



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y  
ZOOTECNIA

DESARROLLO EMBRIONARIO EN HUEVOS DE AVES  
DOMÉSTICAS (*Gallus gallus*, *Coturnix coturnix japónica*)  
DURANTE LA INCUBACIÓN CON INCREMENTO  
GRADUAL DE CO<sub>2</sub> Y CAMBIO DE PRESIÓN DE O<sub>2</sub> AL  
MOMENTO DE LA TRANSFERENCIA

TESIS  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

PRESENTA

**EDUARDO ZEFERINO GALINDO MEDINA**

Asesor:

M.V.Z. M.C. Marco Antonio Juárez Estrada



México, D.F.

2013



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

*En memoria de mi madre.  
No estás aquí para ver este momento pero sin ti no habría podido llegar...*

## DEDICATORIA

*A mi familia,  
a mis amigos, la familia que elegí;  
por todo el apoyo y cariño brindados.*

*A la Universidad Nacional Autónoma de México*

*A mi facultad la  
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia  
Mi segundo hogar.*

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi familia, mis hermanos Rosalba, Joel, Ruben y Patricia, y a mis padres Oliva (q.e.p.d.) y Zeferino, por su apoyo a lo largo de todos estos años, porque aún con todas las diferencias sin ellos no podría haberlo logrado, en especial a mi madre que vive en cada recuerdo.

A mis amigos Miguel Ángel y Salvador, después de tantos años seguimos siendo los mismos...tal vez sólo un poco más viejos y acabados.

A Félix, Mónica, Adriana (Cuyo), Perla, Tania, Liz, Lidia, Marduk, Mayra, David, Andrés, Samantha, Adriana (Bambi), Ana, Égon, Pablo, Mary y Montse, con quienes compartí los últimos años de la carrera y con quienes aprendí mucho, me divertí más y siempre encontré una sonrisa y un apoyo.

Ana Luisa, Brenda y Gina del DMZA, con quienes a lo largo de mi estancia en el laboratorio aprendí a disfrutar del trabajo.

A Karina, por su compañía y ayuda durante la fase experimental y la recopilación de datos, fuiste un gran apoyo Bisha.

A Janet, por toda su ayuda a lo largo del desarrollo de esta tesis, por todos los momentos que hizo más llevaderos dentro de la unidad de aislamiento.

A María, mi querida Suricata Budista, no hay mejor compañía ni mejores consejos cuando todo parece perdido, por estar conmigo al final del camino y ayudarme cuando la necesité.

A mis amigos del Voleibol, Juan “Couch” Tovar, un amigo de reciente adquisición pero no menos valioso y gran compañero, a Gabriela “Chimbarita”, si yo acabé la tesis tú también puedes. A Klaux y Alejandra por esos momentos tan divertidos que sirvieron para despejarme cuando hacía falta, a Lorena (Liebre), por su compañía y por escucharme en mis múltiples frustraciones durante el proyecto, gracias pequeña.

Todos son mi familia por elección; y los demás que, aunque no nombré, saben que esta tesis es, aunque sea un poco, un logro para todos. A todos ustedes por estos años compartidos, por las alegrías, tristezas, risas; por las fiestas y las horas de estudio, por estar cuando más los necesité. Por ser los mejores amigos que podría pedir. Los quiero.

A mis profesores de la facultad, por todas sus enseñanzas, en especial al Dr. Néstor Ledesma y a la Dra. Odette Urquiza por todas las risas y oportunidades, por su invaluable consejo y apoyo en lo profesional y personal.

Al Dr. Marco Antonio Juárez Estrada, mi asesor, por la oportunidad de esta tesis, por su apoyo en el proyecto y sobre todo por su paciencia.

A la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (D.G.A.P.A.-U.N.A.M.) por el apoyo financiero otorgado para la realización del presente estudio por medio del proyecto **PAPIIT IN 220909-3 “Evaluación del incremento de CO2 en etapa temprana de incubación sobre el desarrollo embrionario en aves domésticas”** durante el periodo 2009-2011.

A la Universidad Nacional Autónoma de México y la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia por la oportunidad de desarrollarme como médico veterinario zootecnista y como persona.

