utilizado para otro tipo de pruebas y al ser económico puede ser realizado de forma periódica (Sandí, 2016).

La gravedad específica puede medirse mediante la inmersión de una muestra de huevos en distintas soluciones de agua con sal con distintas densidades. Se utiliza un hidrómetro para medir la densidad de las soluciones salinas, el rango de densidad puede ir desde 1.065 a 1.100 (Ricagno, 2011). Para realizar este método, los huevos son colocados en la solución con la concentración más baja de sal. Los huevos que flotan son los que tienen la gravedad específica correspondiente a la gravedad específica de la solución. Aquellos que no flotan son retirados y trasladados a la siguiente solución con una concentración de sal más alta. Este procedimiento se repite hasta que el huevo flota (Bramwell y Moyle, 2019).

La gravedad específica está correlacionada con el grosor de la cáscara, por lo tanto, un resultado de gravedad específica alto va a indicar un mayor grosor de cáscara. El grosor de cáscara va a estar relacionado a la cantidad de fracturas presentes en el huevo. En el Cuadro 2 se puede observar esta relación entre gravedad específica y la cantidad de fracturas y por lo tanto, la relación existente con el grosor de cáscara.

Cuadro 2. Relación entre porcentaje de rupturas con gravedad específica.

Gravedad específica	Porcentaje de rupturas
1.065	27,3
1.070	21
1.075	11,1
1.080	7,5
1.085	2,4
1.090	0,70

Fuente: Sandí (2016)

Las fracturas y fisuras en la cáscara del huevo van a afectar la protección del huevo contra la contaminación de este. En el Cuadro 3 se puede observar como un huevo con fracturas se va a ver afectado, generando problemas en su incubación.

Cuadro 3. Tasa de nacimientos y calidad de pollitos a partir de huevos intactos en comparación con huevos con microfracturas.

	Huevos intactos	Huevos con microfracturas
Nacimiento total	89,6	66,4
Pollitos segunda calidad	0,9	5,1
Pollitos eliminados	0,7	4,4
Huevos infértiles	4	3,8
Mortalidad temprana	2,9	12,5
Mortalidad intermedia	0,2	0,3
Mortalidad tardía	3,1	13,7
Huevos explosivos	0,2	3,3

Fuente: Bakker (2017)

Con la información presentada en el Cuadro 3, se puede observar como un huevo con fracturas va a ser más propenso a contaminarse y causar problemas tanto de mortalidad de los pollitos como de problemas de calidad. Es va a ser importante para mantener huevos de buena calidad y evitar contaminaciones. Y el método de medición de gravedad específica por medio de soluciones salinas es un alternativa fácil y económica para poder realizar esta medición de grosor de cáscara.

La medición de gravedad específica también es un método útil para poder determinar si se tiene problemas en cuanto a la debilidad del huevo por presencia de una cáscara débil. Una vez que se determina si existen problemas de cáscara débil y fracturas se puede realizar una revisión de en qué punto de la producción se encuentra la causa de los problemas. Se puede tener un mal manejo de la nutrición en crianza o en producción, por deficiencias de calcio o bajo consumo de alimento, problemas de estrés calórico y por lo tanto mala deposición de calcio en la cáscara, presencia de enfermedades o por el

contrario se puede observar también si el problema de las fisuras no es a causa de grosor de cáscara sino por mal manejo del huevo en granja o incubadoras (Butcher y Miles, 2018).

Descripción del sistema productivo

La granja Roble Alto es una empresa costarricense ubicada en San José de la Montaña en Barva de Heredia. Dicha granja pertenece a la Asociación Roblealto Pro-Bienestar del Niño, la cual es sin fines de lucro y busca atender a niños, niñas y adolescentes de Costa Rica que se encuentran en situaciones críticas de riesgo social. La granja al formar parte de dicha asociación genera utilidades para poder financiar los costos administrativos de los programas de atención a la niñez que tiene la Asociación.

La granja distribuye genética avícola a nivel de Costa Rica, Honduras y Nicaragua. Trabaja con las líneas de reproductores pesados, Cobb y Ross y con reproductores livianos Isa Brown (huevo marrón) y Dekalb White (huevo blanco). Roble Alto produce al año 2,5 millones de pollitas (ponedoras) y en pollo de engorde aproximadamente 4 millones de aves.

La empresa se encarga de manejar los reproductores tanto pesados como livianos, de los procesos de la incubación del huevo fértil y la producción de pollito y pollita. Una vez que nació el ave, las pollitas ponedoras de un día (los machos se desechan) son enviadas para que sus clientes las críen y desarrollen para producir el huevo comercial. Con el pollito y pollita para engorde, el proceso es parecido, se supe a los avicultores de pollito de un día y ellos los crían y desarrollan hasta que alcanzan la edad y el peso de llevarlos a la faena.

Roblealto posee máquinas incubadoras multietapa, tanto para los huevos de reproductora pesada como liviana. Las áreas de incubación son separadas en edificios según el objetivo productivo.

OBJETIVOS

Objetivo General:

Desarrollar habilidades y destrezas en el área de reproducción e incubación, mediante una práctica dirigida en el área de calidad y sanidad aviar de la Granja Avícola Roble Alto ubicada en San José de la Montaña, Heredia

Objetivos Específicos:

1. Participar de los procesos cotidianos del manejo de huevo fértil y pollito recién nacido, tales como recolección y selección de huevo incubable, desinfección, manejo del pollito de un día y pesaje de huevo y pollito.
2. Analizar si se están llevando de forma correcta los protocolos del manejo de cama, limpieza de nidos y selección de huevo.
3. Comparar la no desinfección de huevos de reproductora pesada con 2 protocolos de desinfección (formalina+amonio cuaternario, gas formaldehído), mediante la medición de parámetros tales como porcentaje de mortalidad, incubabilidad, calidad de pollito y porcentaje de huevo contaminado.
4. Medir la gravedad específica de huevo fértil para poder determinar el grosor de cáscara, mediante el método de solución salina para reproductores pesados y livianos.

PROCEDIMIENTO Y METODOLOGÍA

Las actividades se realizaron tanto en el área de granja de los reproductores pesados como en el área de incubación, de los módulos de la granja avícola de Roblealto ubicados en San José de la Montaña. Dichas actividades se realizaron desde el 27 de enero del 2020 hasta el 20 de junio del 2020.

Recolección y selección de huevo

Para cumplir con el objetivo del manejo de huevo fértil, se formó parte de las prácticas de recolección y selección para que éste sea apto para la incubación. Una vez recolectado el huevo se participó de los procesos de transporte desde las granjas de producción, pasando por las salas de almacenamiento, traslado a incubadoras y hasta su transferencia a las máquinas necedoras. Estas actividades fueron realizadas solamente para un lote de 51 semanas de edad, línea Cobb, mismo que fue utilizado para la prueba de desinfección de huevo fértil, posteriormente discutida.

Se tomó nota de la cantidad de veces que se recogió el huevo durante el día y si se cumplió con los protocolos establecidos por la empresa (no menos de 6 veces al día). A su vez se revisó la limpieza de los nidos y el estado del material de estos. Se evaluó la calidad de la cama, que no fuera muy compacta y sucia para evitar generar muchos gases nocivos para las aves o suciedad al huevo.

Para los huevos que se encontraron con mala calidad y suciedad se analizó si se debió a un mal manejo de la cama, a problemas de fugas de bebederos o problemas relacionados a la salud intestinal de las aves. Todo lo anterior con la finalidad de poder determinar cuál es el manejo general de la galera donde se recolectan los huevos y si esto pudo afectar la contaminación de estos. Estas revisiones se realizaron al inicio y al final del periodo de la prueba de desinfección de huevo, para poder determinar si se estaban llevando de forma correcta los protocolos de manejo del huevo.

Protocolos de desinfección

En cuanto a la desinfección del huevo fértil en granja, se comparó el protocolo actual de desinfección el cual es en aspersion (PA), contra la no desinfección del huevo fértil (ND) y un nuevo método de desinfección que se realiza en gas (PN), esto en un lote de reproductora pesada Cobb de 51 semanas. Este lote se encuentra en tres galeras distintas. Se tomó una galera para el tratamiento de desinfección normal, una para el nuevo

tratamiento con gas de formalina y otra para los huevos no desinfectados. Las tres galeras están ubicadas en el área de San José de la Montaña en Barva de Heredia. La única diferencia que tenían fue en cuanto a ubicación, la galera de no desinfección se encontraba cruzando la calle, frente a las dos otras galeras (PA y PN). El monitoreo de un único lote permitió tener mejor control de la prueba tanto en el área de granja como en incubadora. El periodo de prueba fue de 7 semanas, desde el 3 de mayo hasta el 5 de julio 2020. Se tomaron como repeticiones todos los nacimientos del lote incluidos en ese periodo.

El protocolo actual de desinfección se realizó mediante una solución de 1,15 ml de formalina y 40 ml de amonio cuaternario por cada galón de agua, la cual se aplicó en aspersion, utilizando una botella con atomizador de mano. El método nuevo de desinfección se realizó utilizando formalina en cámaras de gas. El huevo se colocó dentro de una cámara cerrada donde se colocaron 60 ml de formalina en una plantilla caliente. La plantilla se dejó encendida por 10 minutos. Una vez apagada la plantilla se esperó de 2 a 3 minutos y se procedió a encender el extractor de aire para que el aire circulara y saliera el gas de la cámara. El extractor permaneció encendido por 15 minutos.

Finalmente, el huevo no desinfectado fue recolectado y almacenado sin pasar por ningún proceso de desinfección. Cada una de las muestras de huevo fue correctamente etiquetada con su tratamiento, lote y se envió a incubadora para su recibo, almacén e incubación.

Se utilizó la totalidad de la producción de huevos de cada galera durante todo el período de prueba (116602 huevos para PA, 88128 huevos para PN y 60588 huevos para ND), este tamaño de muestra es para evitar mover constantemente los huevos y que estos tengan un flujo y transporte correcto hacia la máquina nacedora, evitando así movimientos bruscos y mezclas de huevo.

Además, se logró tener una cantidad de muestra más representativa. Cada grupo de huevos se enumeró para dar una correcta trazabilidad a las pruebas, se les etiquetó con el número del lote al cual pertenecen, el tratamiento al que fueron sometidos, fecha de recolección, la fecha de entrada a la máquina incubadora y el número de esta.

En el cuadro 4 se describe la cantidad de huevo cargado a la máquina incubadora para cada uno de los tratamientos y según la fecha de incubación:

Cuadro 4. Cantidad de huevos cargados a la máquina incubadora por fecha de incubación de la prueba de desinfección comparando el protocolo actual de desinfección (PA), contra la no desinfección del huevo fértil (ND) y un nuevo método de desinfección (PN) en un lote de reproductora pesada Cobb de 51 semanas de edad.

