Universidad Nacional
Facultad de Ciencias de la Salud
Escuela de Medicina Veterinaria

Pasantía en Planta de Incubación de aves reproductoras pesadas en Cargill de Aranjuez Puntarenas, Costa Rica

Modalidad: Pasantía

Trabajo Final de Graduación para optar por el Grado Académico Licenciatura en Medicina Veterinaria

Karina Bolaños Castillo

Campus Presbítero Benjamín Núñez
2025

TRIBUNAL EVALUADOR

Laura Bouza Mora, MSc.

Videcana, Facultad de Ciencias de la Salud.

LAURA SOFIA BOUZA MORA (FIRMA)

Firmado digitalmente por LAURA SOFIA BOUZA MORA (FIRMA)
Fecha: 2025.02.04 14:44:08 -06'00'

Julia Rodríguez Barahona, PhD.

Subdirectora Escuela de Medicina Veterinaria. _____

Aida Cháves Hernández, PhD.

Tutora _____

Tania Román González, Lic.

Guía Profesional _____

Fecha: _____

AGRADECIMIENTOS

Primero agradecer a Dios por permitirme cumplir mi sueño, luego le agradezco a mi familia por su apoyo durante mis estudios, además, agradezco a los amigos dentro y fuera de la universidad que fueron gran ayuda en mis estudios, y, por último, quiero agradecer a todos los profesionales que me formaron en la carrera y todos los que hicieron posible mi pasantía. Principalmente le agradezco infinitamente a Dios, por todas las personas de buen corazón en este camino, porque, aunque no es nada fácil, durante este proceso obtuve experiencias increíbles y lecciones de vida.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS II

INDICE DE TABLAS: IV

INDICE DE FIGURAS. V

1. INTRODUCCIÓN 1

1.2. Justificación 3

1.3. Objetivos: 4

1.3.2. Objetivos Específicos 4

2. METODOLOGÍA 5

2.1. Lugar y jornada de trabajo 5

2.2 Bitácora 5

2.3 Actividades realizadas 5

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 12

4. CONCLUSIONES 23

5. RECOMENDACIONES 24

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 25

INDICE DE CUADROS:

Cuadro 1: Instructivo para evaluar el pollito Corporación Pipasa…… 11

Cuadro 2: Porcentaje de grado de translucencia por rango de edad…….. 14

INDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Clasificación del grado de translucencia…… 6
Figura 2. Observación a los 10 días de incubación…… 7
Figura 3. Porcentaje de grado de translucencia general……. 13
Figura 4. Porcentaje de translucencia por localidad…….. 14
Figura 5. Promedio de resistencia de la cáscara a la rotura por grado de translucencia. 15
Figura 6. Resistencia de la cáscara a la rotura por rango de edad…….. 16
Figura 7. Resistencia a la rotura y Peso del huevo por edad……..…. 17
Figura 8. Gráfico del porcentaje de embriodiagnóstico del miraje……. 18
Figura 9. Edad embrionaria en la transferencia…….……. 19

Lista de abreviaturas y símbolos

°C: grados centígrados.

GnRH: Hormona liberadora de gonadotropina.

IBD: Bursitis Infecciosa Aviar.

In-ovo: dentro del huevo.

kg: Kilogramo.

%: Porcentaje.

Kg.f.: kilogramos fuerza.

SENASA: Servicio Nacional de Salud Animal.

Resumen

La presente pasantía fue realizada en la Planta de Incubación de reproductoras pesadas de Cargill, ubicada en Sardinal, Puntarenas, Costa Rica. Para este trabajo el objetivo era adquirir destrezas en los procesos de manejo del huevo fértil y la evaluación de la calidad de la cáscara en huevos de tres a cinco días de almacenamiento, además, clasificarlos según la edad de las aves y puntuación de translucencia.

En el transcurso de la pasantía, se participó en otras actividades de la Planta de Incubación como: la ovoscopia o miraje (retiro de huevo claros) y la embriodiagnosis, la cual se realiza a los diez días de incubación, la determinación de la edad cronológica real durante transferencia (paso de los huevos de la máquina incubadora a la de nacimientos), la cual se hace a los 18,5 días de incubación para la vacunación *in-ovo* y por último se participó en la nacida de los pollitos.

Para la clasificación de los huevos por translucencia se utilizan tres categorías; grado 1, 2 y 3, en donde 1 es la de menor translucencia y 3 la de mayor. Se analizaron 8510 huevos de los cuales el mayor porcentaje estaba ubicado en la categoría 1 y en menor cantidad en 3; esto independientemente de la edad de las aves; sin embargo, en los lotes viejos se encontró un mayor porcentaje de grado 3 cuando se compara con las aves más jóvenes.

Por otro lado, en cuanto a la resistencia de la cáscara se observó que los lotes jóvenes e intermedios presentaron mayor resistencia en huevos con categoría 3, pero en las aves de mayor edad el grado 1 muestra mayor resistencia que los grado 3.

Por último, en los resultados de la embriodiagnosis de huevos de miraje se observó que el mayor porcentaje correspondía a huevos infértiles, seguido de muerte embrionaria en los primeros siete días, y para la edad embrionaria a la trasferencia se encontró un alto porcentaje en 18,50 días, que es la recomendada para cuando se va a realizar vacunación *in-ovo*.

Para concluir, los huevos fértiles y su puntación de translucencia tienen factores que afectan o influyen en una mayor o menor puntación como la edad de la reproductora y ubicación de las aves reproductora, además como la translucencia tiene una relación negativa con la resistencia a la rotura en aves de lotes más jóvenes y como se resistencia disminuye conforme a la edad.

Palabras clave: calidad de cáscara, grado de translucencia, resistencia a la rotura, miraje, embriodiagnosis, edad embrionaria, vacunación *in-ovo*.

Abstract

This internship was carried out at the Cargill Hatchery Plant, located in Sardinal, Puntarenas, Costa Rica. For this work, the objective was to acquire skills in the processes of handling the fertile egg and the evaluation of the quality of the shell in eggs of three to five days of storage, in addition, to classify them according to the age of the birds and translucency score.

During the internship, we participated in other activities of the Hatchery such as: Candling or removal of clear eggs and embryodiagnosis which is carried out ten days after incubation, establishment the actual chronological age at transfer of the eggs from the incubator machine to the hatching machine, the actual which is done at 18.5 days of incubation for *in-ovo* vaccination and finally the to participate in the born of the chicks.

Three categories were used to classify eggs by translucency, where one corresponds to the lowest translucency and three the highest. 8510 eggs were analyzed, of which the highest percentage was classified in the category one and less in three; this regardless of the age of the birds; however, a higher percentage of three was found in the old flocks when compared to younger birds.

On the other hand, regarding shell resistance, it was observed that young and intermediate flocks showed greater resistance in eggs with category 3, but in older birds 1 show greater resistance than 3.

Finally, in the results of the embryodiagnosis, it was observed that the highest percentage corresponded to infertile eggs, followed by embryonic death in the first seven days, and for the embryonic age at transfer, a high percentage was found at 18.50 days, which is recommended for when *in-ovo* vaccination is to be performed.

To conclude, fertile eggs and their translucency score have factors that affect or influence a higher or lower score such as the age of the breeder and location of the breeding birds, in addition to how translucency has a negative relationship with the resistance to break in birds of younger flocks and how resistance decreases with age.

Keywords: shell quality, degree of translucency, resistance to breakage, mirage, embryodiagnosis, embryonic age, in-ovo vaccination.

1. INTRODUCCIÓN

El consumo de carne de pollo representa el 41% del requerimiento mundial, siendo una de las carnes mayormente consumidas en el planeta. Esta alta demanda se satisface por medio de la implementación de producciones avícolas industriales, en el caso de Costa Rica la producción avícola industrial dio inicio en los años 50. Actualmente, en el país existen tres empresas importantes dedicadas a este mercado, que incluye: Cargill Meats, la división Industrial Pecuaria de Corporación Multi-inversiones Pollo Rey y la División Avícola de Costa Rica de Walmart (Vargas et al., 2018). El consumo per cápita a nivel nacional para el año 2015 fue de 23.3 kg, y la producción de la carne de pollo alcanzó un volumen total de 147.816 toneladas (Vargas et al., 2018).

En nuestro país, se exportan huevos fértiles principalmente a Nicaragua y Panamá, y se importan huevos fértiles provenientes de Chile, USA, Canadá, Honduras y Panamá. Para el año 2017, se exportaron a Nicaragua 3.6 millones de huevos fértiles y más de seis millones de pollitos. A nivel nacional existen requisitos establecidos por el SENASA para el control del ingreso de huevos fértiles de pollo y paveznos, y cada país debe cumplir con los requisitos de importación, entre estos, deben ser libres de Newcastle e influenza aviar (Arce et al., 2021) y cada país debe obtener un Certificado Internacional emitido por una autoridad competente (Servicio Nacional de Salud Animal [SENASA], 2017).