## ÍNDICE

GLOSARIO.....	1
RESUMEN.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
JUSTIFICACIÓN.....	7
HIPÓTESIS.....	8
OBJETIVO GENERAL.....	8
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	9
MATERIAL Y MÉTODOS.....	10
RESULTADOS.....	18
DISCUSIÓN.....	23
CONCLUSIONES.....	33
LITERATURA CITADA.....	35
CUADROS.....	43
TABLAS.....	58



## GLOSARIO

---

<b>AIR TIGHT</b>	Condición de incubación donde se aísla la incubadora del medio ambiente externo
<b>DAMPER</b>	Orificio de entrada de aire en la incubadora
<b>DE</b>	Desarrollo Embrionario
<b>EXHAUCIO</b>	Orificio de salida de aire en la incubadora
<b>GUARNIGÓN</b>	Pollito de codorniz
<b>PRIME AGE OLD</b>	Término que se refiere a reproductoras en su primera madurez sexual
<b>VENTANA DE NACIMIENTOS</b>	Periodo comprendido entre el primer y último nacimiento de la incubación, medido en horas
<b>L</b>	Ventilación Limitada
<b>E</b>	Ventilación Estándar
<b>P</b>	Grupo Perforado
<b>NP</b>	Grupo No Perforado
<b>T3</b>	Hormona Triyodotironina
<b>T4</b>	Hormona Tiroxina

---

## RESUMEN

EDUARDO ZEFERINO GALINDO MEDINA. El incremento gradual de CO<sub>2</sub> durante la primera mitad de la incubación y un cambio de presión de O<sub>2</sub> en la cámara de aire al momento de la transferencia mejoran la incubación y calidad de los pollitos y guarnigones (Bajo la dirección del: M.V.Z. M.C. Marco Antonio Juárez Estrada)

Se evaluó el efecto de un incremento gradual en la concentración de dióxido de carbono [CO<sub>2</sub>] durante la primera mitad de la incubación sobre el desarrollo embrionario (DE) de pollitos y guarnigones (pollitos de codorniz), con una posterior ventana de ventilación en la cámara de aire al momento de transferir los huevos a la nacedora previo a la eclosión. En el primer estudio se utilizaron 504 huevos de aves reproductoras pesadas (Ross 308) de 35 semanas de edad, la mitad se asignó aleatoriamente a un grupo de ventilación limitada (L) y la otra a un grupo testigo que recibió ventilación estándar (E). En un segundo estudio se utilizaron 480 huevos de codorniz japonesa (*Coturnix coturnix japonica*) de 16 semanas. La perforación al momento de la transferencia fue de 1.3 mm a través del cascarón de la cámara de aire, los grupos L y E se subdividieron en perforados (P) y no perforados (NP). En el primer estudio al día 10 del DE, el grupo L alcanzó de forma natural 18,000 ppm de [CO<sub>2</sub>]. En el análisis factorial no hubo interacción de los factores ventilación y perforación, sin embargo, si hubo efecto del factor principal de perforación sobre la incubabilidad, los grupos P mostraron 92.9% de incubabilidad, la cual fue mayor ( $P < 0.05$ ) al 86.4% de incubabilidad registrada en los grupos NP. La calidad del grupo L fue de 18% en la categoría de pollitos excelentes a diferencia del 7.4% registrado en el grupo E. En el segundo estudio el grupo L generó 11,000 ppm de [CO<sub>2</sub>] al día 8 del DE; no hubo interacción de los factores L, E y P, NP; sin embargo, hubo efecto principal del factor P sobre la incubabilidad con un 65% en los grupos P, cantidad mayor ( $P < 0.05$ ) al 57.3% de incubabilidad observado en los grupos NP. La ventana de nacimiento en el grupo L fue de 12.75 horas mientras que el grupo E tardó 23 hrs. La calidad de los guarnigones no mostró diferencia entre grupos, aunque la categorización de calidad en guarnigones excelente (18.75%) del grupo L, mostró una tendencia hacia una mayor cantidad de aves en esta categoría que las registradas en el grupo E (14.28%). La perforación del cascarón efectuada en huevos incubados a gran altura sobre el nivel del mar al momento de la transferencia, muestra un efecto positivo sobre el aumento de embriones que logran eclosionar, siempre y cuando la pérdida de peso al momento de la transferencia sea la óptima.