Incubación	Cantidad de huevos		
	PA	PN	ND
3/5/2020	11340	6318	5022
6/5/2020	10044	6804	5022
10/5/2020	11826	7614	8424
13 /5/2020	4860	5832	0
17/5/2020	11178	9234	4860
20/5/2020	4536	4860	4860
24/5/2020	9720	6156	6642
27/5/2020	9720	7614	3726
31/5/2020	8910	7614	4860
3/6/2020	6966	4860	2754
7/6/2020	10492	8100	5346
10/6/2020	7614	6156	4536
14/6/2020	9396	6966	4536

Nota: la incubación del 13/5/2020 no tiene tratamiento de ND, debido a que esa semana no se incubaron huevos de esa galera.

Tanto a los huevos que se le realizó la desinfección como los no desinfectados, se les dio seguimiento a lo largo de su desarrollo embrionario, realizando miraje y embriodiagnos. Esto para poder determinar las diferencias existentes de mortalidades, fertilidad y nacimientos entre los tratamientos. El miraje se realizó al día 11- 12 de incubación, descartando los huevos que se vieron claros al ponerlos sobre la luz. A estos huevos se les realizó la embriodiagnos para poder determinar la etapa de mortalidad embrionaria o si fueron infértiles.

Una vez que nacieron los pollitos se realizó la embriodiagnos de los huevos no nacidos y se clasificaron las mortalidades según la clasificación de la incubadora en mortalidad temprana (1 a 7 días), media (8 a 14 días) y tardía (15 a 21 días). Esto para poder determinar cuántos huevos de la muestra fueron infértiles, contaminados, cantidad de huevo picado no nacido y cuantos hubo en cada etapa de mortalidad embrionaria. También se tomó en cuenta los porcentajes de nacimiento, cantidad de pollito de segunda y el porcentaje de huevo explosivo.

Los datos se analizaron con un análisis de varianza (ANOVA) utilizando el software Infostat (Di-Rienzo et al., 2019) de acuerdo con el siguiente modelo:

$$Y = \mu + T_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ijk} = respuesta asociada a la j-ésima repetición del i-ésimo tratamiento

μ = media poblacional.

T_i = corresponde al efecto del i-ésimo tratamiento.

ϵ_{ij} = corresponde al error aleatorio asociado a la j-ésima repetición del i-ésimo tratamiento

Las medias de las variables que mostraron diferencias fueron comparadas por medio de la prueba Tukey con 95% de confianza.

Además de las mediciones anteriormente mencionadas, se tomaron 5 pollitos al momento del nacimiento por cada tratamiento. A estos pollitos se les sacrificó y se les extrajo el hígado y saco vitelino de cada uno. Estas muestras se llevaron al laboratorio para el análisis de posibles contaminaciones, mediante cultivo bacterial.

En el Cuadro 5 se encuentra en resumen el cronograma de incubaciones y nacimientos utilizados para la prueba.

Cuadro 5. Cronograma de la prueba de desinfección comparando el protocolo actual de desinfección (PA), contra la no desinfección del huevo fértil (ND) y un nuevo método de desinfección (PN) en un lote de reproductora pesada Cobb 51 semanas de edad.

Incubación	Nacimiento	Tratamiento
3/5/2020	24/5/2020	PA, ND y PN
6/5/2020	27/5/2020	PA, ND y PN
10/5/2020	31/5/2020	PA, ND y PN
13 /5/2020	3/6/2020	PA y PN
17/5/2020	7/6/2020	PA, ND y PN
20/5/2020	10/6/2020	PA, ND y PN
24/5/2020	14/6/2020	PA, ND y PN
27/5/2020	17/6/2020	PA, ND y PN
31/5/2020	21/6/2020	PA, ND y PN
3/6/2020	24/6/2020	PA, ND y PN
7/6/2020	28/6/2020	PA, ND y PN
10/6/2020	1/7/2020	PA, ND y PN
14/6/2020	5/7/2020	PA, ND y PN

Nota: la incubación del 13/5/2020 no tiene tratamiento de ND, debido a que esa semana no se incubaron huevos de esa galera.

Medición gravedad específica

Se utilizó el método de inmersión de huevos en distintas soluciones de agua salina para la medición de gravedad específica, la cual está relacionada al grosor de cáscara. El tamaño de muestra fue determinado por la empresa y fue de un 4% de la producción de huevo diario por cada lote reproductora pesada y liviana, escogiendo solamente el grupo de aves de peso intermedio. Los lotes utilizados, ubicaciones y cantidad de huevo por semana de muestra utilizado están descritos en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Líneas genéticas de los lotes utilizados para la medición de gravedad específica, con su respectiva edad, ubicación y cantidad de huevos utilizados.

Línea genética	Edad	Ubicación	Huevos por semana
Dekalb White	53 semanas	San José de la Montaña, Heredia	80
Dekalb White	31 semanas	Santa Bárbara, Heredia	130
Isa Brown	75 semanas	Ciudad Colón, San José	150
Isa Brown	53 semanas	San José de la Montaña, Heredia	150
Isa Brown	33 semanas	Carrizal, Heredia	110
Cobb	62 semanas	Atenas, Alajuela	60
Cobb	45 semanas	San José de la Montaña, Heredia	100
Ross	31 semanas	Poás, Alajuela	150

Se tomaron en cuenta distintas edades, climas y lotes ya que la calidad de la cáscara del huevo va a variar según el manejo del ave dentro de cada módulo, las condiciones climáticas en las que se encuentra (si estas causan algún tipo de estrés) y la edad del ave (afectando el tamaño del huevo). Además, el lote de Isa White de 69 semanas había ya pasado por el proceso de muda forzada, por lo que se utilizó para poder observar cómo se comportó el grosor de cáscara de aves que pasaron por el proceso de muda en comparación con otras edades.

La muestra de huevos fue recolectada en granja por los encargados durante la misma hora (antes de las 11 de la mañana), del mismo grupo de aves (peso intermedio) y de la misma área de nidales. Se procuró también que fueran recolectados durante las 24 horas previas a la prueba. Una vez lista la muestra fue etiquetada y enviada a incubadora.

La prueba y preparación de las soluciones se realizó en la sala de huevo ubicado en la incubadora de reproductora liviana. Los huevos de reproductora pesada fueron trasladados a la misma área donde se ubican los huevos de reproductora liviana. Una vez

en incubadora, los huevos pasaron por todo el proceso de recibo, hasta su paso por la máquina selectora dentro de la sala de selección de huevo.

Luego de esto, se procedió a preparar 7 soluciones de agua con sal de distintas densidades procurando que la temperatura del huevo fuera la misma que la de la solución y usando un hidrómetro para calibrar las densidades. Las distintas disoluciones se prepararon de la forma presentada a continuación en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Protocolo de preparación de soluciones salinas para la medición de gravedad específica.

Gravedad específica	Gramos sal/litros agua
1.065	1542g / 15,5 litros
1.070	1723g / 15,5 litros
1.075	1875g / 15,5 litros
1.080	1967g / 15,5 litros
1.085	1988g / 15,5 litros
1.090	2113g / 15,5 litros
1.095	2249g / 15,5 litros

Luego de preparar las soluciones se tomó la muestra del huevo (el 4%) y se enumeró cada huevo con marcador permanente, esto para poder darle seguimiento durante su incubación y nacimiento. Posterior a esto se colocaron 20 huevos en una canasta plástica y se introdujeron dentro de un recipiente con agua sin sal y se dejaron escurrir por 10 segundos.

Una vez pasado este tiempo se sumergieron los huevos en la primera solución, la de menor gravedad específica (1.065) por 20 segundos, se removieron los huevos que flotan hasta la superficie y se colocaron en una bandeja aparte, anotando la densidad correspondiente. Los huevos que no llegaron completamente a la superficie o que llegaron, pero no permanecieron en ella, se clasificaron como pertenecientes a la próxima solución.

Al pasar la canasta plástica que contiene los huevos de una solución a otra siempre se pasó la cesta por el recipiente de agua sin sal para no alterar la concentración de sal de las siguientes soluciones. Se repitió el mismo procedimiento en los siguientes recipientes y se anotó en el registro los huevos que flotaron en cada concentración. Al finalizar, se calculó el porcentaje de estos por categoría.

Este proceso se realizó para cada uno de los lotes una vez por semana, por un periodo de 6 semanas, teniendo entonces 6 repeticiones para cada uno de los lotes. Previo a cada medición de densidad, se revisaron las soluciones con el hidrómetro, esto para que las soluciones estén calibradas y con la densidad correspondiente. En el caso de existir alguna discrepancia se agregó sal o agua a la solución según fuera necesario.

La distribución de los días se encuentra descrito en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Cronograma de distribución de lotes para la realización de la prueba gravedad específica.

Día de la semana	Lote
Lunes	Dekalb White, 53 semanas
	Dekalb White, 31 semanas
	Cobb 62 semanas
Jueves	Cobb 45 semanas
	Ross 31 semanas
	Isa Brown 75 semanas
Viernes	Isa Brown 53 semanas
	Isa Brown 33 semanas

Luego de realizada la prueba, los huevos se colocaron en bandejas separadas y etiquetadas, para que se llevaran a la máquina incubadora sin que se mezclaran con huevos de otros lotes durante la incubación y nacimiento. A todos los huevos de la prueba se les dio seguimiento a lo largo de su desarrollo embrionario, realizando miraje y embriodiagnos. El miraje se realizó al día 11- 12 de incubación, descartando los huevos

que se vieron claros al ponerlos sobre la luz. A estos huevos se les realizó la embriodiagnosia para poder determinar la etapa de mortalidad embrionaria o si fueron infértiles. Una vez que nacieron los pollitos, se realizó la embriodiagnosia de los huevos no nacidos y se clasificaron las mortalidades según la clasificación de la incubadora en mortalidad temprana (1 a 7 días), media (8 a 14 días) y tardía (15 a 21 días).

En conjunto con la medición de gravedad específica, también se midió a algunos lotes el porcentaje de fisuras presentes en el huevo, en dos puntos del proceso. El primer punto al llegar a la sala de selección de huevo (FA) y el segundo punto luego de haber pasado por la máquina seleccionadora de huevo (FD). Para la medición se utilizaron los mismos 2 lotes de reproductora liviana Dekalb White y los 3 de Isa Brown de la medición de gravedad específica. En el caso de la reproductora pesada, solo se utilizó el lote de Ross. Estas mediciones se tomaron durante las mismas 6 semanas de la prueba de gravedad específica, teniendo entonces 6 repeticiones para cada lote.

