

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MÉDICO VETERINARIAS



Factores que afectan la incubación de huevo de gallina

Por:

Antonia Núñez Díaz

MONOGRAFÍA

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Torreón, Coahuila, México
Mayo 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MÉDICO VETERINARIAS

Factores que afectan la incubación de huevo de gallina

Por:

Antonia Núñez Díaz

MONOGRAFÍA

Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por:

MC. J. Guadalupe Rodríguez Martínez
Presidente

Dr. Jair Millán Orozco
Vocal

IZ. Jorge Horacio Borunda Ramos
Vocal

M.V.Z. Adrián Morales Morales
Vocal Suplente

MC. José Luis Francisco Sandoval Elías
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal

Torreón, Coahuila, México
Mayo 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MÉDICO VETERINARIAS

Factores que afectan la incubación de huevo de gallina

Por:

Antonia Núñez Díaz

MONOGRAFÍA

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por el Comité de Asesoría:

MC. J. Guadalupe Rodríguez Martínez
Asesor Principal

Dr. Jair Millán Orozco
Coasesor

IZ. Jorge Horacio Borunda Ramos

MC. José Luis Francisco Sandoval Elías
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal

Torreón, Coahuila, México
Mayo 2025

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, doy gracias a Dios por permitirme tener tan buena experiencia dentro de mi Universidad, y la oportunidad de poder concluir esta bella carrera.

Gracias a mi **ALMA MATER** por permitir convertirme en un ser profesional en lo que tanto me apasiona.

Gracias a cada maestro que hizo parte este proceso integral de formación.

A mi papá, por el apoyo incondicional y el esfuerzo de tantos años.

A mis hermanos, por estar ahí siempre.

A mi asesor MC. J. Guadalupe Rodríguez y como coasesor el Dr. Jair Millán Orozco, por el apoyo, el seguimiento y la colaboración de este proyecto.

DEDICATORIAS

A mi querido padre **Manuel Nuñez Gomez**, gracias por tu apoyo incondicional durante mi proceso. Tu aliento y motivación fueron fundamental para alcanzar esta meta.

EN MEMORIA

En honor a mi señora madre **Pascuala Diaz Diaz**, mi fuente de inspiración y sabiduría. Aunque ya no estés físicamente conmigo, tu espíritu y amor continúan guiándome en cada paso de este camino.

INDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIAS	ii
ÍNDICE DE TABLAS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	v
RESUMEN	vi
Abstract.....	vii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVO GENERAL	2
II. REVISION DE LITERATURA.....	3
2.- FACTORES QUE INFLUYEN EN LA INCUBABILIDAD	3
2.1.- RECOLECCIÓN Y ALMACENAMIENTO	3
2.2.-TEMPERATURA.....	8
2.3.- VOLTEO	14
2.4.-NACIMIENTO	17
2.5.- VENTILACIÓN.....	18
2.6.- EVAPORACIÓN Y HUMEDAD	19
2.7.-CÁSCARA	22
2.8.-PESO DEL HUEVO	25
2.9.- EDAD DE REPRODUCTORES	25
III.- REFERENCIAS.....	30

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Condiciones de conservación de los huevos para incubar	8
Tabla 2. Efecto del ángulo de rotación durante la incubación	16
Tabla 3. Efecto de la edad de las reproductoras sobre el peso del huevo, pérdida de la humedad durante la incubación, incubabilidad y peso del pello al día de edad	26
Tabla 4. Aspectos fundamentales durante el proceso de incubación según el tipo de ave	27
Tabla 5. Principales problemas y causas que disminuyen la infertilidad en aves	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Rangos optimos de temepratura de almacenamiento del huevo 27

Figura 2. Posibles defectos de huevo fértil 28

RESUMEN

La avicultura es una de las áreas más especializadas en lo que se refiere a el sector agropecuario en todo el mundo y no es diferente en México. El éxito de la incubación comienza el control de bioseguridad de la granja de reproductores, donde es fundamental supervisar la alimentación, el cuidado sanitario, el proceso reproductivo, el aumento de peso y otros factores. De los muchos aspectos que afectan al huevo para su incubación, no todos son controlables o no al menos del todo. Al momento de realizar la transferencia de la granja hacia la planta de incubación, debe ser meticuloso con la finalidad de conseguir un alto porcentaje de incubabilidad, siguiendo los fundamentos básicos como son: temperatura, humedad, ventilación, dado que son estos donde se tiene un mejor control y puede incidirse de manera positiva, aunque errores humanos y técnicos ponen en riesgo continuamente el éxito del proceso. De estos, sin duda la temperatura juega un papel preponderante, sin que por esto los demás jueguen un papel menos importante, sin embargo, el mal manejo de esta o la asociación con la humedad o mala ventilación pervierten o en muchos de los casos agravan el desarrollo del embrión. Cada factor ejerce una influencia perjudicial en el crecimiento y, en conjunto provoca un impacto negativo sobre el huevo fértil. Es motivo ampliar investigaciones y enfatizar cada factor que involucra en la incubabilidad, en particular las reproductoras y pollos de engorde, debido a que son las explotaciones mas comunes y una economía considerable para el país.

La eficiencia, es el porcentaje de incubabilidad, cuando mas pollitos son producidos a partir de un lote de huevo, mas eficiente y eficaz en costes es una sala de incubación (Meijerhof, 2005)

Palabras clave: Huevo fértil, Incubación, Volteo, Temperatura, Humedad, Gallina ponedora

Abstract

Poultry farming is one of the most specialized areas in the agricultural sector worldwide and it is no different in Mexico. The success of artificial egg incubation begins with the management of the breeding farm, where nutrition, sanitary management, reproduction, weight gain and many other factors must be controlled. Of the many factors that affect the egg for its incubation, not all are controllable or at least not completely, the transfer from the farm to the incubation plant must be careful and follow good practices to ensure an adequate percentage of hatchability; the storage and incubation of eggs are based on basic fundamentals such as: temperature, humidity, ventilation and movement, since these are where there is better control and can be positively influenced, although human and technical errors continually put the success of the process at risk. Of these, temperature undoubtedly plays a preponderant role, although the others do not play a less important role. However, poor management of this or its association with humidity or poor ventilation perverts or, in many cases, aggravates the development of the embryo. Each factor alone has a negative impact on development, and the association of these factors magnifies the effect on the fertile egg, which is already susceptible. For this reason, it is essential to investigate the factors that affect hatchability, especially in laying hens and broiler chickens, since these are the most common poultry farms and those with the greatest economic impact in the country.

Keywords: Fertile egg, Incubation, Turning, Temperature, Humidity, Laying hen

I. INTRODUCCIÓN

La incubación es un procedimiento en el que un huevo viable se transforma en un pollito tras un periodo de 21 días en incubadora. Durante este tiempo el embrión lleva acabo su desarrollo siempre y cuando se proporcione las condiciones requeridas como es la: temperatura, humedad , volteo y ventilación. Cada una de ellas es de vital importancia para su crecimiento. Hoy en día una incubadora ya cuenta con una tecnología mas avanzada que pueden ser controlado o modificadas mediante sensores(Blanco Peña, 2014; Barrera Machado, 2019).

Está bien documentado que cuando las condiciones son óptimas, los embriones de pollo se desarrollan normalmente y eclosionan en aproximadamente 21 días (Yalcin y Siegel, 2003), pero se ha demostrado que un cambio, en el intercambio de gases vitales, la temperatura, la humedad y otros factores (Landauer, 1967), afectan el crecimiento del embrión. Sin embargo, se ha sugerido que la temperatura es el factor más importante que controla el crecimiento y desarrollo del embrión (Meijerhof, 2000; Leksrisompong, 2007).

La temperatura durante el periodo de incubación, puede influir de manera considerable en la eclosión la calidad de pollitos y el desempeño posterior en la vida de aves y se considera como el factor ambiental mas relevante durante la incubación (Walstra *et al.*, 2010).

El manejo moderno de la incubación, busca establecer condiciones ambientales optimas, abarcando desde el almacenamiento hasta la recepción de pollitos en la granja destino mediante un control climático riguroso en cada etapa (Meijerhof, 2005).

OBJETIVO GENERAL

Dar a conocer los principales factores involucrados en la incubación de huevo de Gallina, con fines de llevar a cabo un mejor manejo del mismo y eficientar su sobrevivencia y producción de pollo para abasto.

II. REVISION DE LITERATURA

2.- FACTORES QUE INFLUYEN EN LA INCUBABILIDAD

2.1.- RECOLECCIÓN Y ALMACENAMIENTO

Una buena incubación comienza con la recolección inmediata tras la postura para evitar contaminación. Es importante seguir las instrucciones de sanidad y bioseguridad. Seleccionar los mejores huevos según frescura, ausencia de daños externos y peso apropiado. Posteriormente, se desinfecta y coloca en bandejas procurando una uniformidad de tamaño, almacenándose en un lugar fresco, ventilado y dándole prioridad a la posición la cámara de aire hacia abajo (Rodríguez-Moya y Cruz-Bermúdez, 2017).