**Palabras clave:** INCUBABILIDAD, EMBRION, CONDUCTANCIA DEL CASCARON, HIPERCAPNIA, CÁMARA DE AIRE.

## INTRODUCCIÓN

Las necesidades alimentarias de la población crecen conforme se incrementa paulatinamente el tamaño de ésta, dentro del rubro de seguridad alimenticia nacional se requiere contar con un alimento completo y accesible, en la oferta nacional actual la proteína de origen avícola muestra la mayor participación dentro del consumo, un reflejo de ello es su contribución en la industria pecuaria nacional con un 63% del total (UNA 2010).<sup>1</sup> La avicultura nacional se enfrenta a grandes retos para ser competitiva en el mundo globalizado actual, donde se exige la mejor calidad al menor precio (UNA 2011).<sup>2</sup> La incubación artificial ha sido la base de la expansión avícola en los últimos 50 años, el uso de equipos más eficientes ha contribuido a aumentar la productividad en la industria avícola y a cubierto en un amplio margen las demandas productivas. Sin embargo, aún artificialmente, la incubación es un evento natural dentro del cual el desarrollo embrionario (DE) es un proceso complejo y dinámico de transformación de componentes químicos en un organismo vivo, considerando también que se requiere una interacción de diversos factores para lograr una óptima incubabilidad y calidad de pollitos (Mortola 2009, Onagbesan 2007).<sup>3,4</sup> Como ya se mencionó el DE se encuentra supeditado a diversas variables que interrelacionan para poder lograr una incubación exitosa, algunos de estos factores intrínsecos se encuentran ligados estrechamente a la genética actual de los embriones (selección de aves de alta conformación y productividad), la edad de las aves reproductoras, su alimentación y la eficiencia de los métodos de apareamiento que a su vez determinan el peso,

tamaño, grosor del cascarón, el cual al ser una barrera natural entre el medio interno y el externo protege al embrión de infecciones y es una fuente de calcio también, la porosidad de éste es un valor a considerar ya que tiene una alta influencia en el intercambio gaseoso de oxígeno y dióxido de carbono (Onagbesan 2007)<sup>4</sup>, factor que se detalla más adelante; las variables extrínsecas se circunscriben a las condiciones donde se desarrolla el embrión (temperatura, humedad, movimiento y ventilación) (Fasenko 2007).<sup>5</sup> Dentro de éstos factores destaca el intercambio gaseoso logrado a través de la ventilación, debido principalmente a la importancia que tiene sobre la viabilidad, sobrevivencia y eclosión exitosa del embrión. Durante el DE hay tres gases con actividad metabólica importante, vapor de H<sub>2</sub>O, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y oxígeno (O<sub>2</sub>), todos con diferentes gradientes de perfusión de acuerdo a la presión interna del huevo y la presión atmosférica circundante (Mortola 2009).<sup>3</sup> Una de las estructuras extra-embriónicas que permiten el intercambio gaseoso y la difusión de estos gases es la red vascular, la cual inicia el proceso de respiración, más tarde disminuye significativamente su actividad alrededor de las 100 horas de incubación, después de una fase de *Plateau*, a las 150 horas del DE la membrana corioalantoidea (MCA), junto con la porosidad del cascarón (Onagbesan 2007)<sup>4</sup>, se convierte en el principal órgano de respiración convectiva del embrión, esto hasta el día 19 de incubación cuando el embrión pica la cámara de aire para iniciar la respiración pulmonar (De Smit *et al*, 2006; Spong y Dzialowski 2007).<sup>6,7</sup> Durante el intercambio interno el volumen de oxígeno que llega a los pulmones es entre 27 y 39% del total del oxígeno del huevo (Menna y Mortola, 2002).<sup>8</sup> Doce horas

después del picaje interno de la cámara, el embrión rompe el cascarón y durante este intercambio externo el aporte de oxígeno a los pulmones se incrementa hasta 77% (Menna y Mortola, 2002).<sup>8</sup> En la incubación artificial actual se manejan condiciones estándar de O<sub>2</sub> (21%) y CO<sub>2</sub> (0.5%) (Fasenko 2007).<sup>5</sup> Una ventaja del manejo artificial es que podemos adicionar oxígeno ya que con la altura sobre el nivel del mar la cantidad real de oxígeno disminuye, aumentando significativamente el riesgo de hipoxia, lo cual puede retardar el crecimiento del embrión y modificar el tiempo de incubación, así como la incubabilidad (Onagbesan 2007, Hassanzadeh *et al*, 2004)<sup>4,9</sup>, en altitudes superiores a 2,000 msnm adicionar oxígeno mejora la incubabilidad en pavipollos y pollitos (Christensen y Bagley, 1988; Sahan *et al*, 2006).<sup>10,11</sup> y contribuye a un mejor DE, aunque se ha establecido que con un porcentaje mayor a 23% comienza a ser perjudicial ya que disminuye el porcentaje de huevos eclosionados (Sahan *et al*, 2006; Bahadoran *et al*, 2010).<sup>11,12</sup> Cuando el embrión cambia la respiración corioalantoidea por respiración pulmonar, requiere de mayor disponibilidad de moléculas de O<sub>2</sub> dentro de la máquina nacedora; si el aporte de O<sub>2</sub> no es adecuado, se puede propiciar un cuadro de hipoxia que puede desencadenar en la muerte por asfixia, o bien en un cuadro de hipertensión pulmonar que conduce a un aumento en la incidencia de síndrome ascítico en la etapa de crecimiento posterior de los pollos de engorda (Julian 1993, Sahan *et al*, 2006).<sup>11,13</sup> Se debe considerar también que altos niveles de oxígeno pueden ser benéficos o perjudiciales de acuerdo a la etapa del DE y la exposición a este gas (Onagbesan 2007)<sup>4</sup> Los principales estímulos para la eclosión de un embrión son la progresiva