Una vez que la muestra del lote para gravedad específica ingresaba al área de selección de la incubadora, se tomó entre 30 y 60 huevos según el lote para su revisión. Cada huevo se revisó de forma individual, colocando el huevo sobre un foco de mano para revisar la presencia o ausencia de fisuras. Una vez revisado el huevo en el punto FA se anotaban la cantidad de fisuras presentes y si se encontraba una fisura, se marcaba el huevo con un marcador. Esta marca se realizó para que al momento de revisar el huevo en el punto FD no se contará la misma fisura dos veces.

La máquina seleccionadora, divide el huevo por pesos. El peso a utilizar va a depender del lote que se esté utilizando. Hay lotes que no se separa el huevo por un peso específico, sin embargo, pasan por la máquina seleccionadora para poder retirar manualmente los huevos quebrados o deformes.

En el Cuadro 9 se puede observar los lotes utilizados para la muestra y la cantidad de huevos utilizados por cada repetición y total de huevos que se utilizaron en las 6 semanas de prueba. Para cada medición se usó la misma cantidad de huevos.

Cuadro 9. Cantidad de huevos utilizados para la prueba de fisuras presentes en el punto antes de pasar por la máquina seleccionadora (FA) y luego de pasar por la máquina seleccionadora (FD) para cada una de las mediciones realizadas.

Lote	Cantidad huevos
Dekalb White 53 semanas	30
Dekalb White 31 semanas	60
Isa Brown 75 semanas	60
Isa Brown 53 semanas	60
Isa Brown 33 semanas	60
Ross 31 semanas	60

Actividades de manejo de huevo fértil, pollito y pollita ponedora en incubadora

En el área de incubadora se realizaron distintas actividades de manejo del huevo y de pollito de un día. Durante la nacida de los pollitos se realizó el pesaje de un 3% de pollitos por cada lote que nació. Además de esto se revisó la calidad del pollito, que este no tuviera problemas de patas, codos rojos, malformaciones u ombligos infectados. Se revisó también la temperatura interna de una muestra de 10 pollitos en el área de despacho y 10 en el área de vacuna, esto para revisar que los pollitos no estuvieran ni con frío ni calor.

Se realizó la toma de muestra de meconio de pollitos de un día para llevar a laboratorio. Se tomó meconio de 110 pollitos por muestra, esto para lograr los 30 gramos de muestra necesarios para enviar a laboratorio. Además de esta toma de muestra también se tomó muestra de hígado de pollito de huevo picado no nacido para enviar a analizar.

En el manejo del huevo fértil, se realizó el pesaje de huevo, de una selección de un 6% por cada lote, escogiendo los huevos al azar. El pesaje se realizó en el área de almacén del huevo dentro de la planta incubadora. También se revisó de forma visual, que el huevo colocado en las bandejas de incubación no estuviera quebrado o con fisuras muy visibles, que su cáscara se encontrara limpia y que el huevo se encontrara en la posición correcta dentro de las bandejas (con la cámara de aire hacia arriba).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Recolección y selección de huevo

La recolección de huevo en granja se realizó 6 veces al día, evitando de esta forma que el huevo pasara mucho tiempo en el nido. El huevo se recolectó antes de las 12 medio día y después de las 2 p.m. Durante la primera recolección que se realiza en el día es donde se recolectaron la mayoría de los huevos y conforme pasan las horas del día, estos van disminuyendo (1era: 59%, 2 da: 30% y en las otras: 11%, de la producción diaria).

La calidad de cama se mantuvo muy estable y en buenas condiciones, en algunos casos se observaron problemas de agua alrededor de los bebederos de campana y en menor cantidad en los bebederos de niple, esto debido a que los animales los movían en exceso. Además de esto, al inicio de las lluvias, se presentaron problemas menores en cuanto a pequeñas áreas de las galeras que se encontraban mojadas.

En cuanto a la integridad intestinal de las aves, no se encontraron problemas de ningún tipo, como por ejemplo diarreas. Las aves se mantuvieron con buena salud y sin ningún tipo de afectación. Así mismo los nidos se mantenían limpios y sin ningún material que pudiera causarles daños a los huevos.

El huevo una vez recolectado, fue seleccionado según las siguientes características: deforme, sucio, cáscara débil, quebrado, pequeño. Una vez realizada la selección, el huevo apto para ir a incubadora era almacenado dentro de un cuarto frío (20-21°C) de la misma área de las galeras. Este huevo era empacado en cajas plásticas; donde se empacaron en 12 separadores de 30 huevos cada uno, para un total de 360 huevos por caja.

El mismo día de la recolección, el huevo era llevado en un camión especial para su transporte hasta las incubadoras. Al llegar al cuarto de selección de la incubadora, el huevo sucio, deforme, de cáscara débil, quebrado, con depósitos de calcio, redondos, puntiagudos, acinturados, agrietados o con lados planos que haya llegado se descarta. El huevo seleccionado que si es apto para llevar a incubadoras se coloca en las bandejas especiales (de 162 huevos), las cuales se colocarán posteriormente en los carritos de incubación.

El cuarto frío se encuentra a una temperatura que oscila entre los 18 y 20° C. El huevo se almacena de 1 a 8 días como máximo, antes de ser llevado a la máquina incubadora. Antes de entrar a la máquina incubadora los huevos se precalentaron por 6

horas a 25-26° C, para evitar cambios y choques térmicos, causando desde muertes embrionarias hasta la condensación sobre la cáscara y por consiguiente la susceptibilidad para el crecimiento de hongos.

El huevo permaneció en la máquina incubadora por 19 días a temperaturas de 37,5°C Entre el día 11-12, se realizó el proceso de ovoscopia o miraje. Durante este proceso se retiraron los huevos que se vieron claros al ponerse sobre una fuente de luz (huevos infértiles o embriones muertos). Al día 19 el huevo es trasladado a las máquinas nacedoras donde el pollito tuvo más espacio, para luego nacer el día 21 de incubación.

Resultados de los protocolos de desinfección

En el Cuadro 10 se presentan los resultados resumen de la prueba de desinfección realizada por 7 semanas al lote de reproductora pesada Cobb de 51 semanas.

Cuadro 10. Resultados prueba de desinfección de la comparación del protocolo actual de desinfección (PA), contra la no desinfección del huevo fértil (ND) y un nuevo método de desinfección (PN) en un lote de reproductora pesada Cobb de 51 semanas de edad durante 7 semanas.

	PA	ND	PN
Infértil	5,43%	2,51%	5,90%
Contaminados	1,19%	1,33%	1,55%
Explosivos	0,23%	0,24%	0,34%
Picado no nacido	1,33%	2,02%	1,74%
Mortalidad temprana 0-7 días	7,62%	7,14%	8,10%
Mortalidad media 8-14 días	0,36%	0,22%	0,85%
Mortalidad tardía 15-21 días	6,34%	8,87%	6,49%
Nacimientos totales	77,74%	77,93%	75,37%
Nacimientos de huevos fértiles	82,18%	79,92%	80,11%
Pollito de segunda	3,33%	3,25%	2,92%

Al analizar estadísticamente los datos del Cuadro 10, no se encontraron diferencias significativas para ninguno de los rubros evaluados. Excepto en el rango de la infertilidad en la cual PA y PN no eran significativamente distintos entre ellos, pero sí de ND. Sin embargo, no se tomó en cuenta esta significancia para encontrar diferencias entre los

tratamientos ya que la infertilidad no está ligada ni es consecuencia del tipo de desinfección del huevo. Por lo tanto, para el resto de los valores, al no encontrar diferencias estadísticas o alguna tendencia en los resultados, se realizó una revisión de las diferencias numéricas de forma descriptiva, por petición de la empresa, las cuales se discuten a continuación. Esta revisión numérica se realizó ya que, aunque las diferencias estadísticamente no sean significativas, al trabajar con volúmenes altos de huevo, un porcentaje pequeño puede en sumatoria ser significativo para la producción.

En el Cuadro 10, se puede observar como el tratamiento que tuvo un porcentaje de nacimientos totales menor fue el PN, siendo ND el tratamiento que tuvo el porcentaje de nacimiento mayor, seguido de PA. Esto puede deberse a que el grupo PN fue el que tuvo el porcentaje de infertilidad mayor en comparación a los otros dos tratamientos. Por otro lado, el tratamiento ND tuvo un porcentaje muy bajo de infertilidad. Esto puede afectar la cantidad de nacimientos, sin embargo, la infertilidad no es un factor que está relacionada al tipo de desinfección del huevo, sino a factores intrínsecos de cada lote de las aves. Al ser la infertilidad un factor que puede afectar el análisis de los datos se calculó el nacimiento de huevos fértiles, para así poder observar cual fue la cantidad de pollitos nacidos sobre los huevos que si fueron fértiles.

Utilizando entonces los nacimientos de huevos fértiles se puede observar cómo PA es el que tuvo el porcentaje mayor de nacimientos, seguido de PN y finalmente ND fue el protocolo con el menor porcentaje de nacimientos. Si se compara esto con los nacimientos totales se puede observar la importancia de considerar la infertilidad como un factor que podría afectar el análisis de los resultados.

La mortalidad de 0 a 7 días es una etapa que puede verse afectada por el tipo de desinfección, ya que, si es un desinfectante muy nocivo para el embrión, este puede causar su muerte en las primeras etapas de crecimiento (López, 2016). En el tratamiento de PN es donde se obtuvo un porcentaje mayor de mortalidad en comparación a los otros dos tratamientos. El tratamiento ND fue el que obtuvo menor porcentaje y PA un valor intermedio. El bajo porcentaje de mortalidad embrionaria de 0 a 7 días de ND puede deberse a la ausencia de un desinfectante químico que pudiera generar muerte embrionaria.

En el caso de PN, el uso de la desinfección con formalina pudo haber causado una mayor muerte embrionaria. Esto puede deberse a una exposición por un tiempo muy largo con el desinfectante o por una dosificación muy alta. También la formalina ataca los grupos amino de las proteínas y los ácidos nucleicos. Por lo tanto, si este desinfectante interactúa

en cantidades nocivas para el embrión puede llegar a causar su muerte temprana (Cadirci, 2009).

Para el tratamiento PN, al realizar las visitas de campo se pudo conversar con el encargado sobre la cantidad de huevo cargado a la cámara de gas. Él informó que usualmente se cargan entre 200 y 360 huevos a la vez, y la dosis no se cambió ni ajustó en caso de tener una carga menor de huevos de la capacidad de la cámara de gas. Por lo tanto, el tener una dosis alta de formalina, puede ser una de las razones de la alta mortalidad embrionaria temprana. El tiempo de desinfección del huevo nunca fue más de 20 minutos, lo cual es un tiempo adecuado que no va a afectar la viabilidad del embrión (Cadirci, 2009).

El tratamiento de PA tiene como desinfectantes formalina y amonio cuaternario diluidos en agua. Este protocolo, al usar menor cantidad de formalina y otro desinfectante que no es tan nocivo, puede ser la razón de tener menor mortalidad embrionaria temprana. A diferencia de PN la formalina no se utilizó pura y la dosis pudo afectar menos el desarrollo embrionario (Jiménez, 2017).