La producción de carne de pollo depende de varios factores, entre ellos la función reproductiva y la selección genética para mejorar la calidad de los pollos de engorde (Scanes et al., 2020). Las generaciones implicadas en la selección genética corresponden a líneas puras, bisabuelos, abuelos, padres y finalmente la cría de pollos de engorde comercial (Pym, 2008).

En el caso de las reproductoras lo recomendable es preparar a las pollitas en las mejores condiciones, es muy importante mantener uniformidad en la parvada, para obtener mayor control y menor mortalidad. Al clasificar a las aves desde edad temprana se procura una menor competencia por alimento (Welten, 2022). Se recomienda el pesaje de las aves, mediante el uso de básculas automáticas que permiten realizar un promedio de peso de 100 aves por hora, y clasificarlas en tres grupos: pesadas, medianas y livianas en los primeros 14 días (Cobb, 2016).

El huevo fértil se obtiene al permitir la presencia de un gallo con la gallina, usualmente en una proporción de uno por cada diez o 12 gallinas. Además, hay que considerar que los huevos

fértiles tienen la posibilidad de desarrollar un embrión solo cuando las condiciones ambientales se encuentran en una temperatura de 37.8°C y humedad relativa de 55%, aunque, no todos los huevos fértiles en condiciones de incubación producen un pollito (Adegbenjo et al., 2020).

La fecundación del huevo inicia cuando un óvulo maduro es liberado en el oviducto, proceso llamado ovulación. El óvulo permanece 15-17 minutos en el infundíbulo, donde ocurre la fertilización, una vez fecundado se forma la albúmina en el magnum y se sintetizan las dos membranas del cascarón en el istmo, por último, se forma la cáscara en el útero, finalizando con la ovoposición. El tiempo estimado para pasar de óvulo a huevo formado es de aproximadamente 25-26 horas (Jacob, 2023).

Seguidamente de la ovoposición, los huevos se recolectan en la granja seis veces al día y se almacenan temporalmente en el cuarto frío de la granja y luego al final del día son trasladados a la planta de incubación, donde son almacenados en cuarto frío a una temperatura de 18 °C. El tiempo de almacenaje depende de la demanda de huevos para la incubación o la capacidad de la planta. Se recomienda un periodo de almacenaje corto debido a las repercusiones negativas en la incubabilidad y la calidad de los pollitos, generalmente en granjas comerciales los huevos se almacenan y son colocados en las incubadoras, dentro de los tres a cinco días post ovoposición (Reijrink,2010).

Se debe tener un manejo cuidadoso de los huevos fértiles, por ello se recomienda hacer un control rutinario en la planta de incubación. Recordemos que no todos los huevos fértiles producen pollitos y generalmente la mortalidad más alta se da en los primeros días de incubación (Tullet, 2010).

Para evaluar la fertilidad del huevo se recomienda un análisis de huevos parcialmente incubados, para esto se procede a iluminar el huevo, con el propósito de observar el desarrollo embrionario. En el caso de observar un huevo claro, muchas veces es sinónimo de un huevo infértil, por lo tanto, se aconseja eliminarlos. Este proceso se realiza a los ocho a diez días de incubación. (Tullet, 2010).

El reto para los avicultores es lograr una alta incubabilidad del total de los huevos, pero hay muchos factores que provocan una disminución en fertilidad e incubabilidad (Adegbenjo et al., 2020). En específico, factores intrínsecos que intervienen en la incubabilidad son: la edad de la gallina, el tamaño del huevo, la nutrición de la madre y el tiempo de almacenamiento (Makanjuola et al., 2021). Por otro lado, los factores externos corresponden a: la limpieza, la

desinfección, la calidad del aire, la temperatura, la humedad adecuada, y el correcto control de huevos contaminados (Cobb, 2020).

1.2. Justificación

La producción de carne de pollo en Costa Rica como en el mundo ha estado en continuo crecimiento en las últimas décadas (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2023). La labor del médico veterinario es entender y participar en el proceso producción, y para ello debe velar por que los procesos de transporte, recepción, incubación y despacho de los huevos fértiles se apeguen a las normas de bienestar animal y bioseguridad.

Una baja incubabilidad simboliza pérdidas de ingreso y de rentabilidad. En este aspecto, es importante recalcar que dentro de los factores responsables de una baja incubabilidad están una baja calidad de la cáscara y la presencia de huevos contaminados (Chang, 2020).

La cáscara del huevo tiene un papel muy importante en el desarrollo del embrión ya que posee dos funciones fundamentales, proteger al embrión de las agresiones externas y además de proveerle oxigenación por medio de poros. Por tanto, la cáscara debe ser fuerte para proteger al embrión del exterior, pero sin perjudicar la eclosión, y además debe poseer suficientes poros para suministrar oxígeno al embrión, pero sin permitir el ingreso de microorganismos patógenos (Narushin et al., 2002).

Para asegurar una buena calidad de la cáscara de huevo, y lograr altos porcentajes de eclosión, se recomienda hacer la evaluación de la translucidez de la cáscara del huevo (Orellana et al., 2023). Un huevo translúcido tiene defectos en la ultraestructura de la cáscara y mayor humedad en la superficie, las cáscaras con defectos no pueden proteger al embrión y los pollitos provenientes de huevos con estos defectos presentan una deficiente formación ósea (Alvarado, 2023). Además, se asocian con membranas de la cáscara más delgadas y como resultado tienen menor protección del exterior (Wang et al., 2017).

Adicionalmente, estas anomalías pueden posteriormente acentuarse con factores como: problemas de manejo, deficiente control del medio ambiente, enfermedades, mala nutrición, diferencias entre raza, entre otros (Orellana et al.2023). La translucidez, permite verificar micro fisuras en los huevos fértiles, las cuales eventualmente aumentan el riesgo de contaminación y mortalidad (Alvarado, 2023).

Practicar la observación de la translucidez de los huevos de aves reproductoras en las granjas avícolas, brinda información sobre la salud de las aves reproductoras y previene la contaminación en la incubadora, ya que permite la selección de mejores huevos fértiles, sin fisuras, y por lo tanto con una mayor incubabilidad. Lo cual representa menor mortalidad embrionaria y menos defectos en los pollitos nacidos, por lo tanto, aumenta la probabilidad de producir pollitos de calidad, y esto para las empresas productoras de carne de pollo es fundamental porque pueden intervenir a tiempo y evitar pérdidas en la producción.

1.3. Objetivos:

1.3.1. Objetivo General

Realizar una pasantía en la Planta de Incubación de aves de reproductoras pesadas de la empresa Cargill en Aranjuez de Puntarenas, Costa Rica, para reforzar mis conocimientos y adquirir destrezas en los procesos de manejo del huevo fértil y la evaluación de la calidad de la cáscara en huevos de tres a cinco días de almacenamiento.

1.3.2. Objetivos Específicos

1. Desarrollar destrezas en la observación y clasificación de la translucidez como medida de calidad en huevos de aves reproductoras pesadas de diferentes edades mediante el uso de un foco.
2. Aprender sobre el manejo de huevo en incubadoras y nacedoras, además de participar en la inspección sanitaria y visitas de granjas de aves reproductoras, para obtener conocimientos prácticos para un futuro desarrollo profesional.

2. METODOLOGÍA

2.1. Lugar y jornada de trabajo

La pasantía se realizó en la Planta de Incubación de Cargill, ubicada en Aranjuez Puntarenas, Costa Rica, bajo la supervisión de la Dra. Tania Román González, en el periodo comprendido entre febrero y mayo de 2024. La planta cumple con altos estándares de bioseguridad, por lo que, dentro de su infraestructura para ingresar a la granja, cuenta recepción, áreas de duchas, y oficinas. Dentro de la misma, existe áreas de carritos, cuarto frío, área de revisión de huevos, áreas de precalentamiento, salas incubadoras, salas nacedoras, sala de selección de pollitos, área de despacho de pollitos, zonas de desechos, área de necropsia, zonas de desechos, y comedores. Además, posee una planta eléctrica, área de máquinas, planta de tratamiento de aguas, y máquinas de vacunación. El periodo de la pasantía comprendió un total 320 horas. Se trabajo los objetivos según las actividades programadas en la Planta de Incubación Cargill. El horario laborado fue principalmente diurno, pero hubo tres ocasiones en horario nocturno. Se laboró un horario de ocho horas por día, según la afluencia de trabajo.

2.2 Bitácora

Se realizó un registro ordenado de datos mediante el uso de una bitácora diaria que incluyó el número de lote, la edad de la madre reproductora y las actividades realizadas. Al final de cada jornada se anotó la cantidad de huevos fértiles en cada grado de translucencia, luego se pasaron a Excel para ordenar los datos, determinar el porcentaje correspondiente de cada grado de translucencia y generar un reporte. Para las otras actividades realizadas en la planta de incubación se llevó un registro en la bitácora donde incluye número de lote y actividades realizadas.