Para prevenir la pérdida de fertilidad por una recolección inadecuada, se sugiere realizar 4-5 acopiadas diariamente, distribuidas entre mañana y tarde. Además, fumigar los huevos en caliente con formol y permanganato, a 20-25°C y 70-80% de humedad durante unos minutos. Es esencial para reducir la carga microbiana. No comience muy temprano, pues la mayor producción probablemente se presente hasta las 10-12 h del día (Antonio, 1990; Hernando, 1990).

Los huevos que no manejan una desinfección correctamente, pueden quedar susceptibles al crecimiento de patógenos como *speudomonas* o *Proteus*, infectando la habitación de almacenamiento o la incubadora (Nilipour, 1994).

La contaminación bacteriana interna en los huevos, ocurre principalmente en la primeras horas tras la ovoposición, afectando mas del 60% en un lote en los primeros 60 minutos (Soares, 2008).

La incubabilidad de los huevos está influenciada por diversos factores, incluyendo el ambiente de la incubadora, la línea genética, la edad y salud de las aves, la estación del año, el proceso del manejo, tamaño y calidad del cascarón (Barrios Castellanos *et al.*, 2012).

Incuestionablemente, la calidad sanitaria del huevo destinado a la incubación representa uno de los aspectos mas significativos que influye en la calidad de pollito recién nacido. El huevo se libera del oviducto sin la presencia de microorganismos, salvo en circunstancias de enfermedades de transmisión vertical. Sin embargo, Incluso son depositados en condiciones “limpias” muestra una gran variedad de bacterias en la cáscara.

El huevo, al momento de la puesta, alcanza 42°C, pero su temperatura desciende rápidamente a 21°C, lo que provoca un freno en el desarrollo embrionario e induce a la contracción de su contenido, favoreciendo la aspiración de gérmenes de la cascara mediante la cutícula húmeda (Soares, 2008).

La calidad del pollito puede estar relacionada con varios factores, como la calidad de la incubadora, el entorno de incubación y las características del huevo. Aunque el almacenamiento es una práctica normal después de la recolección y, a menudo, una necesidad en la incubación comercial, este influye negativamente en la calidad del huevo y del embrión en desarrollo y da como resultado un tiempo de incubación más largo. Además, la eclosión puede verse influenciada por el periodo largo de almacenamiento de los huevos en incubación, lo que resulta en un aumento en el número de pollitos que experimentan retraso en el acceso al primer alimento (Tona *et al.*, 2003).

La desinfección de huevo se centra en eliminar microorganismos superficiales. La rapidez en el proceso tras la ovoposición es crucial; al utilizar soluciones desinfectantes mediante inmersión, en spray o en forma de gas inmediatamente después de la recolección maximiza la eficacia. El uso de soluciones por inmersión de huevos incubables, requiere

equipamiento específico y un control de temperatura (38°C-40°C). el formaldehído, obteniendo de formol+permanganato potásico, se utiliza comúnmente en este proceso. Esta práctica requiere de cabinas especiales para mantener la humedad y temperatura adecuadas(20°C-25°C, 79-80% HR), limitadas a salas de incubación por su toxicidad. Las soluciones en spray son la opción más práctica para las aplicaciones inmediatas en granjas de recolección. Tradicionalmente, se ha empleado combinaciones de amonios cuaternarios con formol y/o violeta de genciana. La dificultad asociada a estas soluciones requiere múltiples productos en la granja para llevar a cabo la mezcla. La preparación de estas mezclas debe realizarse diariamente con el fin de asegurar la estabilidad del principio activo desinfectantes. En tiempos recientes, ha aumentado la utilización de productos a base de ácido paracético y peróxido de hidrógeno debido a su notable eficacia y baja toxicidad (Soares, 2008).

El almacenamiento adecuado de huevos fértiles es crucial para maximizar el potencial de nacimiento. Las condiciones ambientales de los cuartos fríos debe permanecer entre 15°C-20°C y 75-80% HR. Almacenar más de una semana reduce la incubabilidad, por lo que se recomienda un almacenamiento menor de 7 días(Rodríguez-Moya y Cruz-Bermúdez, 2017).

(Gurri Lloveras, 1995) recomienda almacenar por una semana, siempre y cuando exista un número suficiente de huevos y un adecuado el número de incubadoras a la producción. Por lo tanto, los huevos almacenados deberán colocarse en recipientes de metal o plástico de fácil desinfección con separadores –alvéolos- posición de incubación – vertical- y la cámara de aire hacia arriba.

De esta forma optimiza la calidad de huevo y estabilidad en el desarrollo embrionario, favorece la supervivencia del embrión y resulta una mejor incubabilidad y calidad del pollito

eclosionado. En un estudio se comparó el tiempo de almacenaje versus mortalidad embrionaria en pollo de engorde de 4 días (10.7% de mortalidad) vs 14 días (27.2 de mortalidad), además de determinarse que en este ultimo grupo, la mortalidad temprana y tardía se acentuó de manera significativa. Por lo que se afirma que existe evidencia de que el metabolismo embrionario cambia debido al tiempo de almacenaje (Rodríguez-Moya y Cruz- Bermudez, 2017).

En otro estudio, se notó que los embriones derivados de huevos que habían sido almacenados durante 15 días, generaban CO₂ a un ritmo inferior al de los embriones obtenidos de huevos que se había almacenado solamente por 4 días. Este hallazgo sugiere que los embriones result ante de un almacenamiento prolongado, no solo presentan un desarrollo lento, sino que su metabolismo también se ve alterado debido al periodo de almacenamiento que procede a su incubación (Rodríguez-Moya y Cruz-Bermúdez, 2017).

Debido a la demanda variable del mercado de pollitos de 1 día de edad en la industria avícola y la capacidad máxima de la incubadora, la duración total del almacenamiento de huevos varía entre unos días y varias semanas. Un retraso en el tiempo de eclosión, así como una disminución en la incubabilidad y un descenso en la calidad, está asociada al almacenamiento de huevos más allá de 7 días (Reijrink *et al.*, 2010) Generalmente se les llama “Pollos de un día”, pero en realidad pueden tener hasta tres días de edad, debido al tiempo de eclosión desde el primer pollo hasta el último, que va de 24 a 48 h (Prado-Rebolledo y Juárez-Estrada, 2017).

El traslado de los huevos en vehículos con ambiente controlado no se realiza de manera diaria, dado que las distancias entre la granja a la planta de incubación son significativas y puede resultar económicamente poco eficiente. La mayoría de las instalaciones de incubaciones comerciales, en la actualidad disponen de incubadoras

multietapas, de modo que la eficacia es afectada por su capacidad y programación de carga (Prado-Rebolledo y Juárez-Estrada, 2017).

En las incubadoras de carga única, se realiza una sola vez, obteniendo huevos en la misma fase embrionaria. Una de las ventajas que ofrece este equipo, es la capacidad de identificar con mayor precisión al instante de la eclosión y la uniformidad de pollitos, sin embargo, esto implica una inversión económica más elevada (Granados, 2019).

Tona *et al.*, (2003) determinaron los impactos negativos del almacenamiento prolongado en la calidad de los pollitos en relación con parámetros físicos al momento de la eclosión, incluyendo aspectos como la apariencia, actividad y la calidad en la región del ombligo. En el 2004, Tona *et al.*, determinaron los efectos negativos del almacenamiento prolongado sobre la calidad de los pollitos en términos de peso corporal semanal hasta la edad de sacrificio.

Los efectos negativos del almacenamiento largos en huevos sobre la incubabilidad y la calidad del pollito varían con la edad de la parvada reproductora. Estos efectos pueden deberse a cambios en el embrión, las características del huevo o ambos (Reijrink *et al.*, 2008).

Prado-Rebolledo *et al.*, (2017) afirma que, durante el desarrollo embrionario del pollo, las incubadoras comerciales maneja concentraciones de 4000 ppm de CO₂; con los resultados obtenidos, sugieren bajar dicha concentración a 3000 ppm, para mejorar principalmente la incubabilidad.

Para evitar cambios en el embrión, los huevos normalmente se almacenan por debajo de la temperatura a la que continúa el proceso embrionario y debe estar por debajo de 20 a 21°C, al empezar el proceso de incubación, los huevos se necesitan ser llevados de la temperatura en que se almacenan a la temperatura adecuada para incubar. Algunos autores

han sugerido que es beneficioso calentar los huevos rápidamente a la temperatura de incubación porque un tiempo prolongado a una temperatura por debajo de 35°C puede aumentar la mortalidad o el desarrollo embrionarios anormal (Renema *et al.*, 2006).