La contaminación y cantidad de huevo explosivo es otro factor que se ve afectado por el método de desinfección. En el Cuadro 10 se puede observar como para ambos parámetros, PN tuvo el mayor porcentaje. PA obtuvo los porcentajes menores para ambos parámetros seguido de ND, lo que se puede conjeturar una mejor eficacia de PA para la disminución de carga bacteriana en la cáscara de huevos.

Respecto a PN, la cantidad de huevo explosivo y contaminado puede no estar directamente relacionada a que sea un mal método de desinfección. Este alto porcentaje puede deberse a una destrucción de la cutícula del huevo al usar una dosis muy alta de formalina. Esto va a causar que la primera capa de protección del huevo se pierda y así se dé mayor entrada de contaminantes al huevo. La formalina actúa sobre proteínas y la cutícula es una capa de proteínas que rodea el huevo. Por lo tanto, en una dosis muy alta puede llegar a degradar estas proteínas y exponer el huevo a contaminantes (Cadirci, 2009). Se recomienda entonces ajustar la dosis de formalina a utilizar de acuerdo con la cantidad de huevos para evitar la destrucción de la cutícula y alta mortalidad temprana.

El tratamiento PA muestra valores menores de huevos explosivos y contaminados lo que puede reflejar que es un protocolo de desinfección que baja la carga bacteriana y a su vez no afecta de forma agresiva la cutícula del huevo, logrando así evitar la pérdida de protección natural del huevo. El tratamiento ND tuvo un valor similar tanto de huevos explosivos como de huevos contaminados en comparación a PA. Con esto se puede

concluir que para ND no se tuvo una cantidad alta de huevo sucio y el manejo de cama junto con la cantidad de recolección es adecuado, evitando así altos porcentajes de huevo contaminado. A su vez refleja un buen manejo de limpieza y de desinfección de las instalaciones dentro de la planta incubadora.

Es importante analizar que, a pesar de usar un mismo lote y una misma edad, este se encontraba dividido. Las galeras de PA y PN se encontraban en un área aparte a la de la galera de ND. Los tres tratamientos estaban dentro de una misma área geográfica, pero con un manejo y condiciones distintas que pudieron afectar el rendimiento de las aves. Esta condición no se pudo controlar ya que al ser un ensayo de campo se utilizó el lote que se indicó por parte de la empresa.

En cuanto a los pollitos enviados al laboratorio para cultivo bacteriano de hígado y saco vitelino, las tres repeticiones realizadas para cada tratamiento resultaron negativas, no hubo crecimiento bacteriano en ninguno de los lotes.

Medición gravedad específica

La medición de gravedad específica se programó para ser realizada durante 6 semanas para ocho lotes de reproductores. Sin embargo, dos lotes tuvieron menos mediciones, para el lote Cobb de 63 semanas solo se hicieron 3 mediciones debido a que por edad su ciclo productivo ya estaba terminando. El lote de Isa Brown que había pasado por muda de 75 semanas solo tuvo 5 mediciones por la misma razón que el lote de Cobb de 63 semanas.

Los resultados obtenidos se compararon numéricamente entre sí, para poder observar las diferencias encontradas entre las edades de los lotes y también entre las distintas líneas genéticas utilizadas (Dekalb White, Isa Brown, Cobb y Ross). Los resultados resumen durante el periodo de 6 semanas de la prueba se pueden observar en la Figura 3.

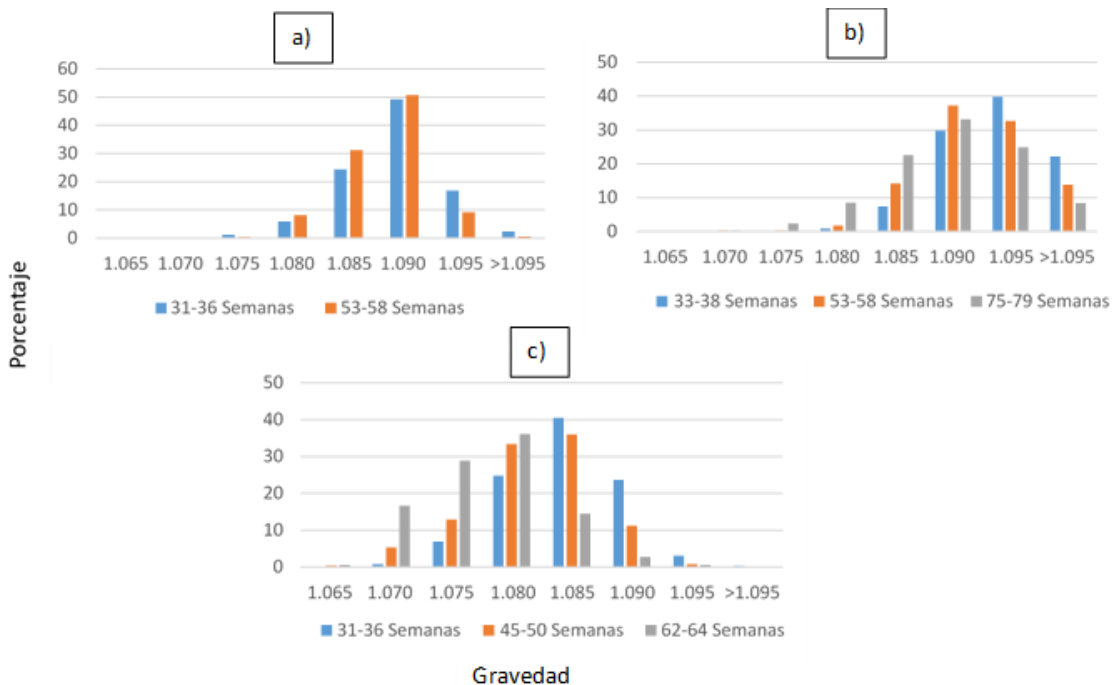


Figura 3. Resultados resumen durante las 6 semanas de la prueba de gravedad específica comparando lotes de reproductora liviana y pesada. a) Dekalb White 53-58 semanas y 31-36 semanas, b) Isa Brown 75-79 semanas, 53-58 semanas y 33-38 semanas), f) Cobb 62-64 semanas, 45-50 semanas y Ross 31-36 semanas.

Un grosor de cáscara muy delgado podría generar problemas debido a la pérdida excesiva de humedad, causando así que el embrión se deshidrate. Así mismo, una cáscara frágil puede generar un aumento en la cantidad de fisuras causando así un aumento de las contaminaciones presentes (Salazar, 2015). En el caso de los lotes de la Figura 3, no se presentan gravedades específicas que sugieran este tipo de problemas.

A partir de la Figura 3, se puede observar cómo ninguno de los lotes presentó gravedades específicas con valores menores a 1.070, observándose inclusive valores mayores al 1.095. También se puede observar como los lotes de reproductora liviana Dekalb White (a) e Isa Brown (b) son los que tuvieron tendencia a gravedades específicas mayores a 1.085.

Estos valores de gravedad específica altos significan que las cáscaras de los huevos tanto de Dekalb White como Isa Brown son gruesas y no tienen problemas de cáscaras débiles o muy delgadas. Por el contrario, los resultados mayores al 1.095 reflejan un grosor

de cáscara alto. Los lotes de reproductora pesada Cobb y el lote Ross (c), obtuvieron valores de gravedad más bajos en comparación a los de liviana, sin embargo, estos valores se concentraron entre 1.075 y 1.085.

El lote Isa Brown 75-79 semanas (b), al iniciar la prueba de gravedad específica, había pasado por el proceso de muda forzada. Al analizar los resultados obtenidos, se observó cómo los valores de gravedad específica en promedio estaban entre el 1.085 y 1.095. Se Concluye de esta forma que gracias al proceso de muda forzada se obtuvieron resultados cercanos a los de aves más jóvenes.

En la figura 3, también se puede observar como en los lotes de Dekalb White (a), se dio una disminución leve del grosor de cáscara al analizar lotes de aves de edad más avanzada. En el caso de los lotes de Isa Brown (b) se logra ver una disminución más marcada al cambiar la edad del ave. Se logra observar una disminución de los valores iguales y mayores a 1.095 conforme la edad del ave aumenta y también como los valores 1.085 a 1.075 aumentaron al aumentar la edad de los lotes las parvadas. En el caso de los lotes de reproductora pesada Cobb y Ross (c), los cambios se dieron de forma más marcada en comparación a los de reproductora liviana (a, b).

Esta disminución de grosor de cáscara del huevo conforme aumenta la edad del ave es un cambio que sucede de forma normal. Esta disminución se debe a que, al aumentar la edad del ave, se incrementa también el tamaño del huevo causando así que el grosor de la cáscara sea cada vez más delgado. Otro factor que afecta al crecer el ave es la deficiencia en el proceso de calcificación del huevo (Soler y Bueso, 2018). Por lo tanto, es normal que a medida que el ave envejece presente una disminución en el grosor de cáscara.

Sin embargo, los cambios semanales de grosor de cáscara no fueron de forma lineal durante cada semana de la prueba, sino que algunas semanas se logró obtener resultados de gravedad específica mayores a semanas anteriores. Esta disminución no lineal se puede deber a que existen otros factores además de la edad, que intervienen en los procesos de calcificación de la cáscara, afectando así el grosor de esta. Estos factores están relacionados al nivel de bienestar en el que se encuentren los animales y si han sufrido algún momento de estrés. Pueden encontrarse problemas en cuanto al acceso al alimento, problemas por alojamiento, falta de calcio en la dieta o algún manejo erróneo que haya sucedido. Las altas temperaturas también pueden afectar, causando estrés calórico en los animales y de esta forma provocan desbalances en los procesos de calcificación (Soler y Bueso, 2018).

En el Cuadro 11 se puede observar los resultados resumen de los promedios ponderados de cada lote para gravedad específica. Según Di Matteo y Plano (2001), para un lote joven el promedio ponderado de la gravedad específica debe estar entre 1.080 a 1.090.

Cuadro 11. Promedios ponderados resumen de los resultados de gravedad específica de huevo de reproductora pesada y liviana.