2.3 Actividades realizadas

2.3.1 Clasificación de translucencia según el rango de edad de la reproductora.

Primero, se seleccionaron los lotes a muestrear según la edad de la reproductora y los días de almacenamiento (3-5 días), se escogieron tres bandejas de cada rango de edad de reproductora: joven (24 a 38 semanas), intermedio (39 a 49 semanas) y adulto (50 a 65 semanas), estos lotes provienen de granjas ubicadas en Sardinal de Puntarenas y Alajuela. Durante la observación se encontraron varios huevos fisurados, los cuales dificultaron la visibilidad de la cáscara, por lo tanto, se procedió a retirarlos, consecuentemente, se debió hacer un ajuste en la cantidad de huevo por bandeja.

Los huevos fértiles fueron expuestos a una fuente de luz, en este caso se utilizó un foco, la recomendación es mirar a trasluz desde el extremo punteado hasta el extremo romo (Cheng y Ning, 2023).

La translucidez se clasificó de manera subjetiva separándolos en tres grupos, según la cantidad, el tamaño y la cobertura de los patrones de las manchas en la cáscara de huevo, como se observa en la Figura 1, los huevos con translucidez baja se clasificaron en grado uno, los huevos con translucidez media se clasificaron en grado dos y los huevos con translucidez alta se clasificaron en grado tres (Orellana et al., 2023).

Figura 1

Clasificación del grado de translucencia, (A) Grado 1, (B) Grado 2, (C) Grado 3.

(A)

(B)

(C)

2.3.2 Pesaje del huevo y medida de la resistencia a la rotura.

Por petición de la Dra. Tania Román, médico veterinario de Cargill, luego de determinar el grado de translucencia, se procedió a escoger 30 huevos grado uno y tres, para cada rango de edad, con el objetivo de medir la resistencia de la cáscara de huevo mediante la herramienta Egg Force. Se debe tomar en cuenta que la unidad medida que se utilizó para medir la resistencia en este trabajo fue kg.f. El máximo de medición para esta máquina es de 5.000 kg.f (Josh, 2023).

. Esto se realizó cada dos semanas, para obtener información sobre la resistencia de la cáscara a la rotura. Además, antes de la medida de la resistencia los huevos eran pesados, uno por uno, para obtener información de los pesos por edad y lote. La metodología se basó en el pesaje del huevo en una báscula especial para huevo, y luego se colocaba en la herramienta Egg Force.

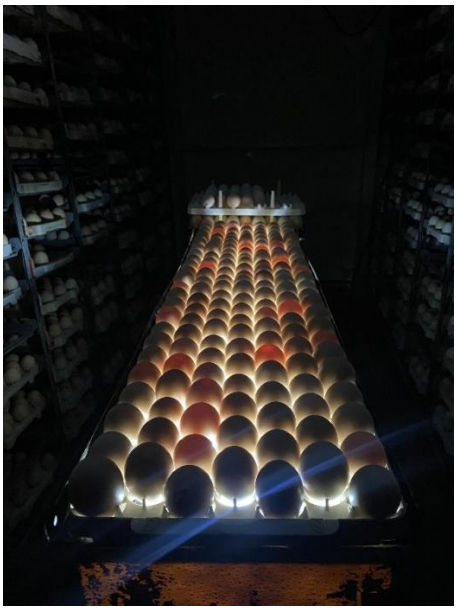
La fuerza o resistencia de la cáscara se puede medir mediante la compresión, al colocar el huevo entre dos placas paralelas y administrar una presión constante hasta que se produce una rotura. La resistencia a la rotura es una medida con una relación cuantitativa entre la fuerza o presión aplicada y los defectos previos del huevo (Salomón, 2010).

2.3.3. Observación o miraje a los diez días de incubación.

En relación con las otras actividades realizadas en la incubadora, en primer lugar, se puede mencionar el miraje a los ocho a diez días de incubación, para esto, cabe recordar el fundamento teórico de la práctica, la cual consiste en el uso de un ovoscopio para iluminar los huevos como se muestra en la Figura 2, permitiendo observar el desarrollo embrionario. La imagen es una fotografía de una mesa trasluz utilizada diariamente por los operadores de la Planta Incubadora, Cargill. Los huevos claros son sinónimo de huevos infértiles o de muerte embrionaria en los primeros 4 días, por lo tanto, se remueven de la bandeja. (Aviagen, 2015).

Figura 2

Observación de la fertilidad a los 10 días de incubación.



En el caso de la Planta Incubadora Cargill, el miraje se realiza a los diez días de incubación, para esto se seleccionan y se marcan nueve bandejas como muestra de una carga de 90 bandejas y

al cumplir los diez días de incubación se realiza la ovoscopia de los huevos de las bandejas previamente marcadas.

2.3.4. Embriodiagnosis a los diez días de incubación.

En relación con lo mencionado anteriormente, los huevos retirados son abiertos para efectuar la embriodiagnosis, y se procede a clasificarlos en categorías como: infértiles, mortalidad embrionaria de cero a siete días, mortalidad embrionaria de ocho a diez días y embriones vivos.

En este último proceso no debe haber embriones vivos, pero puede suceder por error de la persona que realice el miraje. El objetivo de esta práctica es identificar la edad de muerte del embrión y especialmente detectar infertilidad, para esto se usan guías de observación e identificación de la fertilidad (Tullet, 2010). Esta es una guía más detallada o exacta, en comparación con los rangos la utilizados en Cargill los cuales son más amplios.

En esta guía se clasifica en infértil cuando no se observa desarrollo embrionario. En cuanto a una mortalidad en las primeras horas se observa una mancha color crema que corresponde al disco germinal, luego en las 48 horas se observa un disco germinal de mayor tamaño, si la muerte embrionaria ocurre en el día tres y cuatro de desarrollo puede mostrar el llamado anillo de sangre, debido al inicio de la formación de los vasos sanguíneos, y por ultimo si la muerte ocurre entre los días cinco y doce del desarrollo se llama ojo negro, debido a la formación evidente de los ojos, en esta etapa se hace evidente la formación de segmentos de alas y patas, además se puede notar que el pico empieza a endurecerse. (Tullet, 2010; Jacob, 2024).

La recomendación si la fertilidad es menor a 80%, es iluminar todos los huevos y rellenar los espacios con huevos fértiles para obtener un 90% de posibilidades de mantener embriones vivos. (Aviagen, 2018).

2.3.5. Determinación de la edad embrionaria: transferencia a los 18 días de incubación.

Durante la transferencia de los huevos a las nacedoras, a los 18.50 días de incubación, se tomó una muestra de 15 huevos de cada lote o de lotes seleccionados, para identificar la edad embrionaria. El proceso comenzó con la apertura de la cámara de aire, seguida de una revisión de

posibles signos de picaje interno. A continuación, se verificó la correcta posición del embrión debajo del ala derecha. Además, se inspeccionó el estado del saco vitelino y su grado de reabsorción hasta ese momento, así como la cantidad de líquido presente alrededor del embrión y la posible presencia de deformidades.

Por último, se clasificaron según su edad embrionaria, observándose, por lo tanto, que podría variar de un rango de 17.75 a 19 días, siendo lo ideal 18.50 días en el momento de la transferencia.

La posición ideal para la vacunación *in ovo*, se alcanza cuando el embrión tiene su cabeza debajo el ala derecha y con el pico orientado hacia la membrana interna, lo cual sucede aproximadamente cuando la edad ronda los 18-19 días de incubación. Con respecto al saco vitelino, es esencial evaluar si está unido a los intestinos, si hay presencia de segmentaciones de aspecto bilobulado o si hay pérdida de su forma esférica, lo cual era indicativo de un retraso en el desarrollo. Si el saco vitelino se ha absorbido por completo, significa que el embrión alcanzó el grado adecuado de madurez. (Sokale et al., 2020).

Las observaciones sobre el desarrollo embrionario fueron documentadas para cada huevo seleccionado, permitiendo una mejor clasificación del embrión en una categoría de edad embrionaria, y nos da una orientación del comportamiento de un lote o una incubadora. Permitiendo tomar medidas correctivas antes de proceder con la vacunación, y evitar pérdidas de pollitos y optimizar la producción. La vigilancia temprana del desarrollo del embrión es primordial para asegurar la efectividad de la vacunación y mejorar resultados en el proceso de incubación.

Finalmente, en la transferencia los huevos eran revisados por la maquina vacunadora la cual retiraba los huevos infértiles y los de mortalidad embrionaria; estos huevos eran registrados y contabilizados en la máquina. El proceso por el cual la máquina retira huevos infértiles y mortalidad embrionaria se hacía a través de una fuente de luz y por detección de cambios de calor en el huevo. Los huevos viables seguían su proceso de vacunación y luego eran trasladados a las máquinas nacedoras, ahí los operarios se encargaban de revisar la temperatura, humedad y la nacida de los pollitos.