Los huevos se deben calentar lentamente para reducir un choque de temperatura en los embriones. El perfil óptimo de calentamiento previo a la incubación puede ser diferente para los huevos almacenados durante períodos de tiempo cortos y largos. Pero temperaturas inferiores a 20°C, disminuye la viabilidad del embrión durante el almacenamiento probablemente debido a la muerte celular (Reijrink *et al.*, 2010).

Tabla 1. Condiciones de conservación de los huevos para incubar.

DIAS DE ALMACENAJE	TEMPERATURA, °C	HUMEDAD RELATIVA, %
1 a 3	17 – 20	70 – 75
4 a 7	14 – 17	75 – 80
8 a 14	11 - 14	80 - 85

Fuente: North y Bell (1993).

2.2.-TEMPERATURA

Los embriones de pollo se caracteriza por ser poiquilotermos, lo implica que requiere una fuente de calor externa, ya sea de una gallina o una incubadora, para facilitar el calentamiento necesario para el desarrollo y el funcionamiento adecuado de sus procesos metabólicos. En este sentido, temperatura juega un papel preponderante en la tasa metabólica de la yema, así como la movilización y el uso de la albúmina, posteriormente

durante el desarrollo embrionario en el periodo de incubación (Noiva *et al.*, 2014; Barrera Machado, 2019).

La temperatura interna de una gallina se sitúa en 42°C. Por lo tanto, es común que el huevo recién puesto se encuentre en un entorno con temperaturas más bajas. Una vez es puesto, las distintas capas que lo conforman comienza a perder calor, lo que le da lugar a un fenómeno conocido como succión interna. Este mecanismo es, además, esencial para facilitar la separación de las membranas testáceas en el extremo más amplio del huevo y crear una cámara de aire. A pesar de que hay una estructura biológica que limita la entrada de bacterias, conocida como la cutícula, esta presenta una notable variabilidad en términos de grosor e integridad; por ende, su eficacia en la función de protección también varía. (Soares, 2008).

En el instante en que se produce la puesta, el huevo es expulsado a una temperatura de 42°C. posteriormente, es recolectado con precaución. Transportado a la planta y sometido a un proceso de selección. Durante este tiempo, se ajusta a la temperatura del ambiente que oscila entre 24°C-25°C. Al ser ubicado en el cuarto frío, se interrumpe el desarrollo embrionario y se conserva a un estado de letargo que puede variar entre 2 y 15 días máximo, siendo el intervalo más recomendable de 4 días. (Herrera, 2011).

(Ruiz *et al.*, 2016) afirma que se han registrado aumentos de mortalidad embrionaria, lo cual fue evidenciado en la fase intermedia (día 14) de la incubación, junto con un aumento considerable en la fase inicial (día 7).

La temperatura, humedad, ventilación y volteo de los huevos son fundamentales en el proceso de incubación. Por lo general, se considera que 37.7°C representa una temperatura promedio adecuada, tanto para pollos y pavos. Cualquier desviación, ya sea por encima o por debajo de este valor, puede comprometer la viabilidad del embrión y

disminuir el porcentaje de nacimientos. La eclosión y el posterior manejo son factores clave que inciden en el rendimiento productivo. A diferencia de otros animales, las aves de producción son transportada una vez que eclosionan, lo que convierte esta una experiencia significativo en su ciclo de vida (Prado-Rebolledo y Juárez-Estrada, 2017)

Barott (1937) fue uno de los primeros en investigar la importancia de la temperatura de incubación y demostró que 37.8°C resultaba en la mayor incubabilidad y calidad de pollito en ponedoras (Walstra *et al.*, 2010)

La temperatura óptima se define a menudo como la requerida para lograr la máxima incubabilidad. Aunque la temperatura de incubación óptima para las aves de corral está entre 37 y 38°C, este rango pasa por alto la diferencia entre la temperatura de la incubadora y la temperatura embrionaria. Durante la incubación temprana, la temperatura embrionaria se acerca a la temperatura de la incubadora. Sin embargo, desde la mitad de la incubación en adelante, la producción de calor metabólico del embrión aumenta la temperatura embrionaria por encima de la de la incubadora. La diferencia entre la temperatura embrionaria tardía y la temperatura del aire de la incubadora depende de la conductividad térmica, que, a su vez, está influenciada principalmente por la velocidad del aire sobre los huevos. (Meijerhof y Van Beek, 1993; Hulet , 2007).

Se ha informado que, durante la incubación, los huevos grandes producen más calor que los huevos pequeños (Vleck *et al.*, 1980; Meijerhof y Van Beek, 1993). Los huevos grandes también enfrentan más dificultades para eliminar el exceso de calor del huevo (French, 1997). Si los huevos grandes y los huevos pequeños se incuban en condiciones similares, la mayor producción de calor (HP) y el aumento de las dificultades para eliminar el calor en los huevos grandes darán lugar a temperaturas embrionarias más altas en estos (Meijerhof y Van Beek, 1993; Lourens *et al.*, 2006).

La temperatura es un factor muy importante que afecta el desarrollo del embrión la incubabilidad y el rendimiento posterior al nacimiento (Lourens *et al.*, 2005). En los estudios sobre incubación, comúnmente se utiliza como tratamiento la temperatura del aire aplicado a los huevos (French, 1997). Esta, podría debatirse dado que la temperatura interna del huevo (temperatura del embrión) sería más relevante que la temperatura del aire, porque la temperatura del aire no es igual a la temperatura del embrión y puede variar de forma independiente (Meijerhof y Van Beek, 1993). Se puede suponer que el desarrollo y la incubabilidad del embrión están más influenciados por la temperatura del embrión que por la temperatura del aire (Lourens *et al.*, 2005).

Las condiciones ambientales durante el desarrollo embrionario son cruciales para un crecimiento y desarrollo prenatal óptimos y pueden influir en el rendimiento y la salud en la vida posterior (Molenaar *et al.*, 2010). Lourens *et al.*, (2005), demostró la influencia de la temperatura del embrión en el desarrollo y la incubabilidad, usando la temperatura de la cáscara del huevo (EST) como respuesta a la temperatura del embrión.

Debido a que el tamaño del huevo influye en la temperatura del embrión a través de la producción y transferencia de calor, los experimentos que estudian el efecto del tamaño de los huevos sobre el desarrollo del embrión entre especies o la mortalidad embrionaria tardía dentro de una especie se verá influenciado por las diferencias en la temperatura del embrión, si las condiciones de la incubadora no se ajustan para obtener una temperatura del embrión igual (Lourens *et al.*, 2006).

El manejo inadecuado de los huevos disminuye la incubabilidad, genera alteraciones en los patrones de mortalidad embrionaria y puede influir en el desempeño de los pollitos al nacimiento. Por lo general, la mortalidad es más alta durante los primeros días de incubación, momento en el cual se están desarrollando todos los órganos del embrión. La

fase media se caracteriza por un crecimiento acelerado y, en general, se asocia con niveles muy bajos de mortalidad embrionaria. Sin embargo, la mortalidad comienza a aumentar nuevamente en los últimos días de incubación, cuando el embrión se moviliza para buscar la cámara de aire con el fin de ventilar sus pulmones, ajustar la circulación sanguínea, absorber el saco vitelino y, finalmente intenta nacer (Barrera Machado, 2019).

En consecuencia, la tasa de supervivencia y el desarrollo embrionario pueden verse afectados. De hecho, se ha descubierto que las condiciones ambientales subóptimas durante la incubación afectan negativamente la tasa de supervivencia y el desarrollo embrionario. Dos de las condiciones ambientales más importantes durante la incubación que se sabe que influyen en el desarrollo embrionario son la temperatura y el O₂. Una temperatura continua de la cáscara de huevo (CDH) de 37.8°C durante toda la incubación ha dado el mayor desarrollo y la concentración de O₂ en el aire normal es del 21%. Las concentraciones altas de CDH ($\geq 38.9^{\circ}\text{C}$) y bajas concentraciones de O₂ ($\leq 17\%$) afectan negativamente el desarrollo embrionario, y estas condiciones pueden interactuar con cada otro. Los efectos negativos de las altas temperaturas durante la incubación pueden verse contrarrestados por concentraciones más altas de O₂, que pueden mejorar el desarrollo y la tasa de supervivencia (Molenaar *et al.*, 2010).

La implementación de 39.5°C en la incubación durante 18 días, tiene un impacto negativo, lo cual se traduce un incremento en la mortalidad embrionaria, una reducción en la tasa de eclosión, así como en el peso de los pollitos y de los órganos internos y elevando en peso del saco vitelino (Ruiz *et al.*, 2016).