reducción de la presión parcial de O<sub>2</sub> en la cámara de aire ligada al aumento plasmático de corticosterona (Decupeyre, 2007).<sup>14</sup> Este glucocorticoide está relacionado con la proporción existente entre T3 y T4, aunada a un aumento de T3 (Tona *et al*, 2007).<sup>15</sup> Los primeros estudios de Taylor *et al.* (1956)<sup>16</sup> y Taylor & Kreutzinger (1965)<sup>17</sup> mostraron que la concentración de CO<sub>2</sub> superior al 1% durante los primeros 4 días de incubación, 3% del día 3 al 5, 6% entre los 9 y 12 días, 8% durante los días 13 a 16 o más del 7% del día 17 al 20 reducen la incubabilidad (Onagbesan, 2007)<sup>4</sup>. La presencia de niveles de CO<sub>2</sub> mayores a 6-7% han mostrado que contribuyen a la disminución significativa de los niveles de O<sub>2</sub> en la incubadora lo cual exacerba los efectos perjudiciales del CO<sub>2</sub> (Taylor y Kreutzinger 1965).<sup>17</sup> Sin embargo, durante la segunda mitad de la incubación, la restauración de niveles normales de O<sub>2</sub> aún en presencia de alta concentración de CO<sub>2</sub> favorecen la incubabilidad (Taylor y Kreutzinger 1965).<sup>17</sup> Estudios recientes muestran que un incremento gradual en los niveles de CO<sub>2</sub> por arriba del 1.5% en los primeros 10 días de incubación mejoran el crecimiento del embrión, estimulan una eclosión temprana de los embriones de pollo o pavo, reducen la mortalidad embrionaria al disminuir la mala posición del embrión y mejoran la tasa de incubabilidad (De Smit *et al.*, 2006).<sup>6</sup> La sensibilidad de los embriones al CO<sub>2</sub> varía con la edad, en los primeros 4 días, la concentración puede ser hasta de 1% sin presentar efectos adversos en la incubabilidad, la mayor tolerancia a grandes concentraciones de CO<sub>2</sub> es entre los 9 y 12 días, soportando hasta 5% de CO<sub>2</sub>, sin presentar mortalidad embrionaria (Taylor y Kreutzinger 1965).<sup>17</sup> El embrión de pollo requiere de CO<sub>2</sub> en periodos específicos de tiempo dentro del DE para favorecer

su crecimiento, la eclosión temprana y lograr una óptima incubabilidad, dado que tiene un efecto similar a la hipoxia, la cual promueve el desarrollo y funcionamiento de los órganos del embrión (Bahadoran *et al*, 2010; Tona *et al*, 2007).<sup>12,15</sup> Taladrar agujeros en la cámara de aire incrementa la presión parcial de oxígeno entre el cascarón y la membrana corioalantoidea (Meir y Tazawa, 1999)<sup>18</sup>, para medir la respuesta de este efecto se tomaron lecturas de la presión parcial en diferentes puntos bajo el cascarón después de taladrar agujeros de diferentes diámetros desde 3 mm hasta 5 mm. El cambio de presión por medio de perforaciones en la cámara de aire durante los días 15 a 22 de la incubación de huevos de ganso incrementó la incubabilidad siempre que la pérdida total de agua fuera menor a 14% (Meir y Tazawa, 1999).<sup>18</sup>

## **JUSTIFICACIÓN**

En el presente trabajo se evaluó el efecto del incremento natural de CO<sub>2</sub> durante la etapa temprana de incubación y el cambio posterior de la presión de O<sub>2</sub> en la cámara de aire al momento de la transferencia de los embriones de pollo y codorniz, momento crítico de la incubación cuando se da el cambio de respiración difusiva a convectiva, esto con la finalidad de comparar los efectos del cambio de presión de ambos gases en diferentes periodos del proceso de incubación sobre el DE morfológico, parámetros de incubabilidad y calidad del recién nacido.