2.3.6. Evaluación de los pollitos y embriodiagnosis a los 21 días.

Por último, la eclosión de los pollitos ocurría durante la tarde, y en la noche se procedía a seleccionar aquellos que reunían las condiciones necesarias para ser enviados a las granjas de pollo de engorde; y aquellos que no reunían las condiciones eran descartados. Todos los pollitos, se contabilizaban y se pasaban a cajas en grupos de 100 para su transporte a las granjas. Antes de enviarlos a las granjas se realizaba un muestreo de peso de 100 pollitos por lote; y este dato era utilizado para sacar el rendimiento del pollito. Además, se administraba una vacunación vía aerosol al 100% de las aves destinadas a las granjas de la compañía Pipasa.

Finalmente se realizaba un análisis de los huevos no eclosionados de la muestra previamente seleccionados para el embriodiagnosis. El proceso iniciaba revisando si había picaje de la cáscara, seguidamente se abría el huevo en la cámara de aire, para examinar el estado embrionario, prestando atención a malformaciones, mortalidad intermedia y tardía, así como las malposiciones (Aviagen, 2018).

Dentro de las observaciones según el día de desarrollo, se encontraba huevos infértiles en cual no se observa desarrollo embrionario o no ha habido fertilización. Si la muerte embrionaria ocurre en la primera semana de incubación se clasifica como mortalidad temprana, durante esta etapa comienza la formación del pico, así como la división de las alas y las patas. Aunque el embrión no se ha desarrollado completamente, se han formado estructuras iniciales. Si la muerte ocurre en la segunda semana de desarrollo desde el día ocho hasta el día 14, se habla de mortalidad intermedia, durante esta fase se forman las plumas, los dedos se separan y el pico empieza a endurecerse. Si la muerte embrionaria ocurre en la última semana se habla de mortalidad tardía, en esta fase se observa las plumas ya formadas, además, el saco vitelino que es la fuente de nutrición para el embrión puede ser visible en el exterior o ya estar reabsorbido por completo (Tullet, 2010; Jacob, 2024).

Este análisis permite identificar el momento exacto del desarrollo del embrión, y da puntos clave en su nivel de formación, y las características desarrollas. Además, permite la observación de alteraciones en el desarrollo embrionario, como deformidades, las cuales pueden ser indicadores de problemas en el manejo en la incubadora. Todo este análisis y sus resultados pueden brindar detalles importantes para la empresa, ya que una alta incidencia en algún tipo de mortalidad embrionaria indica problemas en el manejo, desde el traslado hasta el manejo en incubadoras y nacedoras.

Para la evaluación de la calidad del pollito la empresa Cargill tiene una guía para el uso de los operarios, representada en el Cuadro 1. Dentro de esta guía contempla las siguientes características a evaluar: actividad del pollito, apariencia, apariencia de tarsos, metatarsos y dedos, ombligo, saco vitelino residual e hidratación.

Cuadro 1

Instructivo para evaluar el pollito Corporación Pipasa.

Condición	Actividad del pollito	Apariencia	*T*arsos, metatarsos y dedos	Ombligo	Saco vitelino	Hidratación
Bien	Incorporación en menos de 5 segundos	Limpio, seco y uniforme	No hay enrojecimiento o lesiones	Bien cerrado	Palpación abdominal	Pata con brillo
Aceptable	Incorporación en más de 5 segundos	Húmedo y defectos menores	Con defectos menores como edema	Ligeramente distendido	Consistencia dura, no muy aparente, ligeramente distendido	Pata sin brillo
Mal	No se levanta o está débil	Sucio o defectos mayores	Signos evidentes de lesión	Muy grande, húmedo y abierto	Muy aparente o distendido	Pata con vena marcada

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Clasificación del grado de translucencia.

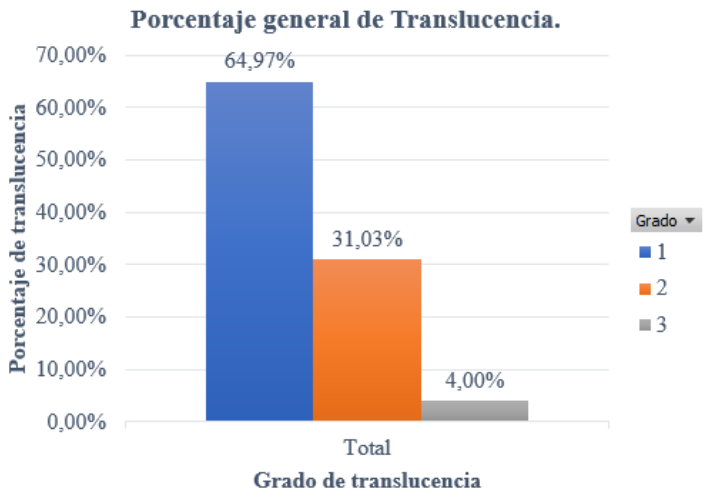
En este punto, es importante destacar el recorrido que sigue el huevo en la Planta Incubadora. Los huevos fértiles provenientes de las granjas reproductoras llegaban a la recepción y eran almacenados en un cuarto frío, con una temperatura recomendada entre 15° a 20°C (Aviagen, 2018). El tiempo de almacenamiento podía variar según la demanda de pollitos, siendo lo máximo 11 días de almacenamiento, aunque lo ideal es que no exceda de tres a cinco días. Posteriormente los huevos eran trasladados a un cuarto de atemperado, donde se exponían a una temperatura más alta, hasta los 28°C (Oviedo, 2021). En el caso de Cargill, el proceso implica un aumento de temperatura de 20°C a 33°C en un periodo de seis horas, previo al traslado a la incubadora. Este proceso de precalentamiento es crucial, ya que ayuda a reducir las muertes embrionarias en los primeros días de incubación, desde dos hasta los nueve días de incubación (Oviedo, 2021). El cambio gradual en la temperatura le permitía al embrión adaptarse mejor a la temperatura dentro de la incubadora.

Es fundamental mencionar que los huevos son colocados en bandejas con capacidad para 165 huevos, debe cerciorarse de que hayan sido colocados con la punta hacia abajo, para que la cámara de aire quede en la parte superior. Esta disposición es clave para el correcto desarrollo y su correcta posición en el momento de picar la membrana, ya que debe hacerlo en la cámara de aire.

Dentro del cuarto frío, se muestrearon un total de 8510 de huevos fértiles para la clasificación del grado translucencia. En la Figura 3 se detalla el comportamiento de los datos para cada grado. En resumen, 64.97% de los huevos evaluados fueron clasificados como grado 1, mientras que para 31.03%, fue catalogado como grado 2 y 4% como grado 3 (P = 0,001). Por tanto, como se puede apreciar, hay una buena calidad de cáscara, según el grado de translucencia, porque la mayoría de los huevos fértiles muestreados se encuentran dentro del grado uno y una pequeña proporción en el grado tres.

Figura 3

Porcentaje de grado de translucencia general.



Cabe destacar que la translucencia puede variar debido a diversos factores como, la edad de la gallina reproductora, ya que conforme aumenta la edad se da un deterioro de la calidad de la cáscara. De hecho, se ha observado que, aunque las gallinas más viejas, ponen huevos de mayor tamaño, la cantidad de cáscara se mantiene, por lo tanto, las gallinas ponen huevos con cáscaras con un grosor menor (Fernandes et al.,2017). Una recomendación para mitigar este problema es formular dietas con menos aminoácidos, acido linoleico y aceites. (Fernandes et al.,2017),

Por otro lado, en estudios realizados en gallinas ponedoras, se observó que, aunque el tamaño del huevo se mantenga, siempre había una disminución en la calidad de la cáscara, debido a una incapacidad de la gallina de absorber el calcio y mover el calcio de los huesos hacia la cáscara, pero en otros estudios se menciona lo contrario hay una mayor retención del calcio en aves más viejas (Fernandes et al.,2017), por lo que este aspecto debe ser estudiado en el futuro.

En este trabajo también se clasificó la translucencia por rango de edad obteniéndose los resultados detallados en el Cuadro 2.

Cuadro 2

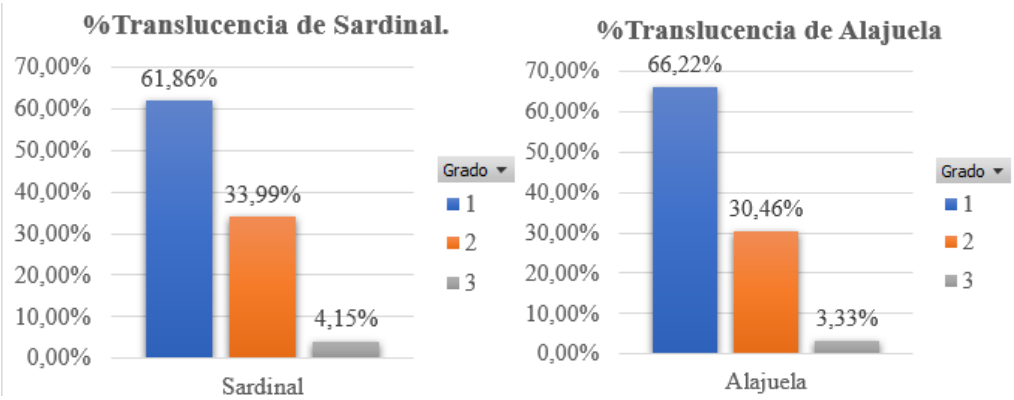
Porcentaje de grado de translucencia por rango de edad.