La temperatura puede influir de manera divergente o bifásico a lo largo del proceso de incubación. Un incremento en la temperatura, al principio, impulsa la velocidad de desarrollo del embrión así como la utilización de nutrientes y energía proveniente de la yema

y albúmina; no obstante, conforme avanza la incubación, la exposición prolongada a temperaturas elevadas tiende a reducir el crecimiento embrionario (Barrera Machado, 2019).

Los efectos observados del aumento de la temperatura sobre la incubabilidad de los huevos son muchas veces contradictorios (Oviedo-Rondón *et al.*, 2010). Esto puede deberse a las diferentes características de la cascara de huevo (grosor y porosidad) y la línea genética (Gualhanone *et al.*, 2012).

El embrión solo puede utilizar los nutrientes almacenados en el huevo, que contienen una gran cantidad de proteínas y grasas, pero solo una pequeña cantidad (<1%) de carbohidratos. Durante la primera semana de incubación del huevo, la glucosa es la fuente de energía predominante porque la corioalantoides no está lo suficientemente desarrollada para proporcionar el O₂ requerido para la oxidación completa de los ácidos grasos.

Durante la segunda mitad de la incubación, los ácidos grasos son el sustrato predominante para la producción de trifosfato de adenosina (ATP) y presumiblemente se depositan proteínas. Al final de la incubación, alrededor del día 19 de incubación, el embrión comienza el proceso de eclosión que demanda energía y la glucosa actúa como la principal fuente de energía. Debido a que inicialmente hay bajas concentraciones de carbohidratos disponibles en el huevo, la gluconeogénesis es indispensable con aminoácidos, glicerol o lactato como precursores potenciales. La temperatura se modifica en concordancia con las fases de incubación, lo que implica que es imprescindible reducir el nivel de temperatura en los últimos días (2 a 3) (Barrera Machado, 2019).

La temperatura en los equipos de incubación debe mantenerse inalterada a (37°C), que constituye temperatura óptimo para el desarrollo adecuado. Sin, embargo, es importante tener en cuenta factores tales como; el tamaño de la carga y el calor que los

embriones producen a medida que avanza los días de incubación. Se debe evitar variaciones que podrían resultar en un desarrollo acelerado o retardado, lo que a su vez conlleva a una disminución de fertilidad (Barrera Machado, 2019; COBB, 2008).

A lo largo del proceso de incubación, produce una pérdida de vapor de agua a través de los poros de la cáscara. La rapidez con la que se pierde la humedad está determinada por la cantidad y el tamaño de dichos poros, así como por la humedad existente en el ambiente que rodea al huevo. Es esencial que un huevo reduzca de su peso en un 12% para el día 18 de la incubación (COBB, 2008).

La pérdida de humedad durante la incubación está influenciada por manejo, nutrición y salud de las reproductoras, genera huevos con deficiencias en la cáscara. Es trascendental mantener una humedad relativa del 83-84% en incubadoras para asegurar el desarrollo óptimo y pollitos saludables (Barrera Machado, 2019).

En cuanto a la temperatura de la superficie (EST-Egg Surface Temperature) de la cáscara del huevo y la pérdida de agua (Biesek *et al.*, 2023) demostraron que la EST más alta (cuantitativa) se encontró en el día 3, 7 y 16 de incubación, por encima de 37.7°C a 37.9°C, y la EST más baja, en el día 11 de incubación por debajo de 37°C.

2.3.- VOLTEO

El volteo de los huevos en incubación es esencial durante los primeros 14 días, realizándose cada hora en un ángulo de 45° de abajo hacia arriba. Este proceso es primordial ya que, al desarrollar el embrión, se incrementa la producción de calor corporal. Realizar el movimiento previene que el embrión se adhiera a las membranas celulares, regula el flujo de aire y enfriamiento al interior de la máquina. Esto contribuye a obtener aves de alta

calidad, evitando problemas como; yemas o cáscaras adheridos al cuerpo que perjudican, la calidad al nacimiento (Barrera Machado, 2019).

Los huevos presentes en la incubadora, deben voltearse en un ángulo de 45-48° con la finalidad de asegurar una buena circulación de aire, desarrollo y evitar posiciones incorrectas dentro de él. El volteo debe llevarse a cabo cada 60 minutos durante 18 días, sin embargo, el movimiento excesivo causa ruptura en el saco alantoideo. En los últimos 3 días, no deben ser volteados para permitir la estabilidad el picaje de la cáscara (Trucíos Salé, 2022).

Durante el proceso de incubación, es crucial voltear los huevos cada hora, para prevenir que el embrión se adhiera a las membranas debido a la pérdida de humedad, lo que podría ocasionar mala posición del embrión. Este proceso se realiza durante 18 días en el periodo de incubación, cada volteo debe durar 60 minutos, sumando un total de 24 volteos diarios, esto ayuda a mantener un ángulo deseado a lo largo del día. No obstante, la rotación exagerada puede provocar lesiones en las yemas y en los vasos sanguíneos llevando a la muerte del embrión. Un giro regular favorece al desarrollo embrionario exitoso a lo largo de la incubación (Mendoza Meneses y Vite Echeverría, 2021). Por consiguiente, el manejo deficiente de estos, puede resultar en el nacimiento de los pollitos en posturas anómalas, deformidades o plumón corto y áspero (Quintana, 1988)

El volteo óptimo de los huevos durante la incubación ha sido de interés desde las primeras observaciones. El volteo ha sido considerado esencial para el óptimo desarrollo de las membranas extraembrionarias y orientación correcta del embrión dentro del huevo antes de la eclosión. Los primeros datos demostraron que del 2 al 3.5% de los huevos fértiles poseían embriones con la cabeza pequeña y estimaron que entre el 1 y el 4% de todos los embriones de 18 días de edad fueron mal posicionados de alguna manera. La mala posición

es común de embriones de pollo, con la cabeza hacia el polo pequeño del huevo, lo que provoca “falta de aire”. Tanto el ángulo como la frecuencia se han caracterizado como aspectos importantes del volteo durante la incubación. Los huevos posicionados en ángulos de 20, 30, 40 y 45° incrementan la incubabilidad, aunque la diferencia entre ángulos de 40 y 45° no parece ser significativa. Se han realizado investigaciones y se encontró que con 45° produjo los mejores resultados. Al observarse el número de volteos por día se ha demostrado al comparar la frecuencia de 96 (96x) veces al día vs 24 veces al día (24x), las 24x han sido aceptado como el más práctico. Por otra parte, se afirma que los huevos de alta calidad son menos sensibles a menos volteos, posiblemente debido a las diferencias en la albúmina y la calidad de la cáscara que pueden estar relacionadas con la edad del lote o las condiciones de almacenamiento (Elibol y Brake, 2006).

Tabla 2. Efecto del ángulo de rotación durante la incubación.

ÁNGULO DE VOLTEO, CON RESPECTO A LA VERTICAL	NACIMIENTOS DE HUEVOS FÉRTILES, %
20°	69.3
30°	78.9
40°	84.6

Fuente: North y Bell (1993).

El manejo de movimiento de los huevos tiene mayor relevancia en la primera semana, mientras a la tercera semana teniendo menor trascendencia. Ortiz y Cumpa, (2016) afirma que la incubación artificial tiene significativamente mayor porcentaje de malposiciones embrionarias, las mas frecuentes son; cabeza hacia la izquierda y cabeza fuera de la cámara de aire

2.4.-NACIMIENTO

El proceso de segmenta en dos fases. La fase inicial comprende el desarrollo del embrión y la formación de los órganos y tejidos que darán origen a un nuevo ser vivo. Esta etapa tiene una duración de dieciocho a diecinueve días dentro de las maquinas de incubación. La fase secundaria se lleva acabo una vez concluidos los dieciocho dias de incubación, momento en el cual se procede a la transferencia de los huevos a las maquinas nacedoras (Barrera Machado, 2019).

El procedimiento comienza en el mismo orden en que se colocaron las incubadoras. Es esencial llevar a cabo con anticipación, realizando movimientos cuidadosos, para prevenir quiebres o daños en las cáscaras, así como hemorragias en los tejidos internos de los pollitos, además, se debe realizar en proceso con agilidad para evitar que los huevos se enfríen y se retrase el naciemiento (OPAV, 2013; Barrera Machado, 2019).

En las maquinas nacedoras es donde termina el periodo de incubación. Esta etapa es de suma relevancia, el embrión perfora la cámara de aire, se produce un estímulo por parte del sistema nervioso que da inicio a la respiración pulmonar, finalizando la toma de oxígeno por medio del alantoides (North y Bell, 1993).

La ventilación, es uno de los parámetros más importantes a controlar en la nacedera, ya que en ella los pollitos comienzan su respiración pulmonar y los requerimientos del oxígeno son elevados, por consiguiente la eliminación del anhídrido carbónico en este momento (Mauldin, 1998).