## **HIPÓTESIS**

Al aumentar las concentraciones de CO<sub>2</sub> de forma natural por arriba de 0.5% en el interior de la incubadora durante la primera mitad de la incubación y cambiar la presión de O<sub>2</sub> en el interior de la cámara de aire al momento de la transferencia se favorece un óptimo desarrollo embrionario sin afectar los parámetros de incubación o la calidad a la eclosión de los pollitos y guarnigones.

## **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar los efectos del incremento gradual de CO<sub>2</sub> durante la primera etapa de la incubación por medio de la restricción en la ventilación interna y reducción de la presión de O<sub>2</sub> en la cámara de aire al momento de la transferencia sobre la mejora de los parámetros de incubación y calidad de los pollitos y guarnigones recién nacidos.



## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Cuantificar las cantidades de CO<sub>2</sub> y de O<sub>2</sub> durante una incubación con restricción en la ventilación del gabinete de incubación durante la primera etapa del desarrollo embrionario y su comparación con una ventilación estandarizada de acuerdo a las recomendaciones del fabricante de las máquinas incubadoras utilizadas.
- Verificar la incubabilidad y natalidad de los embriones provenientes de dos diferentes patrones de ventilación durante la primer mitad del proceso incubatorio.
- Evaluar el efecto de la perforación de un orificio de ventilación en el cascarón sobre la cámara de aire al momento de la transferencia de huevos embrionados provenientes de una incubación limitada y estándar.
- Determinar la calidad de los pollitos y guarnigones eclosionados a partir de los diferentes patrones de ventilación implementados (Ventilación limitada, con y sin cambio de presión a la transferencia; ventilación estándar, con y sin cambio de presión de gases en cámara de aire).
- Efectuar el embriodiagnóstico de huevos no eclosionados para relacionar el efecto de las concentraciones de gases obtenidas sobre la incubación y la mortalidad embrionaria observada.

## MATERIAL Y METODOS

**Huevos fértiles.-** Los huevos seleccionados para la incubación se obtuvieron de gallinas reproductoras pesadas de la estirpe Ross 308 de 35 semanas en una empresa comercial ubicada en Jojutla, Morelos. Los huevos fértiles de codornices de 16 semanas (*Coturnix coturnix japonica*) fueron adquiridos en una granja comercial ubicada en el municipio de Acapulco, Guerrero. Todos los huevos fueron identificados individualmente y se pesaron inmediatamente después de su arribo al sitio de incubación, posteriormente se asignaron aleatoriamente a cada uno de los tratamientos.

**Diseño experimental.-** Se realizaron dos experimentos, en cada uno de estos se formaron dos grupos experimentales, en la incubación de pollos se utilizaron dos máquinas incubadoras del mismo modelo\* (n= 288 huevos), en la incubación de codorniz se usaron 4 máquinas de otro modelo\*\* (cada una con capacidad para incubar 120 huevos de codorniz japonesa), en ambos casos el primer grupo recibió un protocolo de ventilación limitada (L) por medio de cerrar las entradas (*Dámpers*) y salidas de aire (aperturas de exhausto) el segundo grupo fue de ventilación estándar (E).

\* SPORTSMAN® Mod. #1502 año 2010 G.Q.F. Manufacturing Company Inc. Savannah, Georgia, U.S.A.

\*\* HOVA-BATOR® Mod. #1583 año 2008 G.Q.F. Manufacturing Company Inc. Savannah, Georgia, U.S.A.

En el primer experimento los huevos fértiles de aves pesadas se aleatorizaron y asignaron a los dos grupos experimentales, el primer grupo fue de ventilación limitada, este tipo de ventilación se obtuvo por medio de un sellado total de las aperturas de exhaucio (tres en la parte inferior de este modelo de incubadora) y de un sello parcial de la entrada de aire (*Dámper*) consistente en tres aperturas ubicadas en la parte superior de este modelo que conduce directamente hacia el ventilador que genera una presión positiva en el interior y hacia abajo del contenedor, el *Dámper* central se abrió solo parcialmente, los otros dos laterales estuvieron cerrados durante los primeros 10 días del DE), el sello se mantuvo durante un lapso de 10 días de incubación a partir del arranque del proceso de incubación, lo cual permitió un incremento natural de la concentración de CO<sub>2</sub> en el interior del gabinete de incubación; el segundo grupo fue el testigo o de ventilación estándar, este grupo se mantuvo bajo condiciones de incubación estándar de acuerdo con lo recomendado por el fabricante de las máquinas de incubación para efectuar incubaciones en sitios por arriba de los 900 m.s.n.m. (0.5% de CO<sub>2</sub> y 21% de O<sub>2</sub>) (G.Q.F. Manufacturing Company Inc. Savannah, Georgia, U.S.A.), cada tratamiento constó de seis repeticiones.