Grado de translucencia	Rango de edad		
	Joven	**Intermedio**	**Mayor**
1	67.6%	64.67%	62.54%
2	28.6%	31.61%	32.86%
3	3.67%	3.72%	4.61%

Cabe resaltar que una variable relevante en el presente estudio fue la localidad o región en la que se encontraban las granjas de aves reproductoras. Este factor, tal como se comprobó en este análisis podría impactar significativamente en la calidad de la cáscara. En particular, como se detalla en la Figura 4, los resultados obtenidos de translucencia por región indicaron que las granjas de Sardinal obtuvieron mayor porcentaje de grado tres, en comparación con las granjas de Alajuela. El gráfico representa el porcentaje de cada grado de translucencia, según el lugar de procedencia de los huevos fértiles, las granjas de aves reproductoras se distribuyen en la provincia de Alajuela y Puntarenas, esta última en específico la zona de Sardinal.

Figura 4

Porcentaje de translucencia por localidad.



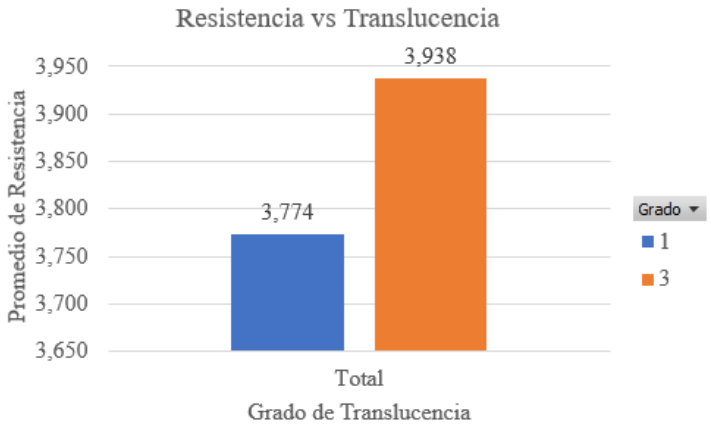
Hay que tomar en cuenta que la zona de Sardinal tiene mayores temperaturas en comparación con Alajuela. El estrés calórico en las aves puede reducir la secreción de GnRH, lo que afecta negativamente en la eficacia reproductiva. Además, el estrés térmico puede provocar una reducción en el peso y la cantidad de folículos, lo que contribuye a los resultados observados. Asimismo, se sabe que el estrés calórico está asociado con una reducción de la producción de huevos y la calidad de la cáscara, debido a alteraciones del consumo de alimentos y en el metabolismo del calcio (Oluwagbenga y Fraley, 2023).

3.2. Resistencia de la cáscara a la rotura.

Por otro lado, al analizar el factor de resistencia a la rotura junto a la translucencia; se observa una mayor resistencia en los huevos grado tres (P = 0,010), como se puede constatar en la Figura 5. En investigaciones previas, se ha demostrado que los huevos con translucidez grado tres presentan cáscaras más gruesas en comparación con los huevos grado uno (Wang et al.2017; Orellana et al.2023).

Figura 5

Promedio de resistencia de la cáscara a la rotura por grado de translucencia.

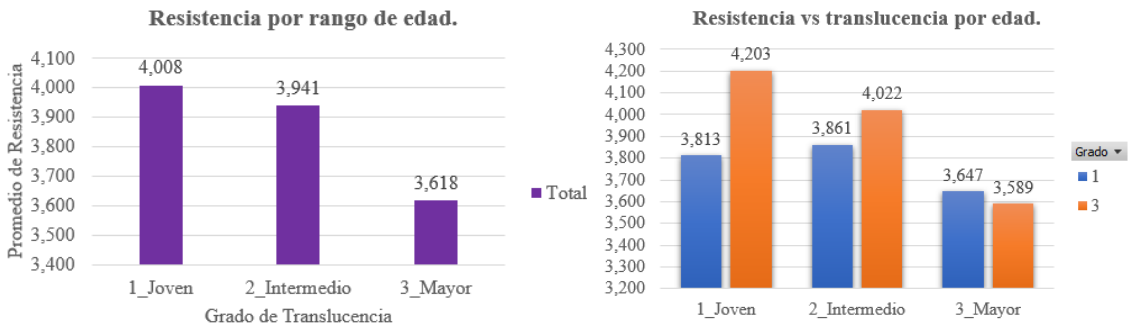


Esto sugiere que los huevos de grado tres, debido a su mayor grosor de cáscara, presentan una mayor resistencia a la rotura, tal como se observa en este estudio. De hecho, en un análisis sobre las propiedades de la cáscara de huevo, se concluyó que el peso se relaciona negativamente con el porcentaje total de cáscara, mientras que el grosor de la cáscara se relaciona directamente con la fuerza y la resistencia a la rotura (Fathi et al.,2019).

En cuanto a la resistencia por edad de la reproductora, los resultados mostrados en la Figura 6, indica que la resistencia disminuye con la edad. El gráfico de la izquierda representa el promedio de Resistencia a la rotura, según la edad del ave reproductora, y en el gráfico de la derecha se representa el promedio de Resistencia a la rotura, según la edad del ave reproductora y el grado de Translucencia.

Figura 6

Resistencia de la cáscara a la rotura por rango de edad.



Por lo tanto, se espera que las aves de mayor edad produzcan huevos con una menor resistencia en comparación con los lotes jóvenes. A medida que aumenta el tamaño del huevo con la edad del ave, la resistencia disminuye. Este comportamiento es consistente al comparar la resistencia con la translucencia, en lotes jóvenes e intermedios, la resistencia es mayor en los huevos de grado 3, pero en lotes de aves mayores esa relación cambia, como se observa en este trabajo (P = 0,001).

Como se sabe el daño en la cáscara ocasiona problemas severos, porque acarrea pérdidas económicas importantes, sumado a eso, el huevo fisurado incrementa el riesgo al ingreso de agentes patógenos, dentro de las causas probables de una cáscara frágil están: factores hereditarios, edad de la parvada, tipo de alojamiento, nutrición y factores ambientales (Fathi et al.,2019).

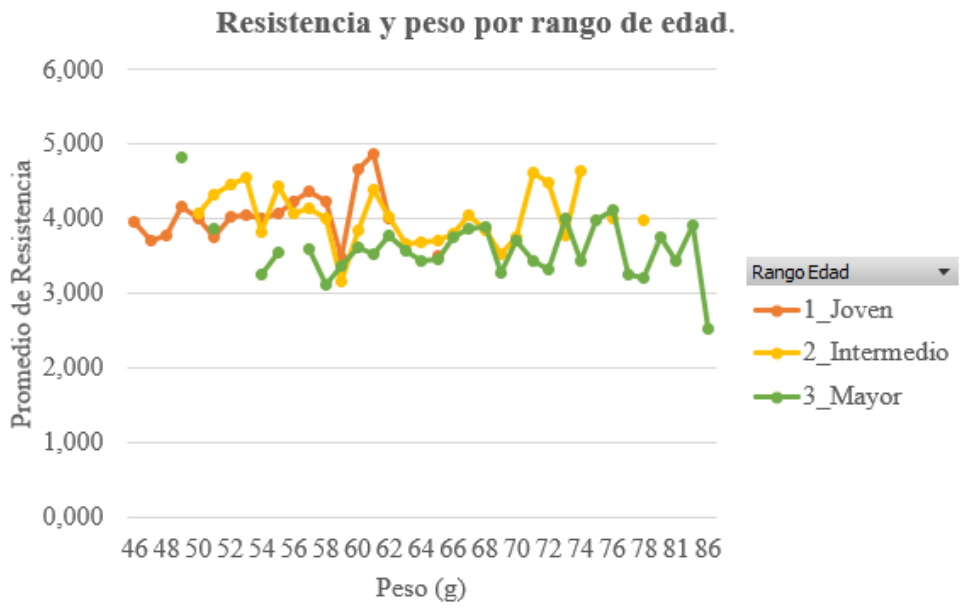
La resistencia de cáscara es influenciada por componentes estructurales como: el ancho, la longitud, el grosor de la cáscara y la forma del huevo. La rotura de la cáscara ocurre cuando hay una falla estructural debido a la tensión ejercida por el contacto de una superficie sólida y dura (Hamilton et al.,2021). Estos defectos estructurales son más comunes en huevos obtenidos de aves de edad avanzada (Fathi et al.,2019), ya que sus cáscaras más delgadas, los hace propensos a la rotura (Fernandes et al.,2017).