Transcurridos veintiún días de incubación, se verifica que la mayoría de los pollitos hayan emergido, estén secos y que no mayor al 5% presentan humedad en el cuello, evitando su deshidratación excesiva. Si ese cumple estas condiciones, los pollitos son retirados y trasladados a la zona de clasificación, donde son separados de los residuos

generados durante el nacimiento (cascarones y plumas. Posteriormente, se clasifican en primera o segunda calidad y se realiza una separación por sexo (OPAV, 2013).

En el momento de la eclosión puede haber dificultades para la rotura, lo que provoca mortalidad debido a agotamiento en ese momento o poco después- fallo respiratorio, inadecuada absorción del vitelo. Las dos fases más sensibles en la incubación son el comienzo de la circulación sanguínea –primera semana- y el comienzo de la respiración pulmonar – últimos cinco días (Warin, 2008).

El embrión sustituye la respiración corioalatoidea por la respiración pulmonar, requiere una mayor disponibilidad de moléculas de oxígeno en la máquina nacedora. Si la provisión de O₂ es insuficiente, esto podría dar lugar a una situación de hipoxia, lo que puede inducir a hipertensión pulmonar, conduciendo a la aparición del síndrome ascítico en la etapa de crecimiento (Julian, 2000).

2.5.- VENTILACIÓN

El embrión respira, por lo tanto, es necesario eliminar el CO₂ que se acumula en la cámara de incubación, debido a su toxicidad. Con una correcta aireación de todos los huevos se logran una temperatura y humedad uniformes. El aire debe contener entre 21% y 22% de oxígeno, y no más de 0.5% de dióxido de carbono. Para asegurar un aporte adecuado de oxígeno contenido en el aire de la cámara incubadora, esta se debe ubicar en un lugar con abundante aireación o con ventilación especial auto controlada, por medio de ventiladores exteriores. Un aumento en el porcentaje de dióxido de carbono provoca anomalías, lentitud de desarrollo y debilidad del embrión (Rodríguez-Moya y Cruz-Bermúdez, 2017).

El problema de la ventilación se aborda mediante la circulación y recambio de aire. La adecuada circulación proporciona calor y humedad necesario en el interior de los huevos, mientras que en el embrión se desarrolla en la superficie de la yema. El volteo es crucial para el desarrollo adecuado de los embriones. Al girar el huevo, la yema se reposiciona en la albumina, permitiendo que el embrión reciba calor de manera óptima de la madre. Sin este movimiento, la yema puede flotar y presionar el embrión contra el cascarón, provocando daños o incluso la muerte. A partir del tercer día de incubación, es vital voltear los huevos para evitar que la yema se adhiera a las membranas, lo que afectaría negativamente el desarrollo del sistema vascular. Además voltear ayuda a homogeneizar el calor dentro del huevo. A medida que el embrión crece, consume la mayoría de la yema, se prepara para picar el cascarón, siendo más efectivo en un estado de calma. Esto garantiza un desarrollo saludable y eficiente (Barrera Machado, 2019).

2.6.- EVAPORACIÓN Y HUMEDAD

Uno de los subproductos del metabolismo que ocurre durante la incubación es el agua; el embrión debe expulsar el exceso de agua para poder eclosionar. Durante la incubación un huevo pierde peso debido a la evaporación de agua; esta pérdida de peso es esencial para crear una suficiente cámara de aire que permita la ventilación pulmonar embrionaria, después del picado interno y una exitosa eclosión. Una alta tasa de eclosión es alcanzada cuando exista una pérdida de agua de 12-14 % del peso del huevo al momento de incubar, hasta el momento de la transferencia. Con el fin de regular la evaporación del agua del huevo, debe controlarse el contenido de humedad relativa exterior (Prado-Rebolledo y Juárez-Estrada, 2017).

Sarda (2005) indica que la reducción total del peso oscila entre el 11 y el 13% en relación con el peso inicial del huevo, experimentado una disminución diaria de 0.5 a 0.6% durante la fase inicial en el desarrollo embrionario y de 0.7 a 0.9 % en la segunda fase. Smith (2009) plantea que para lograr una incubación exitosa, la pérdida de peso debería llegar al 12%.

Durante la incubación, una porción del agua presente en el huevo se pierde a través de la evaporación, mientras que la otra parte es absorbida por el embrión en desarrollo. Por tal motivo, es imperativo restituir dicha humedad. Al mantener niveles de HR apropiados, se logrará una correcta formación ósea y un adecuado tamaño en los pollitos. La humedad interna en los incubadores oscila entre 55-65%, en nacedoras se sitúa entre el 65-75%, aunque estos rangos pueden fluctuar dependiendo el tamaño del huevo. En efecto, a medida que aumenta el peso y/o tamaño, el porcentaje de HR será menor. Este parámetro, es uno de los factores más a menudo ignorado en la instalación de incubación; no obstante, tiene gran influencia sobre el desarrollo y el intercambio gaseoso (Rodríguez-Moya y Cruz-Bermúdez, 2017).

Si la humedad es excesivamente alta, el embrión carece de un suministro adecuado de oxígeno, lo que produce asfixia o intoxicación debido a la incapacidad para eliminar el dióxido de carbono, dando como resultado retardo en el nacimiento y pollitos grandes con el abdomen abultado y blando al tacto. Además, pollitos pegados al cascarón se derivan de esta condición. En contraste, si se presenta una humedad baja, el huevo perderá mucha agua y se deshidratará, dando como resultado pollitos pequeños, duros, con un aspecto reseco y áspero en el plumaje (Rodríguez-Moya y Cruz-Bermúdez, 2017).

La tasa de pérdida de agua por el huevo en la incubación impacta significativamente en la embriogénesis, siendo que la cantidad total de agua perdida determina la formación

de la cámara de aire adecuado. Esta cavidad es esencial para facilitar la ventilación pulmonar, después de la inyección interna, además de contribuir a una eclosión exitosa (Van der Pol, 2013).

Burh (1995) realizó un estudio donde evaluó el efecto de diferentes humedades relativas en incubación sobre la incubabilidad, volumen de fluido alantoideo y peso del embrión; donde no encontró diferencias estadísticas en la incubabilidad en las diferentes humedades empleadas, y la pérdida de peso de los huevos se incrementó al elevar la humedad en incubación; el volumen del fluido alantoideo se incrementó conforme aumentaba la humedad.

La pérdida de agua por evaporación genera una reducción en la temperatura de los huevos. Se deduce de esto, que en los primeros días de incubación, una evaporación excesiva es perjudicial, mientras que, en la segunda mitad de la incubación, la eliminación de agua se torna esencial, ya que ayuda a disipar el calor acumulado en el huevo. Al concluir el periodo, es crucial incrementar la HR para facilitar el reblandamiento de las membranas de la cáscara. Lo que, a su vez, permite el picaje de la misma (Barrera Machado, 2019).

La mortalidad embrionaria aumenta cuando la pérdida de agua es inferior al 9.1% o superior al 18.5%. La deshidratación puede suceder debido a una humedad relativa baja durante las fases de incubación o de eclosión. O si transcurre un tiempo prolongado entre la incubación y la eliminación de la incubadora (extracción) (Van der Pol, 2013). El rango óptimo de HR establecido es bastante amplio, entre 40 y 70% de HR, con la capacidad de eclosión máxima obtenida alrededor del 50% de HR (Barrera Machado, 2019).

La temperatura de bulbo húmedo y seco, son dos variables que se encuentran en las incubadoras modernas y son de fácil ajuste. La relación entre estas dos condiciones, determina la humedad relativa (HR). La HR externa tiene gran influencia sobre la

evaporación de agua durante el ciclo de incubación. En México, existen zonas geográficas donde la HR es elevada; este elemento puede influir negativamente en la capacidad de incubación y en la calidad de pollito producido (Prado-Rebolledo y Juárez-Estrada, 2017).

2.7.-CÁSCARA

Por otro lado, está bien documentado que, a medida que avanza la edad de la progenitora la cáscara del huevo presenta una mayor porosidad, lo que conlleva a un aumento en la pérdida de peso del huevo, impactando así el intercambio gaseoso del embrión (Burh, 1995; Peebles *et al.*, 2001).

Sotherland *et al.*, (1987) informaron que el principal aumento en la temperatura de la superficie de la cascara se observa después del día 12 al 13 de incubación, debido principalmente al aumento en la producción metabólica de calor del embrión. En esta etapa, el calor interna del huevo puede aumentar 1.5°C por encima de la temperatura del aire de la incubadora.