Lote	Gravedad específica
Dekalb White 53-58 semanas	1.088
Dekalb White 31-36 semanas	1.089
Cobb 62-64 semanas	1.078
Cobb 45-50 semanas	1.082
Ross 31-36 semanas	1.084
Isa Brown 75-79 semanas	1.090
Isa Brown 53-58 semanas	1.092
Isa Brown 33-38 semanas	1.094

A partir de los resultados anteriores, se puede observar cómo los valores promedio se encuentran en el rango de 1.078 a 1.094, encontrándose muy cercanos a los valores establecidos por Di Matteo y Plano (2001), los cuales son un rango de 1.080 a 1.090. Tanto los lotes de Dekalb White como de Isa Brown se encuentran con valores cercanos al 1.090 e inclusive por encima de dicho valor en el caso de dos de los lotes de Isa Brown (53-58 y 33-38 semanas). En el caso de los lotes de reproductora pesada de Cobb y Ross se obtuvieron valores más cercanos al 1.080 e inclusive el lote Cobb 62 a 64 semanas tuvo un resultado de 1.078, levemente por debajo del 1.080. Sin embargo, no son valores muy lejanos al 1.080, lo cual no indica grosores de cáscara muy débiles.

Con los resultados anteriores, se puede observar cómo, aunque los lotes utilizados fueron de diferentes edades, en su mayoría todos se encontraron dentro del rango establecido para un ave joven, con grosores de cáscara gruesa.

Los resultados de embriodiagnos se tomaron para cada uno de los lotes de prueba, sin embargo, se graficaron de forma resumen para poder observar los resultados obtenidos durante las 6 semanas. Para cada lote se tomó en cuenta los huevos infértiles, contaminados, picados no nacidos, la mortalidad temprana, media y tardía y la cantidad de pollito nacido. Para cada una de las etapas de la embriodiagnos se realizó la distribución de la gravedad específica correspondiente. Los resultados para reproductoras Dekalb White se observan en la Figura 4.

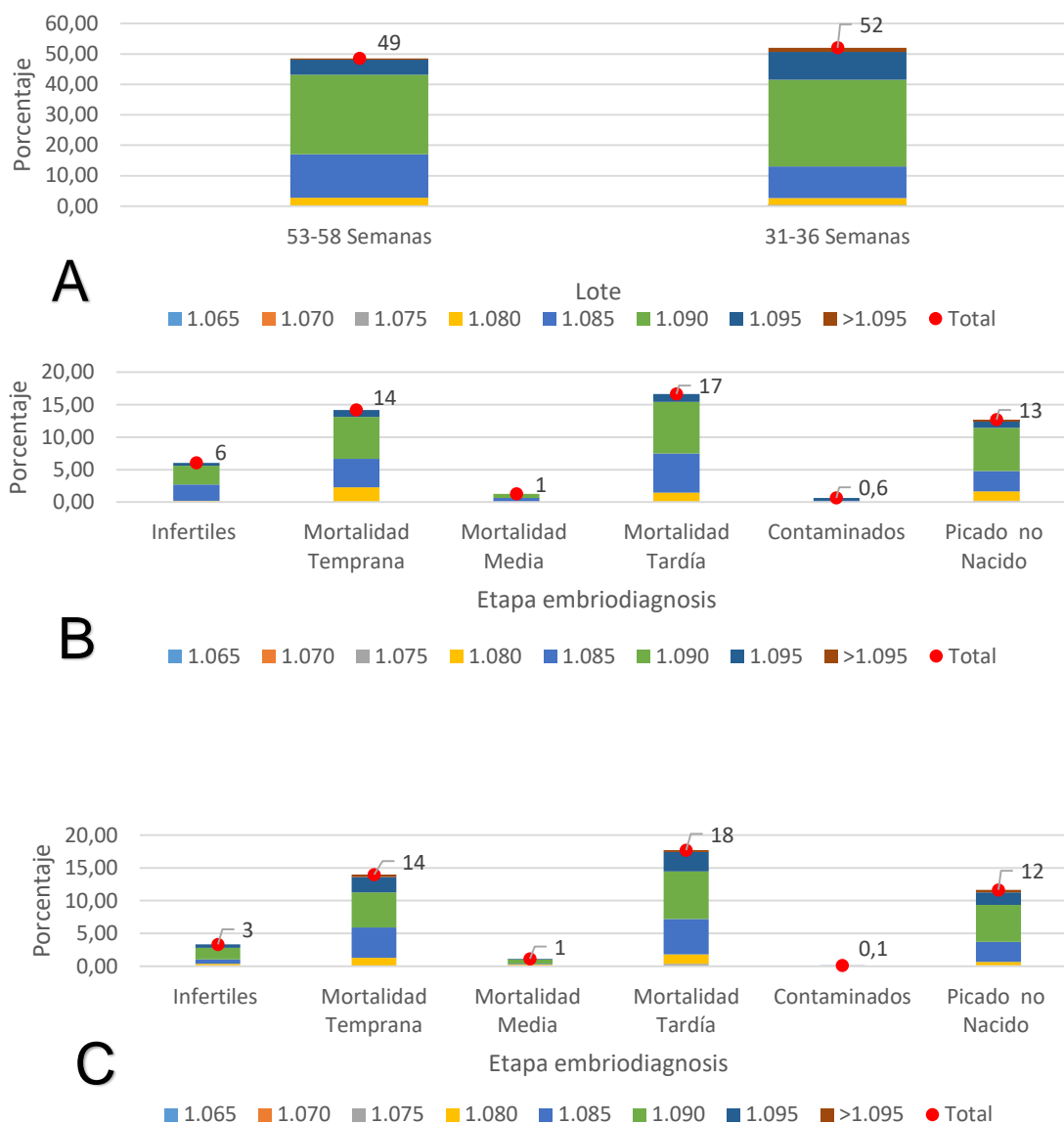


Figura 4. Resultados resumen para reproductoras Dekalb White durante 6 semanas de prueba de nacimientos (A) y embriodiagnos para 53-58 semanas (B) y 31-36 semanas (C) de edad, con su respectiva distribución de gravedad específica.

En la Figura 4 se puede observar cómo en A, al comparar aves de edades diferentes, el valor de nacimientos es menor en aves de edad avanzada que aves jóvenes. Así mismo en la Figura 4B y 4C, se observa como la infertilidad en aves de edad avanzada es mayor que en aves jóvenes. La disminución de fertilidad y nacimientos conforme aumenta la edad del ave son procesos que ocurren de forma natural. Existen factores que pueden influenciar los nacimientos y la infertilidad, tales como la nutrición del ave, su condición corporal, condiciones climáticas, presencia de estrés, entre otros (King'ori, 2011).

La mortalidad temprana, tardía y el huevo picado no nacido contribuyen aproximadamente en un 44% de la mortalidad para ambos lotes de Dekalb White. Para las etapas de embriodiagnos de mortalidad tardía, temprana y huevo picado no nacido se pueden observar valores variados, teniendo valores de gravedad específica de cáscaras más delgadas (1.080) hasta valores más gruesos (1.095). Por lo tanto, con los resultados obtenidos no se puede determinar que la causa de alguna etapa de embriodiagnos se deba exclusivamente al grosor de cáscara.

La mortalidad embrionaria temprana puede verse afectada por muchos factores de manejo, humedad y temperaturas, aparte del grosor de cáscara. Esto porque durante esos primeros 7 días el huevo está siendo trasladado hacia la planta incubadora, seleccionado, puesto en bandejas, almacenado y trasladado a incubadora y esto puede afectar la supervivencia del embrión (Di Matteo y Plano, 2001).

La mortalidad tardía puede deberse también a factores ajenos al grosor de cáscara como lo son la temperatura, humedad, ventilación, volteo, entre otros. La causa relacionada al grosor de cáscara puede ser debido a una cáscara muy débil y pérdida excesiva de la humedad del huevo o contaminaciones. Esto último no se ve reflejado en los lotes de la Figura 4 ya que los grosores de cáscara obtenidos no fueron delgados. Sin embargo, si se tuvo resultados de grosores de cáscara altos y esto también puede afectar al pollito. Al tener una cáscara gruesa se puede dar un intercambio gaseoso deficiente, causando así una muerte por exceso de dióxido de carbono y cámaras de aire muy pequeñas (Di Matteo y Plano, 2001).

En cuanto a los pollitos de huevo picado no nacido, el pollito podría tener más dificultad para picar la cáscara, eventualmente agotarse y no poder salir del huevo debido a grosores de cáscara muy altos (López, 2016). En los lotes de reproductora liviana Dekalb White se obtuvo resultados de grosor de cáscara altos por lo que estos valores pudieron ser la causa de la cantidad de pollito de huevo picado no nacido. Sin embargo, viendo la distribución de gravedad específica en la embriodiagnos se puede observar cómo en este

caso el grosor no fue una causa directa y única que pudiera afectar la cantidad de pollitos de huevo picado no nacido.

Otro de los factores a analizar que puede también relacionarse al grosor de cáscara son los huevos contaminados; ya que si se tienen grosores de cáscara muy delgados pueden darse mayores problemas de fisuras o huevos quebrados. Las fisuras van a causar una puerta de entrada para contaminación dentro del huevo y los huevos quebrados durante la incubación llegan a ser un foco para crecimiento bacteriano o de hongos. Al existir un foco de contaminación los otros huevos pueden verse afectados y generar problemas de contaminación en toda la máquina incubadora, debido a que estos huevos contaminados pueden ser explosivos contaminando a los demás huevos. Los focos de contaminación pueden causar que huevos limpios se contaminen y al picar el pollito la cáscara estos contaminantes pueden entrar a su sistema. (Di Matteo y Plano, 2001).

Los resultados obtenidos de huevos contaminados fueron para ambos lotes valores de un 1%. Estos valores bajos de contaminación pueden indicar que los manejos de limpieza y desinfección están siendo realizados de forma rigurosa, evitando así la existencia de contaminantes en el ambiente o superficies. Otra razón para tener valores bajos de contaminación puede verse relacionado a los grosores altos de cáscara, los cuales ayudaron a evitar un aumento en los huevos fisurados o quebrados. Al tener menos huevos quebrados o fisurados dentro de la máquina incubadora, se va a evitar la presencia de huevos explosivos que puedan generar un aumento en la contaminación.

En la Figura 5, se pueden ver los resultados obtenidos de la embriodiagnosia para los lotes de reproductora liviana Isa Brown.