Las grietas finas solo se hacen visibles después de unos días de almacenamiento porque la humedad interna del huevo penetra en la grieta provocando una mancha gris. Estas grietas pueden detectarse al iluminar los huevos con una fuente de luz, ya que se puede ver la grieta brillante. Estos huevos tienen mayor riesgo de contaminación, por lo tanto, se relacionan con disminución de la incubabilidad y aumento en la mortalidad (Aviagen, 2018).

En la Figura 7 se presentan los pesos por edad. En lotes jóvenes, el rango de pesos es de 46-62g, mientras que para el lote intermedio es 50-76g, y para los lotes mayores de 54-83 g. En cuanto al promedio de peso por edad, para el lote joven es 52 g, para el lote intermedio es de 62 g y para el lote mayor es de 67 g. Esta tendencia hacia un mayor peso de los huevos a medida que aumenta la edad es una tendencia esperada dado que los huevos aumentan su tamaño con la edad (Fernandes et al.,2017).

Figura 7

Resistencia a la rotura y Peso del huevo por edad.



3.3. Resultados de la embriodiagnosis posterior al miraje a los 10 días de incubación.

Inicialmente, es importante tomar en cuenta que la embriodiagnosis se realiza solo a los huevos eliminados en el miraje (muestra de nueve bandejas de 165 cada una), la muestra recolectada para estos datos corresponde a un 6% del total de huevos, obteniéndose los siguientes resultados descritos en la Figura 8. Se constata que hay una tendencia hacia un incremento de los huevos infértiles, seguido de las muertes embrionarias. Las causas de infertilidad son variables,

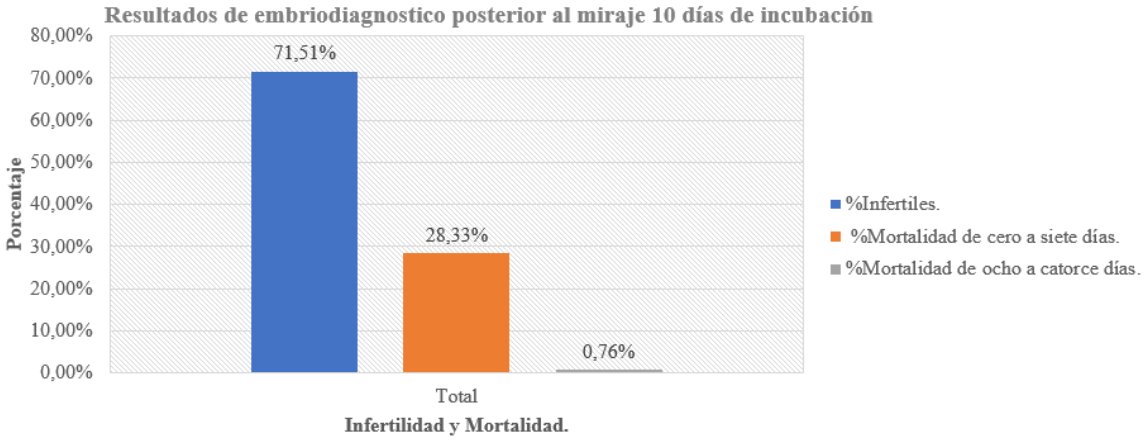
algunas mencionadas en la literatura incluyen: machos muy jóvenes o viejos, machos muy pesados o con pérdida de la condición corporal, en el caso de las hembras aplica también la baja condición corporal y mayor edad, otras causas están relacionadas con la nutrición o toxinas en el alimento, enfermedades y patas en malas condiciones. (Aviagen, 2018)

En el caso de las muertes embrionarias en los primeros siete días existen dos fuentes del problema: puede deberse a un problema en la granja, que incluye una recolección de huevo poco frecuente (recomendada tres veces al día), deficiencias en la nutrición y el estado sanitario de las aves, contaminación bacteriana, manipulación inadecuada de los huevos, huevos sucios o de piso.

Por otro lado, los problemas que surgen posterior a la postura y en la incubadora, como, por ejemplo, un almacenaje prolongado, o cuando hay fluctuaciones de temperatura ya sea que estén muy bajas o altas, o porque hay tardanza para alcanzar la temperatura de incubación, además, otra causa es la exposición a formalina a las 12 y 96 horas. Así mismo, las mortalidades entre los cinco a siete días se pueden presentar cuando se da condensación de agua en la superficie de la cáscara, se produce un ángulo insuficiente en el volteo o cuando el volteo se da con poca o mucha frecuencia. (Aviagen, 2018)

Figura 8

Gráfico de resultados de la embriodiagnosis.



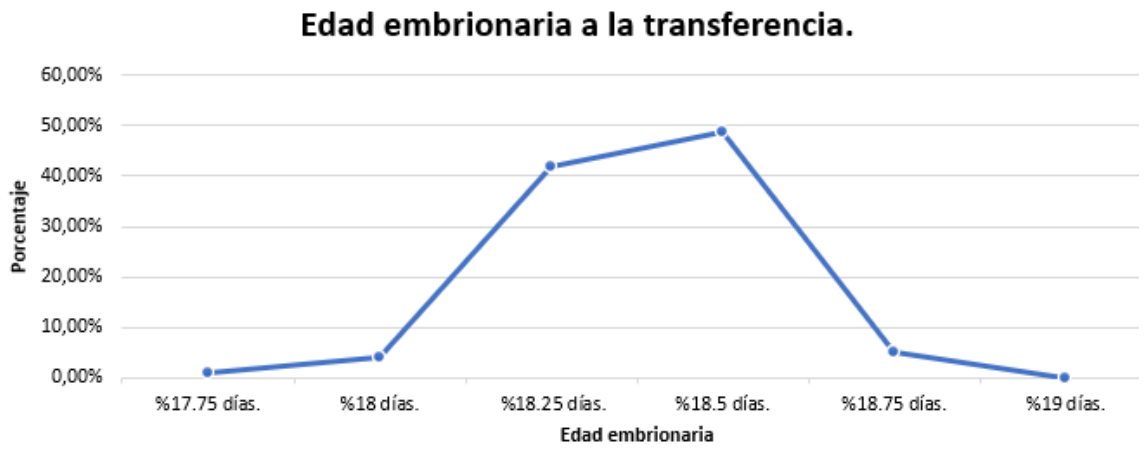
3.4. Edad embrionaria en la transferencia.

La transferencia es de gran importancia porque la planta de incubación cuenta con una máquina de vacunación *in-ovo* y en el caso de que el embrión no tenga la posición o desarrollo adecuado puede causarse su muerte al vacunar. Por lo que en esta etapa es de gran relevancia determinar la edad embrionaria al momento de la transferencia. La edad ideal es 18.50 días de

desarrollo, pero puede estar en un rango de 17.75 hasta los 19 días de desarrollo, tal como se puede observar en los resultados obtenidos que se describen en la Figura 9.

Figura 9

Edad embrionaria en la transferencia.



La vacuna usada *in ovo* por esta compañía, corresponde a una vacuna viva liofilizada contra Enfermedad infecciosa de la Bursa (Infectious Bursal Disease o IBD), que se coloca junto con un antibiótico preventivo. La enfermedad de Gumboro es ocasionada por un Avibirnavirus, su replicación se lleva cabo principalmente en la Bursa de Fabricius. La enfermedad provoca inmunosupresión en pollos de hasta tres semanas de edad y es asintomática en aves adultas. En caso de inmunosupresión el animal es susceptible a patógenos oportunistas. La inmunidad materna puede proteger al pollito de la infección temprana, pero obstaculiza la inmunidad activa posterior a la vacunación (Ray et al., 2021).

La vacunación *in-ovo* tiene sus ventajas como: lograr una inmunidad temprana, reduce los estímulos estresantes, disminuye los costos de mano de obra y permite obtener una mejor eclosión. Para esto, se deben vacunar los pollitos en una edad embrionaria adecuada, por lo que, para evitar repercusiones negativas, la vacuna se coloca en los últimos días de incubación. Es importante recalcar que durante este tiempo el embrión y las membranas extraembrionarias sufren cambios de posición y si no se vacuna en el lugar adecuado, como lo es el líquido amniótico y los músculos, su aplicación puede entorpecer la inmunidad del embrión (Neto et al., 2024).

La vacuna utilizada en este caso corresponde a Ceva Transmune IBD, que contiene~~n~~ cepas de Winterfield 2512 con inmunoglobulinas liofilizadas y la dosis recomendada es de 0.05 -0.1ml (Ceva, 2024). Una variante de la vacuna viva se usa *in-ovo* en Latinoamérica y África. Esta vacuna induce la inmunidad activa en niveles variables de inmunidad materna (Ray et al., 2021).