El grosor de la cáscara varía entre 1.4 y 2.4 mm, con un valor medio entre 1.8 y 2.0 mm, influyendo a la cantidad de agua que se pierde durante el tiempo de incubación. Por lo tanto, es necesario descartar los huevos con cáscaras delgadas, que muestren poros y/o deposiciones de calcio, puesto que podrían generar dificultades en la incubación. Asimismo, es imperativo eliminar todos aquellos que presenten anormalidades o fisuras en la cáscara, dado que el riesgo de contaminación es considerablemente alto (Rodríguez-Moya y Cruz-Bermúdez, 2017).

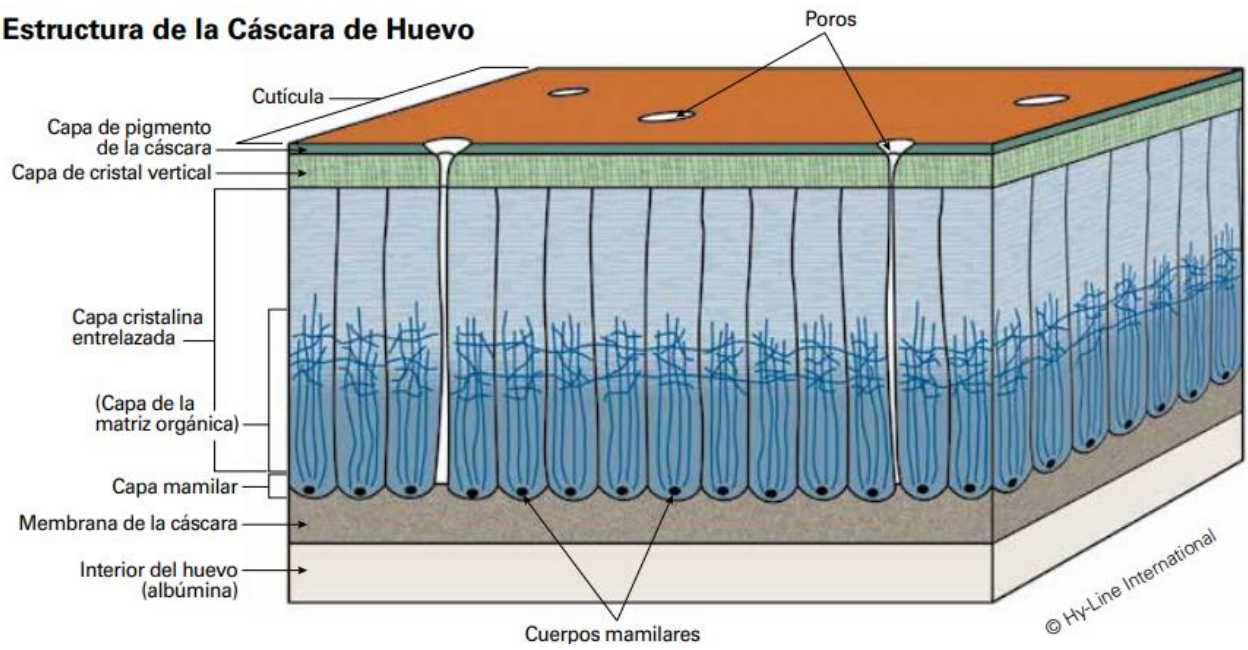
Callejo (2007) sugiere que las aves que se encuentran próximas a finalizar su ciclo reproductivo tienden a producir huevos que superan su tamaño habitual, lo cual puede

complicar el proceso de incubación, ya que se prolonga el tiempo necesario para este, y se incrementa el riesgo de deshidratación, dado que estos suelen presentar una cáscara mas delgada de lo usual lo que permite una mayor conductividad de los gases. Por otro lado, Deeming (2005) argumenta que el tamaño del huevo está influenciado por factores como la herencia, anomalías en su tamaño y forma.

San Gabriel (1968), menciona que, la cascara contaminada puede contraer problemas como la hemorragia generalizada que es una malformación congénita, también puede deberse a un exceso de formol en la fumigación, a la presencia de micotoxinas en el alimento de las reproductoras y de ciertos vir

Figura 1. Estructura de la cascara de huevo.
Fuente: Hy-Line international (2017).

Estructura de la Cáscara de Huevo



2.8.-PESO DEL HUEVO

Un huevo de alta calidad presenta una conformación elíptica, acompañado de una cáscara limpia, lisa y resplandeciente. Del mismo modo, debe estar libre de grietas y otros defectos (Boletín técnico, 2017).

Los huevos excesivamente livianos o excesivamente grandes, de menos de 49 g y de más de 70 g, van a presentar un menor porcentaje de fertilidad. Se recomienda que el peso esté entre 52 y 68 g (Antonio, 1990).

El peso puede variar entre 50-65 gramos, sujeto a diversos factores tales como: el tamaño de la hembra, el momento del ciclo reproductivo, la subespecie y la alimentación. El peso del huevo tienen un impacto clara y positiva en el peso del pollo al momento de nacer, lo cual es esencial para la vitalidad del recién nacido. Adicionalmente, el tamaño del huevo afecta la viabilidad de los pollitos; los huevos de mayor tamaño tienden a producir pollos edematosos y un retraso en el nacimiento, lo cual se atribuye a una insuficiencia en el intercambio de gas y evaporización. En contraste, los huevos pequeños, generan pollos que nacen deshidratados, con un tamaño pequeño y vulnerables, debido a una notable pérdida de agua en el proceso de incubación (Rodríguez-Moya y Cruz-Bermúdez, 2017).

2.9.- EDAD DE REPRODUCTORES

En general, los machos destinados a la reproducción logran alcanzar su madurez sexual después que las hembras, las cuales se anticipa que comenzarán a poner huevos de calidad a partir de la semana 22. La duración del periodo de postura para una gallina de producción liviana es de aproximadamente 70 semanas, mientras que las de línea pesada generan huevos viables durante un periodo de 40 semanas (Gámez, 2011); la época en que se encuentren influirá en la calidad del huevo y, en consecuencia, el porcentaje de

incubabilidad. (Vázquez *et al.*, 2006).

Maekawa *et al.*, (2014) comparó el impacto del sistema de incubación de etapa única vs etapa múltiple en relación con los parámetros productivos de las aves reproductoras. En el sistema de etapa múltiple, se observa una mayor tasa de mortalidad en las fases intermedia y tardía entre gallinas de 51 a 63 semanas. Esto se debe a que, este modelo resulta inviable adecuar la temperatura de la maquina para cada una de las etapas del desarrollo embrionario (Hulet *et al.*, 2007), produciéndolos un sobrecalentamiento del embrión a partir de los 9 días de incubación (Lourens *en at.*, 2007).

La disminución de la fertilidad en los huevos provenientes de reproductoras de edad avanzada se alinea con otros hallazgos (Zakaria *et al.*, 2005; Bromme y Rattiste, 2008), lo que se atribuye a una actividad más efectiva y a las variaciones en la calidad del semen. Estas variaciones en la calidad se comprenden una reducción en la mortalidad, así como un aumento en las concentraciones de espermatozoides muertos y con anomalías (Bramwell *et al.*, 1996).

Tabla 3. Efecto de la edad de las reproductoras sobre el peso del huevo, pérdida de la humedad durante la incubación, incubabilidad y peso del pello al día de edad.

Edad de reproductoras (semanas)	Peso del huevo (g)	Pérdida de humedad (%)	Incubabilidad (%)	Peso del pollo (g)
30	54.9	11.18	85.38	39.58
36	39.11	12.24	85.68	42.54
40	41.33	11.34	87.2	44.32
46	43.48	12.06	80.24	44.05
53	49.96	12.21	77.11	46.43

Fuente: (Vázquez *et al.*, 2006).

El mejor resultado en los parámetros evaluados se observó en las reproductoras en las edades de 30 a 40 semanas.

Tabla 4. Aspectos fundamentales durante el proceso de incubación según el tipo de ave.

Tipo de ave	Tiempo de incubación (días)	Temperatura de incubación	Humedad relativa en la incubación	Movimientos del huevo (mínimo de veces por día)
Gallina	21 a 22	37.5°C	60% tendiendo a subir	4
Codorniz	16 a 17	37.5°C a 38.3°C	60% hasta el 14vo. Día aumentando hasta la eclosión a 90%	2
Pato	28 a 30	20°C a 21°C	55% aumentando a 75% en los tres últimos días	3
Avestruz	39	36°C a 36.5°C	20% y 30%	8 a 10

Fuente: Funez (2020).