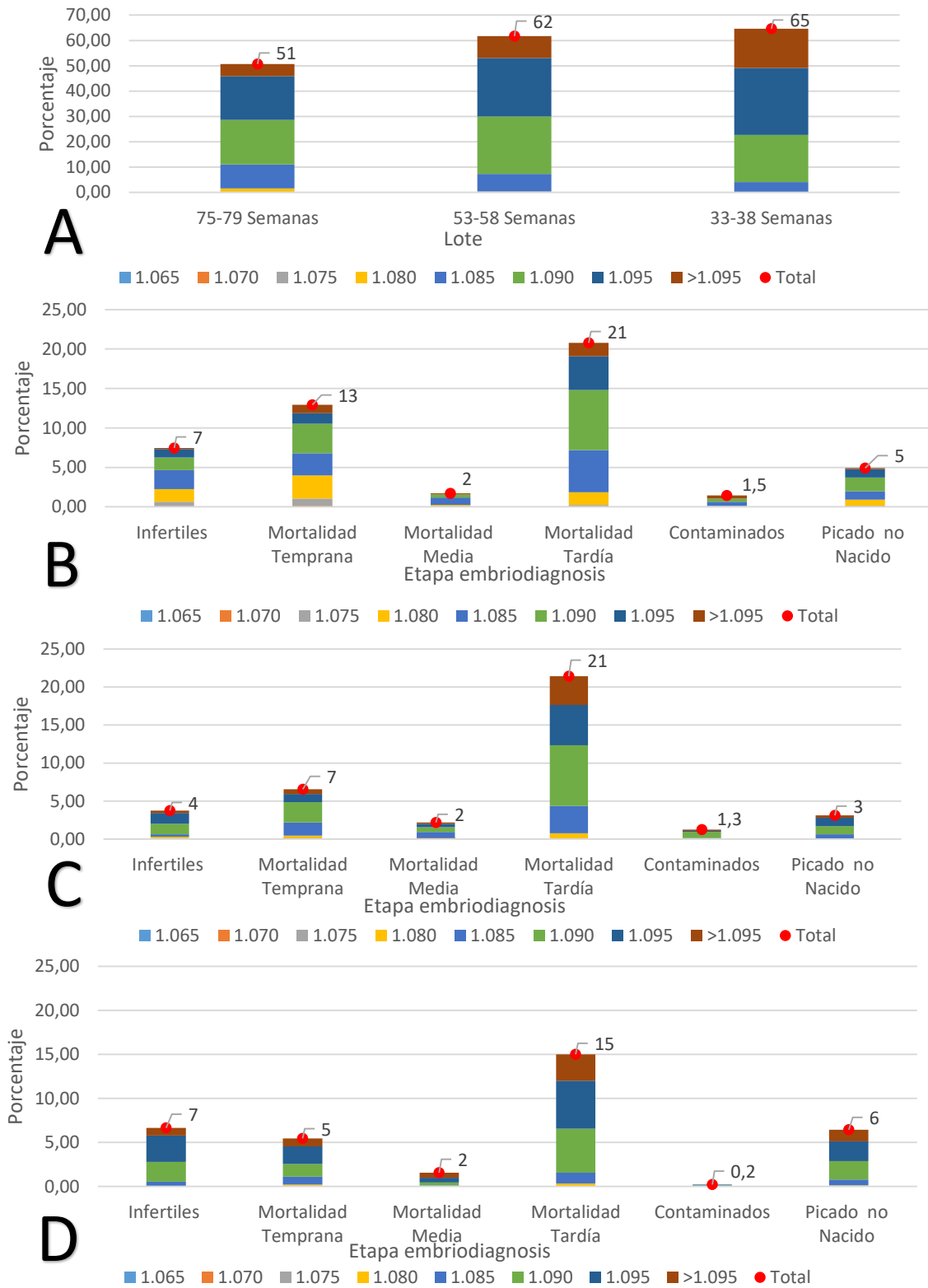


Figura 5. Resultados resumen para reproductoras ISA Brown durante 6 semanas de prueba de nacimientos (A) y embriodiagnos para 75-79 semanas (B), 53-58 semanas (C) y 33-38 semanas de edad (D), con su respectiva distribución de gravedad específica.

En cuanto a los nacimientos, al igual que para los lotes de Dekalb White se puede ver que en la Figura 5A, que al comparar aves de edades distintas, las aves de edad avanzada tienen un porcentaje de nacimientos menor en comparación a aves jóvenes. Con el caso de la infertilidad se da una situación distinta, al pasar de las 33-38 semanas a las 53-58 si se ve como es menor la infertilidad en lotes de edad joven y al pasar a la edad más avanzada de semanas 75-79 semanas la infertilidad aumenta.

Estos resultados pueden ser normales ya que la fertilidad puede depender de muchos otros factores además de la edad. Existen también factores externos al ave que pueden afectar la fertilidad tales como alimentación, enfermedades, manejo de los machos, condiciones climáticas, presencia de algún tipo de estrés, entre otros (Pierre, 2006). Por lo tanto en el caso de este lote joven su infertilidad pudo ser mayor por alguna de esas causas o por factores intrínsecos del lote de aves.

Con respecto a la clasificación de embriodiagnos, la mortalidad temprana, tardía y el huevo picado no nacido contribuyen entre un 26-39% de la mortalidad para los tres lotes. La mortalidad tardía fue la que se presentó en mayor proporción, lo cual puede estar relacionado al grosor de cáscara como se explicó anteriormente. Analizando la Figura 5 se puede observar como para cada clasificación de la embriodiagnos se encontraron huevos con valores variados de gravedad específica. Hubo valores desde 1.075 hasta más de 1.095, tanto para las etapas de mortalidad como para nacimientos. Por lo tanto, al encontrar valores variados de gravedad no se puede determinar que el grosor de cáscara fuera la única causa o la mayoritaria de la mortalidad tardía.

Para los huevos contaminados, los cuales podrían reflejar problemas por fisuras o huevos rotos, se obtuvieron resultados bajos, en este caso por debajo del 1,5%. La contaminación se comportó de igual forma como se discutió anteriormente con los lotes de Dekalb White. Por lo tanto, considerando solo el factor de fragilidad de la cáscara, se puede decir que los huevos al tener baja contaminación, la cáscara fue resistente para evitar fisuras o huevos quebrados que generaran alguna contaminación.

En la Figura 6, se pueden ver los resultados obtenidos de la embriodiagnos para los lotes de reproductora pesada Cobb y Ross.

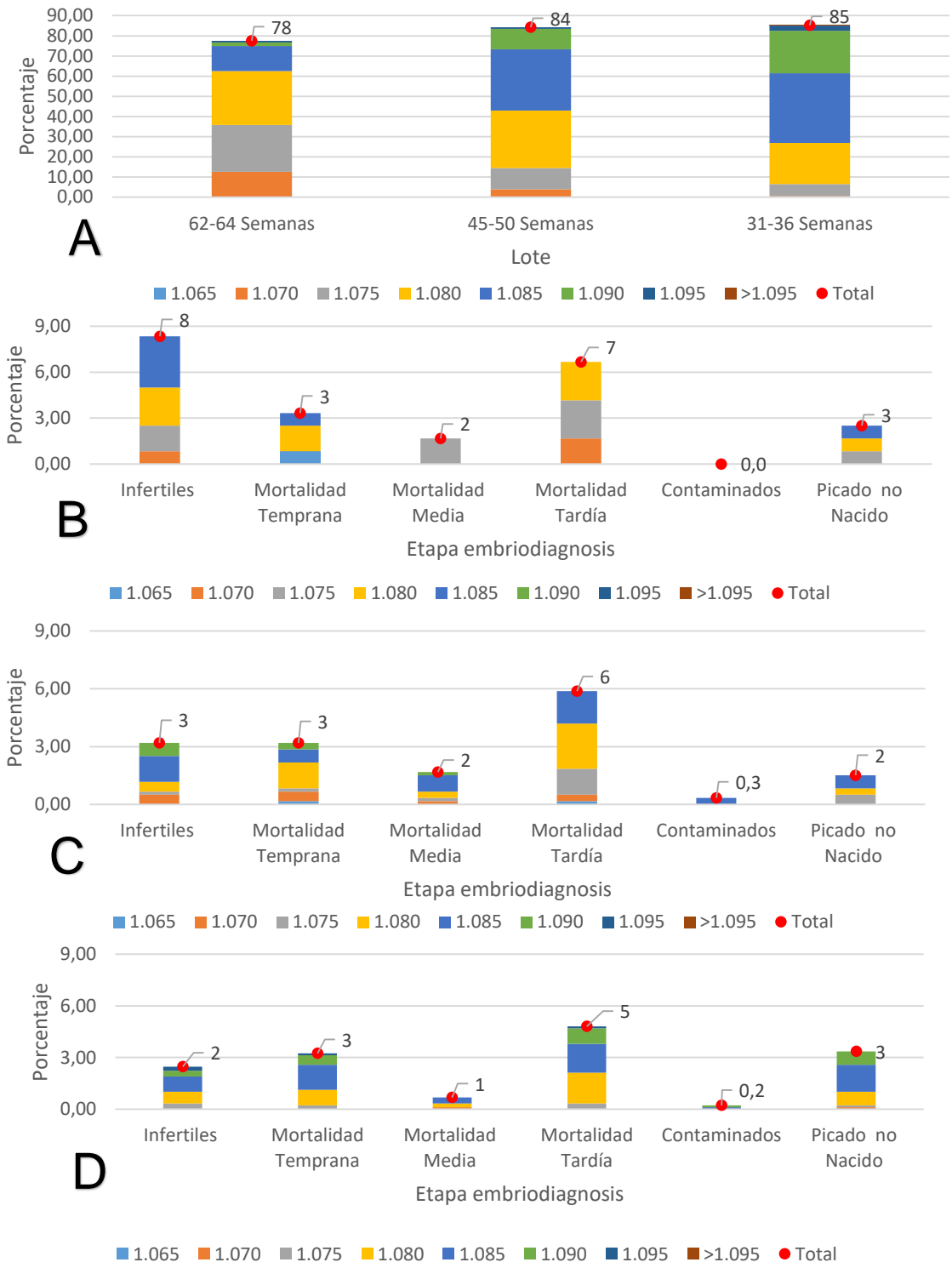


Figura 6. Resultados resumen durante las 6 semanas de prueba de nacimientos (A) y embriodiagnosis para reproductoras Cobb de 62-64 semanas (B), Cobb de 45-50 semanas (C) y Ross de 31-36 semanas (D), con su respectiva distribución de gravedad específica.

En la Figura 6 se pueden ver los resultados obtenidos de la embriodiagnosia para los lotes de reproductora pesada Cobb y Ross. En los nacimientos, al igual que los lotes de Dekalb White e Isa Brown se puede ver que a medida que aumenta la edad de los lotes de aves disminuye su porcentaje de nacimientos. La infertilidad se comporta igual a los lotes de Dekalb White, aumentando ésta al aumentar la edad.

Con respecto a la clasificación de embriodiagnosia, la mortalidad temprana, tardía y el huevo picado no nacido contribuyen entre un 11-13% de la mortalidad para los tres lotes. La mortalidad tardía fue la que se presentó en mayor proporción, lo cual puede estar relacionado al grosor de cáscara como se explicó anteriormente. Analizando la Figura 6 se puede observar como para cada clasificación de la embriodiagnosia se encontraron también huevos con valores variados de gravedad específica. Hubo valores desde 1.070 hasta 1.095, tanto para las etapas de mortalidad como para nacimientos. Por lo tanto, al encontrar valores variados de gravedad no se puede determinar que el grosor de cáscara fuera la única causa o la mayoritaria de la mortalidad tardía.