Es importante en la evaluación de la edad embrionaria a la transferencia, revisar la absorción del saco vitelino, ya que si esta absorción se ve interrumpida puede provocar deficiencias nutricionales y de anticuerpos maternos, por lo tanto, ocasiona muertes embrionarias tempranas y mala calidad de los pollitos. La edad de reproductora tiene influencia en la proporción de yema y albúmina, entre más edad menos albúmina. Otro factor determinante en la buena absorción del saco vitelino es la temperatura de preincubación y la temperatura de incubación, dado que si está por debajo de la óptima reduce la absorción y el uso de nutrientes (Wong y Uni, 2021).

Además, existen factores limitantes para una buena absorción, que incluye la calidad de la cáscara y procesos mecánicos en la incubación, como la ventilación y el volteo. La calidad de la cáscara influye en la absorción del saco vitelino, porque interviene en la conductancia, lo cual, determina la oxigenación del embrión, y puede reducir el consumo del saco vitelino. La conductancia depende de la proporción de poros y el grosor de la cáscara. Lo ideal es que permanezca un remanente del 10% del saco vitelino, porque permite al pollito sobrevivir o mantenerse bien, para ir en busca de agua y comida, y enfrentarse a las adversidades microbiológicas. (Alvarado, 2021).

Las malaposiciones de los embriones son comunes y puede perjudicar severamente las posibilidades de supervivencia o dificultar el nacimiento. Hay varios tipos de malposiciones que se presentan más frecuentemente, cada una con diferentes causas y consecuencias en el desarrollo del embrión. Una de las malposiciones que se encuentran con mayor frecuencia es cuando la cabeza se coloca entre las patas. Este fenómeno sucede cuando el embrión inicia su rotación hacia la cámara de aire preparándose para el nacimiento. Esto generalmente indica un retraso en el desarrollo por lo tanto no ha avanzado al ritmo adecuado en comparación con los demás (Tullet, 2010).

Otra malposición común es la cabeza en el extremo estrecho del huevo. Esto es ocasionado por huevos mal colocados en la bandeja con la cámara de aire hacia abajo o si el huevo tiene forma redondeada, también se puede dar por exposiciones a altas temperaturas o un volteo deficiente. En

algunos casos la cabeza puede girarse hacia a la izquierda, esto se debe a huevos que fueron colocados al revés en la incubadora y por deficiencias del volteo (Tullet, 2010).

Otra malposición grave ocurre cuando el pico queda lejos de la cámara de aire, suele suceder cuando los huevos son incubados horizontalmente. Esta es una situación letal, ya que el embrión no puede acceder al oxígeno. También se puede encontrar pollitos con las patas atrapadas sobre la cabeza, en esa posición el embrión tiene dificultad para picar el cascarón y le impide rotar para salir del huevo. Finalmente, en algunos casos el pico se coloca encima del ala derecha, se considera una variante normal del nacimiento, pero puede ser un signo de estrés calórico o una deficiencia de ácido linoleico (Tullet, 2010).

3.5. Nacida de los pollitos.

En este último apartado la metodología se basaba en la observación, por lo que, de acuerdo con lo aprendido, se mencionará algunas recomendaciones para el manejo de los pollitos utilizando la literatura consultada sobre el manejo de la incubadora y las observaciones de embriodiagnosis de los pollitos no nacidos.

Inicialmente, cuando empiezan a nacer pollitos se debe hacer un cambio de la temperatura para evitar la deshidratación. El pollito recién nacido es poiquilotermo, en consecuencia, no controla muy bien la temperatura corporal. Además, se ha visto que los pollitos sobrecalentados pierden peso y presentan daños leves en el intestino, entorpeciendo la absorción de nutrientes (Aviagen, 2018). Es muy importante tomar en cuenta que los huevos en incubación pierden de 12 a 15% de peso, correspondiente a la pérdida de agua, si el porcentaje de pérdida es mayor el embrión se deshidrata y si la perdida es menor, disminuye el desarrollo embrionario (Fernandes et al., 2017). Esta pérdida de agua está relacionada con la conductancia, que involucra el número de poros y el grosor de la cáscara. Además, tiene correlación con la saturación de oxígeno, que determina el inicio de la eclosión, ya que la disminución de oxígeno en la última etapa del desarrollo del embrión lo estimula a eclosionar del huevo (Fernandes et al.,2017).

Después de la nacida del pollo se hace la embriodiagnosis de aquellos huevos de la muestra que no nacieron; esto en general nos puede ayudar a identificar la edad de mortalidad del embrión y las causas.

Esta evaluación permite identificar problemas de volteo, por eso es recomendable voltear las bandejas sobre el eje horizontal, y en un ángulo de 38-45°. Además, el volteo debe hacerse con

suficiente frecuencia, en especial en la primera semana, ya que si no se hace de manera correcta aumentan los casos de mortalidad temprana y tardía. La mortalidad intermedia se da por altas temperaturas. En efecto las muertes tardías se dan por problemas en el volteo, debido a un escaso desarrollo de la membrana corioalantoidea que deja residuos en el fondo del huevo produciendo adherencias, además por daños del huevo durante la trasferencia. Así mismo, un mal volteo o su ausencia se relaciona con problemas de malposición, especialmente embriones volteados y girados al lado izquierdo o embriones pequeños (Aviagen, 2018), que como se mencionó anteriormente dificulta el picaje de la membrana y dificulta el acceso a la cámara de aire para empezar a respirar (Alvarado, 2021).

3.6. Visita a la granja de reproductoras.

Durante las visitas se realiza necropsias de aves muertas o aves seleccionadas por el médico veterinario, para verificar o descartar algún tipo de patología. Dentro las patologías encontradas con mayor frecuencia estaba el prolapso de útero; el cual se da en parvadas con poca uniformidad de pesos corporales y generalmente se complica por el picaje o canibalismo. Esta anomalía se relaciona con aumento en el consumo antes del pico de producción, y se da generalmente al inicio de la producción, además, se asocia con huevos con doble yema. Se ha visto que una alta cantidad de este tipo de huevo puede provocar el prolapso (Aviagen, 2021).

Otra de las afectaciones observadas en la visita a granja, fueron casos de aves que no estaban poniendo huevos, por lo tanto, no estaban produciendo huevos fértiles. Esta anomalía se asocia a atrofia de ovario y está relacionada con un malestar físico, que puede ser causado por enfermedades crónicas o por problemas de manejo (Fragoso et al., 2021).

Otra alteración hallada fue el oviducto derecho quístico. Recordemos que durante la formación embrionaria de las aves el conducto izquierdo es funcional, mientras que el oviducto derecho sufre una regresión. El hallazgo de un oviducto quístico es incidental, aunque se observa usualmente en aves con signos clínicos como letargo, reducción del consumo de alimento, y descenso en la puesta o interrupción de la puesta (Greenacre, 2015).

4. CONCLUSIONES

4.1. En general los objetivos fueron cumplidos satisfactoriamente, ya que, durante la pasantía, se adquirieron conocimientos prácticos sobre los procesos de manejo de huevo fértil, así como las técnicas para evaluar la calidad de la cáscara, especialmente en relación con la translucencia y la resistencia a la rotura.

4.2. Se cumplió exitosamente el objetivo, ya que se practicó la clasificación de 8510 huevos según su translucencia en tres categorías. Como se observó en los resultados el mayor porcentaje de huevos se encontraba en grado 1, y la minoría se encontraba en grado 3, lo que permitió afianzar la compresión de cómo la translucencia refleja la calidad de la cáscara en relación con la edad o la localidad.

4.3. Se participó activamente en el manejo de huevos durante la incubación y la transferencia a las nacedoras, así como actividades de inspección y embriodiagnosis. La experiencia práctica en la observación del manejo de huevos fértiles, el control sanitario, y el proceso de vacunación in-ovo, permitió obtener una visión integral de la producción avícola, esencial para el futuro desarrollo profesional en el campo de la incubación.

5. RECOMENDACIONES

5.1. Es recomendable para la Planta de Incubación, si se desea implementar la observación de la translucencia en la planta de incubación la capacitación de los colaboradores, ya que es necesario un tiempo de entrenamiento, aprendizaje y estandarización del criterio, para que no existan variables de una persona a otra.

5.2 Es aconsejable para futuros investigadores en la evaluación de la translucencia tomar en cuenta las variables que pueden interferir en el resultado de la translucencia, tales como: eventos estresantes dentro del galpón, problemas nutricionales, enfermedades, así como, el tiempo de ovoposición.

5.3. Se recomienda a la Planta de Incubación la utilización de manuales o guías de la embriodiagnosis para la raza o línea genética, ya que una evaluación más detallada permite obtener información más exacta y lograr enfrentar los problemas de la mejor manera.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adegbenjo, A. O., Liu, L., & Ngadi, M. O. (2020). Non-Destructive Assessment of Chicken Egg Fertility. *Sensors*, *20*(19), 5546. https://doi.org/10.3390/s20195546.

Alvarado, M. (2022). *Anatomía del huevo: impacto del estrés en la formación de la cáscara y su repercusión en el nacimiento.* aviNews, https://avinews.com/anatomia-del-huevo-impacto-del-estres-en-la-formacion-de-la-cascara-y-su-repercusion-en-el-nacimiento.