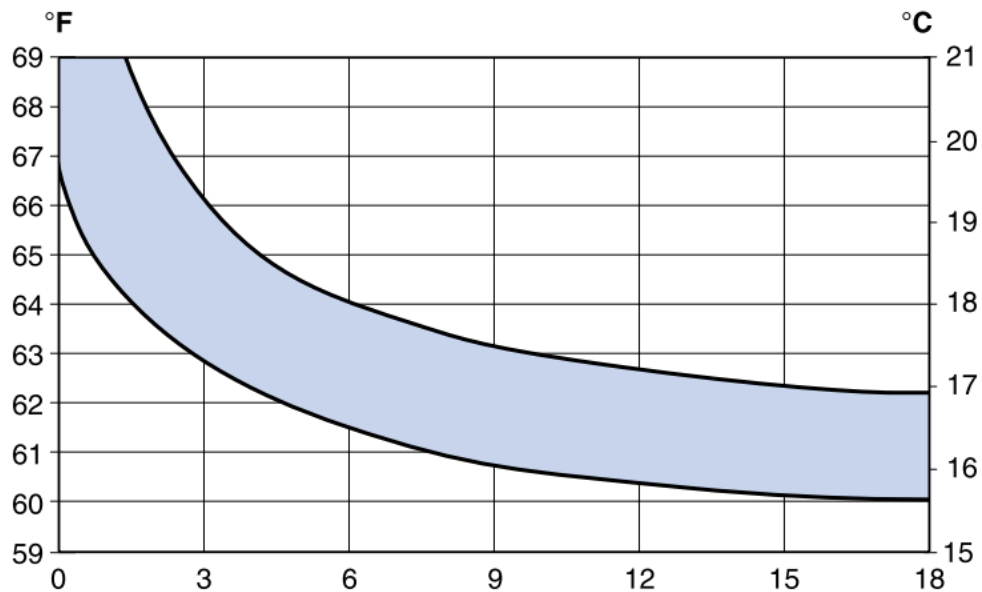


Figura 1. Rangos óptimos de temperatura de almacenamiento del huevo

Fuente: COBB (2010)

Figura 2. Posibles defectos de huevo fértil. **Fuente:** Alltech (2014).



Tabla 5. Principales problemas y causas que disminuyen la infertilidad en aves.**Fuente:** Adaptado de Wilson y Suarez (2004) y Cobb-Vantress (2010).

Problema	Causas
Infertilidad real	• Machos inmaduros • Reproductores viejos
Fértil sin desarrollo (huevos claros al ovoscopio)	• Temperaturas altas o bajas • Choques térmicos • Fumigación inadecuada
Huevos claros al ovoscopio, se puede ver circulo de sangre o embrión pequeño	• Huevos almacenados por mucho tiempo o bajos condiciones de temperatura
Embriones muertos (7 días antes del nacimiento)	• Temperatura inapropiada • Inadecuado volteo de huevos • Enfermedades, consanguinidad • Huevos contaminados
Embriones muertos (antes de romper la cascara)	• Temperaturas bajas durante la incubación • Def. Nutricional • Huevos infectados
No picoteo. Embrión completamente desarrollado	• Volteo inadecuado • Humedad alta en incubadora • Temperatura alta/ baja en incubadora/ nacedora • Herencia
Picoteo. Embrión desarrollado, muerto en cascaron	• Humedad o temperatura baja durante tiempo prolongado • Mala ventilación, volteo inadecuado • Temperatura alta durante nacimiento
Nacimiento prematuro	• Huevos pequeños • Temperatura alta en incubadora • Diferencia entre razas • Humedad muy baja en incubadora
Nacimiento tardío	• Huevos grandes • Reproductores viejos • Temperatura muy baja, y humedad muy alta
Pollitos adheridos al cascaron	• Humedad muy baja: almacenamiento/incubadora/nacedora • Volteo inadecuado • Cascaron de mala calidad

III.- REFERENCIAS

1. Antonio, H. A., (1990). Factores que influyen sobre el huevo incubable, Seleccione Avícolas. ISA. Institut de Sélection Animale. Pag. 295-297. [En línea]. <https://core.ac.uk/download/pdf/33160863.pdf>
2. Barott, H. G. (1937). Effects of temperature, humidity and other factors on hatch of eggs and on energy metabolism of chick embryos. USDA Tech. Bull. 553.
3. Barrera Machado, C. C. (2019) Caracterización de problemas patológicos y malas posiciones en el proceso de incubación en pollos Broilers destinados para el consumo humano (Tesis de pregrado) Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12494/14716>.
4. Barrios Castellanos, Raisa y Vale Cañizares, Anipse y Soca Pérez, Maylin y (2012), "Comportamiento de la incubabilidad y fertilidad, de tres líneas de gallinas semirrústicas". REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria, vol. 13, núm.4, pp.1-9 [Consultado: 19 de Abril de 2022]. ISSN: . Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63623403004>
5. Biesek, J., Wlaźlak, S., & Adamski, M. (2023). The biological value of hatching eggs of broiler chicken in the early-mid incubation period based on physicochemical and morphologic features. *Poultry Science*, 102(6).
6. Bramwell, R. K., McDaniel, C. D., Wilson, J. L., & Howarth, B. (1996). Age effect of male and female broiler breeders on sperm penetration of the perivitelline layer overlying the germinal disc. *Poultry science*, 75(6), 755-762.
7. Brommer, J. E., & Rattiste, K. (2008). Hidden Reproductive Conflict Between Mates In A Wild Bird Population. *Evolution*, 62(9), 2326-2333.
8. BUHR, R. J. (1995). Incubation relative humidity effects on allantoic fluid volume and hatchability. *Poultry Science*. 74:874-884.
9. Callejo, A. (2007). Manejo del huevo fértil antes de la incubación. *Universidad politécnica de Madrid disponible en: http://ocw.upm.es/produccionanimal/produccion-avicola/contenidos/TEMA_7._INCUBACION/Tema_07._La_incubacion_del_huevo_fertil.Pdf*.

10. Cobb Vantress. (2010). Guía de manejo de la incubadora. Revisado en 2013. Consultado el 25 de octubre del 2024. Disponible en: <https://bmeditores.mx/wp-content/uploads/2019/10/20180411173553-591757.pdf>
11. COBB. (2008). Guía de manejo de la incubadora.
12. Deeming, D. C. (2005). Yolk sac, body dimensions and hatchling quality of ducklings, chicks and poults. *British poultry science*, 46(5), 560-564.
13. Elibol O, Brake J. (2006). Effect of egg turning angle and frequency during incubation on hatchability and incidence of unhatched broiler embryos with head in the small end of the egg. *Poult Sci.* Aug;85(8):1433-7. doi: 10.1093/ps/85.8.1433. PMID: 16903474.
14. French, N. A. (1997). Modelling incubation temperature: The effect of incubator design, embryonic development, and egg size. *Poult. Sci.* 76:124–133.
15. Funez, O. D. (2003). Incubadora de huevos de gallina de corral. *Departamento de Ciencias e Ingeniería, Universidad del Caribe*.
16. Gámez, J. (2011). Evaluation of yellow follicles prodution at the end of the laying period in a commercial broiler breeder farm. *Revista científica* 21(2).
17. Gualhanone, A., Furlan. RL., Fernandez-Alarcon, MF., & Macari, M. (2012). Effect of Breeder Age on Eggshell Thickness, Surface. Temperature, Hatchability and Chick Weigh. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, 14, 09–14.
18. Gurri-Iloverás, A. (1995). Recogida y almacenamiento de los huevos para incubar. *Selecciones avícolas*. p. 430.
19. Hernando, A. A. (1990). Factores que influyen sobre el huevo incubable. *Selecciones avícolas*, 32(10):295-298.
20. Herrera, A., y R. Diocelina. (2011). Influencia del tiempo de almacenamiento previo a la incubación sobre el desarrollo embrionario, incubabilidad y calidad del pollito finquero. Tesis de Grado previa a la obtención del Título de Médico Veterinario Zootecnista. Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador.
21. Hulet R, Gladys G, Hill D, Meijerhof R, El-Shiekh T. Influence of egg shell embryonic incubation temperature and broiler breeder flock age on posthatch growth performance and carcass characteristics. *Poult Sci.* 2007 Feb;86(2):408-12.
22. Julian, R. (2000). Phsiological management and environmental triggers of the ascites syndrome: A review. *Avian Pathology*, 29(6), 519–527.