De igual forma que los resultados de Dekalb White e Isa Brown, se obtuvieron resultados bajos para huevos contaminados, en este caso por debajo del 0,5%. Por lo tanto, teniendo en cuenta que se dio un buen manejo de desinfección, los grosores de cáscara de los lotes reproductora pesada Cobb y Ross no tuvieron problemas en cuanto a debilidad. Y su grosor, aunque fue menor que el de reproductora liviana, no fue razón de problemas en cuanto a la supervivencia de los pollitos.

Es importante destacar las diferencias que se observaron en cuanto a nacimientos entre reproductores pesados y livianos. Se pudo observar que el porcentaje de nacimientos es mayor para líneas de pesada que para líneas de liviana (78-85% vs 49-65%). Esto se debe a diferencias genéticas de cada una de las líneas genéticas, en donde inclusive al analizar datos de las casas genéticas se ve una tendencia a tener mayores nacimientos los lotes de reproductores pesados que livianos (Cobb-Vantress, 2018; Hy line, 2016).

Por otra parte, se realizó una revisión de fisuras en el primer punto al llegar a la sala de selección de huevo (FA) y el segundo punto luego de haber pasado por la máquina seleccionadora de huevo (FD). La medición de fisuras en el punto FA y punto FD se programó para ser realizada durante 6 semanas para los 6 lotes de reproductores. Sin embargo, para un lote se obtuvieron menos mediciones. El lote Isa Brown de 75 semanas, el cual había pasado por muda, solo tuvo 5 mediciones ya que terminó su ciclo de vida productiva antes de completar las 6 semanas. Los resultados para cada lote de reproductora liviana y pesada se encuentran en la Figura 7.

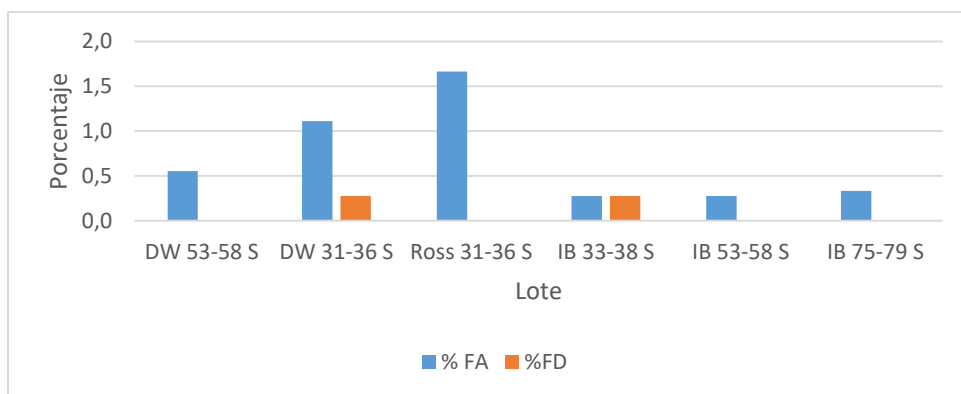


Figura 7. Porcentaje de fisuras totales en huevos de reproductoras Dekalb White, Isa Brown y Ross en el punto al llegar a la sala de selección de huevo (FA) y luego de haber pasado por la máquina seleccionadora de huevo (FD) durante un periodo de prueba de 6 semanas.

En la Figura 7, los porcentajes de FA y FD se basan en el total de huevo utilizado para cada lote durante las 6 semanas de prueba. Para todos los lotes de reproductora pesada y liviana se utilizaron 360 huevos durante el periodo de prueba, excepto el de Isa Brown de 75-79 semanas que solo tuvo 5 mediciones, por lo tanto, se utilizaron 300 huevos y para la reproductora Dekalb White de 53-58 semanas que se usaron 180 huevos (30 por semana).

A partir de los resultados anteriores se puede observar que la mayoría de fisuras encontradas fueron en el punto FA. Estos huevos del punto FA, son los huevos que aún no han pasado por la máquina seleccionadora y vienen directo de granja. Estos son huevos que han pasado por distintos manejos desde su recolección, selección y almacenamiento en granja hasta su carga y transporte al área de incubadoras. Por lo tanto, estas fisuras encontradas en el punto FA son causa de los manejos previos a la llegada a incubadora.

Sin embargo, los porcentajes de huevo fisurado en el punto FA van desde 0,3% hasta un 1,7 % sobre el total de muestra para las 6 semanas. Por lo tanto, no es un porcentaje que se haya considerado alto dentro de los estándares empíricos establecidos en incubadora, sin embargo, es importante tenerlo en consideración para mejorarlo y controlarlo. En cuanto a la cantidad de huevo fisurado en FD, solo se encontraron fisuras en las reproductoras livianas Dekalb White de 31-36 semanas e Isa Brown de 33-38semanas. De igual forma, el resultado no es un porcentaje que se haya considerado alto dentro de los estándares esperados en incubadora. En este caso fue de un 0,3% sobre el total de muestra de las 6 semanas para ambos lotes.

Por lo tanto, con esta información se puede complementar los datos obtenidos de la gravedad específica. Al no obtener datos altos de fisuras durante las 6 semanas de prueba; se puede reafirmar que en cuanto a grosor de cáscara no se encontraron problemas aparentes de debilidad para ninguno de los lotes analizados tanto de reproductora pesada como liviana.

CONCLUSIONES

Durante el periodo de la práctica se logró adquirir habilidades y destrezas del manejo del huevo fértil y por cada una de las etapas que este debe pasar para poder obtener un pollito de calidad. Se pudo conocer cuales factores pueden afectar el desarrollo embrionario y la calidad del pollito, desde factores en granja hasta los de la incubadora. Se logró aprender cómo cada punto en el manejo del huevo desde la puesta hasta el nacimiento son críticos para alcanzar los estándares de producción establecidos.

Los resultados estadísticos obtenidos de la prueba desinfección de huevo fértil no demuestran que existiera una diferencia significativa en los datos para poder determinar cuál protocolo fue el mejor o cual fue el menos efectivo. Sin embargo, al analizar los datos numéricamente para poder determinar diferencias existentes entre los protocolos, si existen diferencias descriptivas de importancia para la empresa. Es importante destacar que estas diferencias no son concluyentes en cuanto a decidir usar o no desinfección, sin embargo, es importante analizarlas para enriquecer la información que maneja la empresa.

El tratamiento menos agresivo con el embrión y que evitó altas contaminaciones fue el tratamiento actual de desinfección utilizando amonio cuaternario y formalina en aspersión. Por otro lado, se puede ver como la no desinfección del huevo obtuvo valores intermedios de nacimientos y los valores más bajos de mortalidad embrionaria temprana, con valores intermedios de contaminación y huevos explosivos.

Para el tratamiento nuevo de desinfección con formalina en gas, se obtuvieron los resultados numéricos más desfavorables. Se obtuvo el porcentaje más bajo de nacimientos totales y un valor intermedio de nacimiento de huevos fértiles. En cuanto a los valores de mortalidad temprana, este tratamiento fue el que tuvo el valor mayor porcentual, pudiéndose deber a la cantidad de dosis del desinfectante. La dosis de desinfectante, también se vio reflejada en la cantidad de huevo contaminado y explosivo, ya que una dosis elevada del desinfectante pudo causar una destrucción parcial o total de la cutícula del huevo, permitiendo la entrada de contaminantes.

Los resultados obtenidos de gravedad específica muestran que ninguno de los lotes analizados tuvo problemas de cáscara débil o delgada, teniendo inclusive resultados de cáscara muy gruesa para los lotes de reproductora liviana Dekalb White e Isa Brown.

Los lotes de Isa Brown fueron los que obtuvieron resultados de grosores de cáscara mayores, teniendo inclusive resultados que sobrepasaron la escala utilizada, por arriba del 1.095 establecido. Los lotes de Dekalb White obtuvieron grosores de cáscara ligeramente

más delgados que los de Isa Brown. Los lotes de reproductora pesada Cobb y Ross fueron los que obtuvieron grosores de cáscara menores a los de reproductora liviana. Sin embargo, no fueron grosores de cáscara que estuvieran por debajo del 1.075.

Analizando los datos de embriodiagnosís que pudieron verse afectados por el grosor de cáscara, tales como cantidad de nacimientos, mortalidad tardía y huevos picados no nacidos, no se encontró una relación directa con el grosor de cáscara. Por lo tanto, los grosores de cáscara de los lotes reproductora liviana no parecen mostrar problemas en cuanto a debilidad y su grosor alto no fue razón de problemas en cuanto a la supervivencia de los pollitos. Así mismo los grosores de cáscara más bajos de los lotes de reproductora pesada no presentan una relación directa con ninguna etapa de la mortalidad embrionaria.

Estos resultados se vieron complementados con los de la revisión de fisuras antes y después de la máquina seleccionadora. La mayoría de los huevos fisurados venían de granja, un 87% de la muestra total fueron fisuras que el huevo ya traía. Solamente un 13% fueron fisuras que ocasionó la máquina seleccionadora. Esto refleja como al pasar por la máquina seleccionadora no se dio un aumento de las fisuras ya presentes en el huevo.

RECOMENDACIONES

Para la prueba de desinfección, se recomienda ajustar la dosis de formalina utilizada para la desinfección en cámaras de gas, considerando la cantidad de huevo recolectado por el personal. Así mismo es importante considerar el tamaño de la cámara de gas, según sea el lote.

Considerar volver a realizar la prueba de desinfección utilizando aves que se encuentren en la misma área, mismo manejo de personal y alimentación, entre otros. Esto para evitar variaciones en cuanto a parámetros de producción o ventajas que un grupo de aves pueda tener sobre otro. Ya que al realizar el estudio y ser un ensaño de campo no se pudieron controlar estas variables. Además, es importante poder realizar el estudio en distintas épocas del año, en donde las lluvias pueden afectar la calidad de cama y el manejo de los nidos.

La no desinfección en los resultados de este estudio obtuvo resultados positivos, sin embargo, el no desinfectar el huevo puede ser peligroso si sucede una eventualidad. Por lo tanto, sería importante que si se desea no usar componentes químicos artificiales se puede considerar otras fuentes de desinfección que sean más naturales tales como orégano, ajo u otros que están reportados en la literatura. Se recomienda el uso de productos que bajen la carga bacteriana y a su vez no sean un problema para el desarrollo del embrión o el personal.

Repetir el experimento de desinfección de huevo, agregando una medición de carga bacteriana en la cáscara del huevo antes y después de desinfectar. Esto para poder determinar si realmente hay una carga bacteriana alta antes de desinfectar el huevo y si el desinfectante está realmente haciendo efecto.