Alvarado, M. (2021). *Absorción de saco vitelino.* aviNews. https://avinews.com/absorcion-de-saco-vitelino.

Arce Carrillo, R. A. y Brenes Navarro, D. H. (2021). *Estudio de prefactibilidad para la producción de huevo fértil mediante el uso de pie de cría de productoras pesadas de pollo Cobb en la zona de San Ramón de Alajuela*. [Tesis de Maestría Universidad de Costa Rica]. Repositorio Kérwá. https://www.kerwa.ucr.ac.cr/items/83cbce93-8a93-487a-ba3f-96899ecf4703.

Aviagen. (2015). *Mejores prácticas en la incubadora: transferencia*. https://eu.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/Spanish_TechDocs/AVIA-BestPractice-HatcheryTransfer-2015-ES.pdf.

Aviagen. (2018). *Cómo... incubadora*. ComoIncubadora0612SP.pdf (aviagen.com).

Aviagen. (2022). *Consejos para la incubadora*. HatcheryTips_ES.pdf (aviagen.com).

Aviagen. (2021). *Enfermedades infecciosas y síndromes metabólicos que afectan a las reproductoras de pollos de engorde*.

https://aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/Spanish_TechDocs/AviagenBrief_InfectiousDiseases-MetabolicSyndromes-BroilerBreeders_22-ES.pdf.

Ceva. (4 de julio de 2024). *CEVAC® TRANSMUNE IBD.* Ceva Salud Animal. Cevac® Transmune IBD / Listado de Productos / Especies y Productos / Ceva Mexico.

Chang, A. (2020). *La importancia de la nutrición en la calidad de la cáscara de huevo en reproductoras de pesadas.* aviNews. https://avinews.com/la-importancia-de-la-nutricion-en-la-calidad-de-la-cascara-de-las-reproductoras-pesadas.

Cheng, X., & Ning, Z. (2022). Research progress on bird eggshell quality defects: a review. Poultry Science, 102(1), 102283. https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.102283.

Cobb-Vantress. (2016). *Cobb breeders: management guide.* https://www.cobbgenetics.com/assets/Cobb-Files/Breeder-Management-Guide.pdf

Cobb-Vantress. (2020). *Cobb incubation: management*. https://www.cobbgenetics.com/assets/Cobb-Files/Hatchery-Guide-Layout-R4-min.pdf.

De Abreu Fernandes, E., & Litz, F. H. (2017). The eggshell and its commercial and productive importance. In P. Hester (Ed), *Innovations and strategies to improve the egg* (pp. 261-270). Elseiver. https://doi.org/10.1016/b978-0-12-800879-9.00025-1.

Fathi, M. M., Galal, A., Ali, U. M., & Abou-Emera, O. K. (2019). Physical and mechanical properties of eggshell affected by chicken breed and flock age. *British Poultry Science*, 60(5), 506–512. https://doi.org/10.1080/00071668.2019.1621992

Food and Agriculture Organization of the United Nations (1 September 2023). *Gateway to poultry production and products: products and processing*. http://www.fao.org/poultry-production-products/products-processing

Fragoso, J., Moreno, J., Infiesta, P., Benevides, W., Lucio, E., & Pizarro, M. (2021). Main lesions and mortality patterns observed in a broiler breeder flock during the laying period. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 23(2), eRBCA-2020-1320. https://doi.org/10.1590/1806-9061-2020-1320

Greenacre, C. B. (2015). Reproductive diseases of the backyard hen. *Journal of Exotic Pet Medicine*, 24(2), 164–171. https://doi.org/10.1053/j.jepm.2015.04.004

Hamilton, R. M. G., **&** Bryden, W. L. (2021). Relationship between eggshell breakage and laying hen housing systems: an overview. *World Journal of Poultry Science*, *77*(2), 249–266. https://doi.org/10.1080/00439339.2021.1878480.

Jacob, J. (2023). *Avian reproductive system- Female.* USDA. poultry.extension.org/articles/poultry-anatomy/avian-reproductive-female/.

Jacob, J. (2024). *Embriología Aviar – Aves de corral pequeñas y de traspatio.* USDA. https://poultry.extension.org/articles/poultry-anatomy/avian-embryology/

Josh. (2023). Egg Force Reader - Egg Tester, Eggshell Strength and Eggshell Force Gauge - EggTester.com. EggTester.com. https://eggtester.com/egg-force-reader/

Makanjuola, B. O., Olori, V. E. & Mrode, R. A. (2021). Modeling of the genetic components of the hatching of fertile broiler breeders. Poultry Science, 100(5), 101062. https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101062.

Narushin, V. G., & Romanov, M. N. (2002). Physical characteristics and hatchability of the egg. *World Journal of Poultry Science, 58*(3), 297–303. https://doi.org/10.1079/WPS20020023

Neto, F. L. K., Cosmo, L. G., Guimarães, P. R., Oliveira, E. B., Nicholson, D., & Pereira, R. J. G. (2024). Effects of vaccination time *in ovo* on broiler performance parameters under

field conditions. *Poultry Science*, *103*(5), 103662. https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.103662.

Oluwagbenga, E., & Fraley, G. (2023). Heat Stress and Poultry Production: A Comprehensive Review. *Poultry Science*, 102(12), 103141. https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.103141.

Orellana, L., De Almeida Neves, D. R. E. S., Krehling, J., Burin, R. C. K., Soster, P., De Almeida, L. M., Urrutia, A., Muñoz, L., Escobar, C., Bailey, M., Chaves-Córdoba, B., Williams, C., Rebollo, M. A. & Macklin, K. S. (2023). Effect of eggshell translucency and color on broiler egg hatchability and chick weight. *Poultry Science*, *102*(9), 102866. https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102866.

Oviedo, E. (2021, octubre). *Precalentamiento Previo a la Carga en Incubadora*. https://avinews.com/precalentamiento-previo-a-la-carga-en-las-incubadoras/.

Pym, R. (2008). *Genética y cría de aves de corral en los países en desarrollo.* https://www.fao.org/3/al726s/al726s.pdf

Ray, S. M., Ashash, U., & Muthukumar, S. (2021). A field study on hatching day assessment and live vaccine application against infectious bursitis virus in broilers. *Ciencia Avícola*, *100*(8), 101252. https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101252.

Reijrink, I. (2010). *Effects of storage and early incubation conditions on egg characteristics, embryonic development, hatchability and chick quality* [Tesis doctoral, Universidad de Wageningen]. https://www.hatchability.com/Inge2010.pdf

Scanes, C. G., Butler, L. & Kidd, M. T. (2020). Manejo reproductivo de aves de corral. En F. Bazer, C. Lamb & G. Wu (Eds.), *Agricultura animal.* (pp. 349-366). Elsevier https://doi.org/10.1016/b978-0-12-817052-6.00020-3.

Servicio Nacional de Salud Animal. (2017). *Requisitos para la importación de huevos fértiles y pollos y paveznos de un día de Chile.*https://www.senasa.go.cr/informacion/centro-de-informacion/informacion/sgc/dca/dca-pg-02-requisitos-sanitarios-para-importacion/dca-

pg-02-rs-01-animales-vivos/1442-dca-pg-02-rs-01-in-013-v2-huevo-fertil-y-pollos-de-un-dia-de-chile/file.

Sokale, A., Williams, C., Triplett, M., Hoerr, F., & Peebles, E. (2020). Effects of broiler embryo developmental stage on coccidiosis vaccine injection accuracy and subsequent oocyst localization and offspring quality. *Poultry Science*, 99(1), 189–195. https://doi.org/10.3382/ps/pez592

Salomón, S. E. (2010). The eggshell: strength, structure and function. *British Poultry Science*, *51*(sup1), 52–59. https://doi.org/10.1080/00071668.2010.497296

Tullet, S. (2010). *Investigación de las prácticas de incubación.* Aviagen. https://en.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/Spanish_TechDocs/RossTechInvestigacindelasprcticasdeincubacinmayo2010.pdf

Vargas, A; Serrano, K; Watler, W; Morales, M. y Vignola, R. (abril 2018*). Prácticas efectivas para la reducción de impactos por eventos climáticos en Costa Rica: Ficha técnica: Producción Avícola.* https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/L01-8217.pdf.

Wang, D., Li, Y., Liu, L., Liu, J., Bao, M., Yang, N., Hou, Z. & Ning, Z. (2017). Traits of translucent eggshells and eggshell membranes. Poultry Science, 96(2), 351–358. https://doi.org/10.3382/ps/pew328.

Welten, P. (2022). *Preparar a las gallinas reproductoras para una producción óptima.* aviNews. https://avinews.com/en/prepare-breederhensforoptimumproduction/#:~:text=To%20achieve%20peak%20production%2C%20prepare,ideal%20preparation%20of%20the%20pullet.

Wong, E., & Uni, Z. (2021). Centenary review: the chicken yolk sac is a multifunctional organ. Poultry Science, 100(3), 100821. https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.11.004.