23. Lourens A, Molenaar R, van den Brand H, Heetkamp MJ, Meijerhof R, Kemp B. (2006). Effect of egg size on heat production and the transition of energy from egg to hatchling. *Poult Sci.* Apr;85(4):770-6. doi: 10.1093/ps/85.4.770. PMID: 16615362.
24. Lourens A, Molenaar R, van den Brand H, Heetkamp MJ, Meijerhof R, Kemp B. (2006). Effect of egg size on heat production and the transition of energy from egg to hatchling. *Poult Sci.* Apr;85(4):770-6.
25. Lourens A, van den Brand H, Meijerhof R, Kemp B. (2005). Effect of eggshell temperature during incubation on embryo development, hatchability, and posthatch development. *Poult Sci.* Jun;84(6):914-20.
26. Lourens, A., Van den Brand, H., Heetkamp, M. J. W., Meijerhof, R., & Kemp, B. (2007). Effects of eggshell temperature and oxygen concentration on embryo growth and metabolism during incubation. *Poultry science.* 86(10), 2194-2199.
27. Maekawa, D., Reyna, P., Alba, M., & Gonzales, E. (2014). Comparación del sistema de incubación de etapa única vs etapa múltiple sobre los parámetros productivos de huevos de reproductoras de carne de tres edades. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 25(4), 494-503.
28. Mauldin, J.M. (1998). Pautas para El Analisis de huevos de incubar. *Avicultura profesional.* 22(1). Pp.25-29.
29. Meijerhof, R., and G. van Beek. (1993). Mathematical modeling of temperature and moisture loss of hatching eggs. *J. Theor. Biol.* 165:27–41.
30. Meijerhof, R., and G. van Beek. (1993). Mathematical modelling of temperature and moisture loss of hatching eggs. *J. Theor. Biol.* 165:27–41.
31. Mendoza Meneses JE, Vite Echeverría LE. Periodos de precalentamiento en huevos fértiles Cobb 500 en parámetros de incubación al nacimiento. repositorioespameduec [Internet]. 2021 Feb 1 [cited 2022 Apr 21]; Available from: <https://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/1391>
32. Mendoza Meneses, J.E. and Vite Echeverría, L.E. (2021). Periodos de precalentamiento en huevos fértiles Cobb 500 en parámetros de incubación al nacimiento. repositorio.espam.edu.ec. [online] Available at: <https://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/1391>.
33. Molenaar R, Meijerhof R, van den Anker I, Heetkamp MJ, van den Borne JJ, Kemp B, van den Brand H. (2010). Effect of eggshell temperature and oxygen concentration

- on survival rate and nutrient utilization in chicken embryos. Poult Sci. Sep; 89(9):2010-21.
34. Noiva, R., Menezes, A., & Peleteiro, M. (2014). Influence of temperature and humidity manipulation on chicken embryonic development. BMC Vet Res.
 35. North, B. y Bell, D. (1993). Manual de Produccion Avicola. 3ed. El manual moderno, S.A. Bogota. P.830
 36. OPAV. (2013). Manual de procesos de planta de incubación.
 37. Ortiz, C. Hilario, H. y Cumpa, G. Marcial, E. (2016). Causas de mortalidad embrionaria en la incubación natural y artificial de huevos de Pata criolla (*cairina moschata domestica* L). Anales Cientificos. 77 (1). Pp 69-76.
 38. Oviedo-Rondón, E. O., Hume, M. E., Barbosaa, N. A., Sakomura, N. K., Weber, G., & Wilsone, J. W. (2010). Ileal and caecal microbial populations in broilers given specific essential oil blends and probiotics in two consecutive grow-outs. Avian Biology Research, 3(4), 157–169.
 39. PEEBLES ED. Doyle SM, Zuwalt CD, Gerard PD, Latour MA, Boyle CR, Smith TW. (2001). Breeder age influences embryogenesis in broiler eggs. Poultry Science. 80:272-277.
 40. Prado-Rebolledo Omar, Juárez-Estrada Marco. Efecto de la humedad en incubación sobre la incubabilidad y mortalidad embrionaria del pollo de engorda en el trópico seco mexicano. Abanico vet [revista en la Internet]. 2017;7(2): 68-74.
 41. Quintana, J. (1988). Avitecnia. Trillas, México. P. 215-228.
 42. Reijrink IA, Berghmans D, Meijerhof R, Kemp B, van den Brand H. (2010). Influence of egg storage time and preincubation warming profile on embryonic development, hatchability, and chick quality. Poult Sci. Jun;89(6):1225-38.
 43. Reijrink, I. A. M., R. Meijerhof, B. Kemp, and H. van den Brand. (2008). The chicken embryo and its micro environment during egg storage and early incubation. World's Poult. Sci. J. 64:581–598.
 44. Renema, RA, Robinson, FE, Zuidhof, MJ, & Romero, LF (2006). Identificación de interacciones entre el manejo y la nutrición de reproductoras de pollos de engorde para optimizar la producción de pollitos.

45. Rodríguez-Moya, Jimena y Cruz-Bermúdez, Ana. (2017). Factores que afectan la incubabilidad de huevo fértil en aves de corral. *Nutrición Animal Tropical*. 11. 16. 10.15517/nat.v11i1.28295.
46. Ruiz Díaz, N., Orrego, G., Reyes, M., & Silva, M. (2016). Aumento de la temperatura de incubación en huevos de gallina araucana (*Gallus inauris*): efecto sobre la mortalidad embrionaria, tasa de eclosión, peso del polluelo, saco vitelino y de órganos internos. *International Journal of Morphology*, 34(1), 57-62.
47. San Gabriel, A. (1968). *Patología de la incubación y enfermedades de polluelo*. Editorial AEDOS. Barcelona.
48. Sardá, R. (2005). *Incubación artificial*. La Habana. Ed. Instituto de investigadores avícolas. p:6
49. Smith, T. (2009). *Procedimiento para la incubación artificial de los huevos*.
50. Soares, R., (2008). El manejo sanitario del huevo incubable. *Expertos en incubación*. CEVA Sante Animale. Pag. 19-21 [En línea]. <http://seleccionesavicolas.com/pdf-files/2008/6/3980-el-manejo-sanitario-del-huevo-incubable.pdf>
51. Sotherland, P. R., Spotila, J. R., & Paganelli, C. V. (1987). Avian eggs: barriers to the exchange of heat and mass. *The Journal of Experimental zoology. Supplement: Published Under Auspices of the American Society of Zoologists and the Division of Comparative Physiology and Biochemistry*, 1, 81-86.
52. Soto Granados, M. Jose. (2019). Identificación de los factores que afectan la incubabilidad, mortalidad embrionaria y la calidad de pollito en una planta de incubación de pollo de engorde.
53. Tona, K., F. Bamelis, B. De Ketelaere, V. Bruggeman, V. M. B. Moreas, J. Buyse, O. Onagbesan, and E. Decuypere. (2003). Effects of egg storage time on spread of hatch, chick quality, and chick juvenile growth. *Poult. Sci.* 82:736–741.
54. Tona, K., O. Onagbesan, B. De Ketelaere, E. Decuypere, and V. Bruggeman. (2004). Effects of age of broiler breeders and egg storage on egg quality, hatchability, chick quality, chick weight, and post-hatch growth to forty-two days. *J. Appl. Poult. Res.* 13:10–18.
55. TRINCHET, RJ Y. PUGA J.(1992). Trabajo preliminar de acción de la fumigación de formaldehído y permanganato de potasio sobre la incubabilidad de los huevos de

gallinas. *Trabajo de Diploma. Facultad de Medicina Veterinaria. Universidad de Camaguey. Cuba.*

56. Trucíos Salé, Y.S. (2022). Resultados productivos en planta de incubación de pollos de engorde: etapa única versus etapa múltiple. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. [online] Available at: <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/17827> [Accessed 21 Apr. 2022].
57. Van der Pol, C., Van Roover-Reijrink, I., Maatjens, C., Van den Brand, H., & Molenaar, R. (2013). Effect of relative humidity during incubation at a set eggshell temperature and brooding temperature posthatch on embryonic mortality and chick quality. *Poult Sci*, 2145–2155. doi:10.3382/ps.2013-03006
58. Vázquez, J. L., Prado, O. F., García, L. J., & Juárez, M. A. (2006). Edad de la reproductora sobre la incubabilidad y tiempo de nacimiento del pollo de engorda. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 10(1), 21-28.
59. Vleck, C. M., D. Vleck, and D. F. Hoyt. (1980). Patterns of metabolism and growth in avian embryos. *Am. Zool.* 20:405–416.
60. Walstra I, Ten Napel J, Kemp B, van den Brand H. Temperature manipulation during layer chick embryogenesis. *Poult Sci.* (2010). Jul;89(7):1502-8.
61. Warin, S. (2008). El desarrollo embrionario. *Selecciones Avícolas*.
62. Yalcin, S., and P. B. Siegel. (2003). Exposure to cold and heat during incubation on developmental stability of broiler embryos. *Poult. Sci.* 82:1388–1392.
63. Zakaria, A. H., Plumstead, P. W., Romero-Sanchez, H., Leksrisonpong, N., Osborne, J., & Brake, J. (2005). Oviposition pattern, egg weight, fertility, and hatchability of young and old broiler breeders. *Poultry Science*, 84(9), 1505-1509.