Poder realizar con más repeticiones la revisión de calidad de cutícula. Realizar repeticiones en distintos lotes para poder revisar bajo luz UV la integridad de la cutícula y que tanto se ve afectada por la desinfección. Además, poder realizar la revisión antes y después de la desinfección, para poder observar el huevo antes de aplicar algún producto.

Para la prueba de gravedad específica, se recomienda poder realizar las mediciones de forma periódica para poder tener un mayor control del grosor de cáscara y así poder identificar la fuente de problemas relacionados a fracturas o fisuras. También sería importante realizar la revisión de grosor de cáscara junto con un micrómetro y de esta forma poder relacionar la escala de gravedad específica con un grosor de cáscara determinado.

LITERATURA CITADA

- Al-Ajeeli, M., Taylor, M., Alvarado, C y Coufal, C. (2016). Comparison of eggshell surface sanitization technologies and impacts on consumer acceptability. Poultry Science Association Inc.
- Álvarez, N. (2015). Identificación de la calidad de cáscara de huevo fértil e incidencia en el porcentaje de nacimiento mediante la determinación de peso específico en reproductoras pesadas línea Cobb avian48 (tesis de grado). Universidad cooperativa de Colombia.
- Appleby, M., Mench, J y Hughes, B. (2004). Poultry Behavior and Welfare. Editorial CABI. Cambridge, Estados Unidos de América.
- Argueta, F. (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 grado). Universidad De San Carlos De Guatemala Facultad De Medicina Veterinaria y Zootecnia. Escuela De Medicina Veterinaria, Guatemala
- Aviagen. (2010). Investigación de las prácticas de incubación. (en línea). Recuperado de en http://es.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/Spanish_TechDocs/RossTechInvestigacindelaprcticasdeincubacinmayo2010.pdf
- Aviagen. (2011). ¿Qué es un huevo incubable de buena calidad? Recuperado de <http://es.aviagen.com/assets/Uploads/HuevoIncubableDeBuenaCalidad.pdf>
- Bakker, W. (2017). Micro fracturas en los huevos fértiles. Recuperado de <https://avicultura.info/microfracturas-huevos-fertiles/>
- Barraza, F. (2018). Bioquímica del huevo Universidad Autónoma de Sinaloa. Facultad de ciencias Químico-Biológicas. Recuperado de <https://www.studocu.com/en/document/universidad-autonoma-de-sinaloa/bioquimica-avanzada-de-alimentos/essays/bioquimica-del-huevo-nota-10/2325039/view>.
- Bramwell, K y Moyle, J. (2019). Determinación de la calidad de la cáscara. Recuperado de <https://avicultura.info/determinacion-de-la-calidad-cascara-2/>
- Butcher, G y Miles, R. (2018). Egg specify gravity, designing and monitoring program. Universidad de Florida. Recuperado de <https://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/VM/VM04400.pdf>

- Cadirci, S. (2009). Disinfection of hatching eggs by formaldehyde fumigation. Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Harran University, Sanliurfa, Turkey.
- Cobb-Vantress. (2008). Guía de manejo de reproductoras. (en línea). Recuperado de http://www.wpsa-aeca.es/aeca_imgs_docs/breederguide_span_2008.pdf
- Cobb-Vantress. (2013). Guía de manejo de la incubadora. Recuperado de cobb-vantress.com/languages/.../e420c01f-a164-4890-996360c1e332bf40_es.pdf
- Cobb-Vantress. (2018). Pollo de engorde Guía de manejo. Recuperado de <https://www.cobb-vantress.com/assets/Cobb-Files/07d31b109c/d46fe190-6611-11e9-bfbd-7963ec6b06e5.pdf>
- Copero, A y García, J. (2008). Técnicas emergentes de higienización de huevos en cáscara; aplicación de radiaciones ultravioletas en centros de embalaje de huevo. XIX Jornadas nacionales de la carne y seguridad alimentaria. Zaragoza. España.
- Cristancho, C. (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. Trabajo de grado. Universidad la Salle. Bogotá. Colombia.
- Cupur, G., Arslan, M., Duru, M., Baylan, M., Canogullari, S y Aksan, E. (2010). Use of oregano (*Origanum onites* L.) essential oil as hatching egg disinfectant. *African Journal of Biotechnology*. (8), 2531-2538
- Di Matteo, A y Plano, C. (2001). Atlas de patología de la incubación del pollo. Recuperado de https://guzlop-editoras.com/web_des/ing01/ingzoo/pld1179.pdf
- Di Reu, K. (2015). Riesgos de deterioro y contaminación del huevo por Salmonella. Recuperado de <https://seleccionesavicolas.com/avicultura/2015/12/riesgos-de-deterioro-y-contaminacion-del-huevo-por-salmonella>
- Di-Rienzo, J.A; Casanoves, F.; Balzarini, M.G.; González, L.; Tablada, M; y Robledo, Y.C. InfoStat versión 2019. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina, 2019.
- Hendrix Genetics. (2010). Guía general de manejo de reproductores para puesta. Recuperado de <https://www.dekalb-poultry.com/es/products-es/dekalb-white-es/>
- Hernández, A. (2010). Composición y calidad nutritiva de los alimentos. 2a ed. Editorial médica Panamericana.
- Huyghebaert, G. (2005). Fisiología de la puesta, con énfasis en la calidad de cáscara. Conferencia de DSM Nutritional Products. Guadalajara, México.
- Hy line. (2016). Guía de manejo de reproductores Hy-line W36. Recuperado de http://www.hyline.com/userdocs/pages/36_PS_SPN.pdf.

- Hy line. (2017). La ciencia de la calidad del huevo. Recuperado de hyline.com/userdocs/pages/TU_EQ_SPN.pdf
- Industria Avícola, (2018). 2019 empresas líderes. 66(4), 8-27. Recuperado de <http://www.industriaavicoladigital.com/201904/index.php#/28>
- Instituto de Estudios del Huevo. (2009). El Gran Libro del Huevo. 1a ed. Editorial Everest, S. Recuperado de <http://www.institutohuevo.com/documentos/>
- Jiménez, C. (2017). Evaluación microbiológica de huevo fértil con dos procesos de desinfección y el uso de cuatro productos comerciales en la granja Guacata en el municipio de Fusagasugá, Cundinamarca (tesis de grado) Universidad de Cundinamarca, Fsagasugá.
- Keklik, N., Demirci, A., Petterson, P y Puri, V. (2010). Pulsed UV light inactivation of Salmonella Enteritidis on eggshells and its effects on egg quality. Journal of food protection. 73 (2), 1408-1415.
- King´ori, A. (2011). Review of the factors that influence egg fertility and hatchability in poultry. International Journal of Poultry Science. 10 (6), 483-492.
- López, C. (2016). Problemas y soluciones en la planta de incubación. Recuperado de <https://avicultura.info/download/Problemas-y-soluciones-en-la-planta-de-incubacioCC81n.pdf>
- López, J. (2018). Prácticas manejos de la planta incubadora para la disminución de la mortalidad temprana en granja. Recuperado de https://avicultura.info/download/incubadoras_2.pdf
- Méndez, M y Salinas, E. (2009). Costos de producción en la crianza de pollos de engorde broiler en las granjas avícolas: “La Harmonía, Palcila y la Canavalia” del municipio de Matagalpa durante el primer semestre del año 2008 (tesis de grado). Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua Centro Universitario Regional de Matagalpa.
- Pachón, L. (2018). Embriodiagnosis. Avícola Ecuatoriana. Recuperado de <https://conave.org/wp-content/uploads/2018/07/Embriodiagnosis-Luis-Alfonso-Pacho%CC%81n.pdf>
- Pierre, J. (2006). Problemas de infertilidad relacionados con las nuevas estirpes de aves: aspectos prácticos. Selecciones Avícolas. XLII Simposio de la Sección Española de la WPSA.
- Pina, J y Valero, J. (2006). El Huevo. Aviornis International. Recuperado de www.muticus-pina.com/subm/huevo.pdf

- Ricagno, R. (2011). Huevo incubable ¿Causa o consecuencia? Recuperado de <https://www.engormix.com/avicultura/articulos/huevo-incubable-t29039.htm>
- Ricaurte, S. (2005). Embriodiagnos y ovoscopia. Análisis y control de calidad de los huevos incubables. Revista electrónica de veterinaria REDVET. 6(1),1-25.
- Salazar, I. (2015). Patrones de mortalidad embrionaria Recuperado de <http://www.elsitioavicola.com/articulos/2703/patrones-de-mortalidad-embrionaria-1/#:~:text=La%20primera%20fase%20es%20la,tard%C3%ADa%20de%2015%20%E2%80%93%2021%20d%C3%ADas.>
- Sandí, A. (2016). Efecto de la gravedad específica del huevo fértil, sobre la calidad del pollito de un día en tres lotes de reproductoras pesadas (tesis de grado). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
- SEPSA, (2018). Boletín estadístico agropecuario. Serie cronológica 2014-2017. Recuperado de en <http://www.sepsa.go.cr/>
- Soares, R. (2008). El manejo sanitario del huevo incubable. Avian Business Unit. CEVA Santé Animale. Libourne, Francia. Recuperado de <https://seleccionesavicolas.com/pdf-files/2008/6/3980-el-manejo-sanitario-del-huevo-incubable.pdf>
- Soler, R y Bueso, J. (2018). Análisis de las alteraciones de la cáscara del huevo de gallina. Nereis. Revista Iberoamericana Interdisciplinar de Métodos, Modelización y Simulación 10 (2), 137-147.
- Tandazo, W. (2012). Influencia de la desinfección de huevos fértiles de gallinas ponedoras pesadas de la línea Ross 308 en el proceso de incubación. Tesis para la obtención del título de Ingeniero Agropecuario. Universidad técnica estatal de Quevedo. Quevedo. Ecuador.
- Tomczyk, L., Stepien, L., Urbaniak, M., Szablewski, T., Cegielska-Radziejewska, R y Stuper-Szablewska, K. (2018). Characterization of the microbiota on shell surface of table eggs acquired from different egg-laying hen breeding systems. Multidisciplinary Digital Publishing Institute.
- Turblin, V. (2012). Disinfection of Hatching Eggs importance and practical aspects. Recuperado de <https://www.ceva.vn/en/Technical-Information/Poultry/Ceva-Technical-Bulletin/C.H.I.C.K-Program-Online/C.H.I.C.K.-Program-Online-No.21>
- Wells, J., Coufal, C., Parker, H., Kiess, A., Young, K y McDaniel, C. (2011). Hatchability of Broiler Breeder Eggs Sanitized with a Combination of Ultraviolet Light and Hydrogen Peroxide. International Journal of Poultry Science 10(1), 320-324

Zeweil, H., Rizk, R., Bekhet, G y Ahmed, M. (2014). Comparing the effectiveness of egg disinfectants against bacteria and mitotic indices of developing chick embryos. *The Journal of Basic and Applied Zoology*. 70(1),1-15.