En el segundo experimento se utilizaron huevos fértiles de codorniz japonesa (*Coturnix coturnix japonica*), el grupo L se implemento por medio de un sellado completo durante 8 días con cinta de polietileno de las aperturas de salida de aire (*Dámper*) en la parte superior de este modelo y un sellado de 8 de las 12 aperturas de la entrada de aire (exhaucio) ubicadas en la parte inferior de este modelo de incubadora (HOVA-BATOR® Mod. #1583 del año 2008, n=120), el

segundo grupo fue de incubación estándar (E) con las condiciones ambientales similares al mismo grupo E del primer experimento; este grupo se mantuvo bajo condiciones de incubación estándar de acuerdo a lo recomendado por el fabricante de este tipo de máquinas de incubación (G.Q.F. Manufacturing Company Inc. Savannah, Georgia, U.S.A.) sin tapar ninguno de los exhaucios cuando la incubación se efectúa en sitios por arriba de los 900 m.s.n.m. (0.5% de CO<sub>2</sub> y 21% de O<sub>2</sub>), cada tratamiento constó de de cuatro repeticiones (Total= 4 máquinas).

En ambos experimentos, al finalizar el día 10 de incubación para pollo y 8 para codorniz, los tratamientos de ventilación limitada y testigo continuaron bajo condiciones de incubación estándar de acuerdo con las recomendaciones del fabricante, los huevos previamente identificados por tratamiento fueron asignados aleatoriamente a cada una de las máquinas incubadoras hasta el momento de la transferencia, a las 444 horas del DE, momento en que a la mitad de los huevos de cada uno de los tratamientos (N=144 y N=120) se les efectuó una perforación de acuerdo a lo realizado por Meir y Tazawa, 1999,<sup>18</sup> a través del cascarón (1.3 mm de diámetro) en el polo ancho del huevo. Al final se tuvieron cuatro grupos, L y E con perforación, L y E sin perforación.

**Condiciones de incubación.-** En el primer experimento la temperatura del bulbo seco del día 1 al 18 del DE fue de 37.6°C (99.8°F) y la de bulbo húmedo de 28.8°C (84°F), los huevos incubados en todos los tratamientos recibieron un movimiento lateral a su eje vertical de 45° cada hora. De las 444 horas hasta la eclosión no se

les dio movimiento y se les proporcionó una temperatura en el bulbo seco de 99.0°F y en el bulbo húmedo de 90°F (De Smit *et al*, 2006).<sup>5</sup> La incubación de los embriones del segundo experimento se ajustaron de acuerdo a lo indicado por García (2012)<sup>19</sup> para la incubación de guarnigones. La temperatura y humedad relativa del ambiente y de las máquinas incubadoras se verificó diariamente, la temperatura en grados centígrados (°C) se registro con un termómetro de columna mercurial (Brannan®), verificado previamente con un patrón certificado en el SENASA (Tecamac, Edo. De México). La humedad relativa (%) se registro con un higrómetro de cabello artificial de tensión variable (Taylor®); la medición de oxígeno (%) se realizo con una celda galvánica (Analox®, England), el CO<sub>2</sub> (ppm) se determino por medio de un sensor infrarrojo (Analox®, England); las lecturas de estos dos gases se efectuaron directamente del ambiente, de las máquinas de incubación estándar y de las máquinas del tratamiento experimental del primer estudio, en el segundo estudio por el tipo de máquina (Hova Bator® 1583) y debido a la variable explicativa (*air-tight*) que considera un estado de sellado completo o parcial del gabinete de incubación, verificar ambos gases (O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>) solo se pudieron a partir del cambio de las condiciones de incubación a tipo estándar (día 8 del DE). Todas las variables se verificaron y registraron cuatro veces al día en cada 6 horas.

**Parámetros de incubación.-** La pérdida de humedad se determino a partir de la diferencia entre el peso perdido en gramos al día 10 y 18 para el primer experimento y a los 8 y 15 días del DE en el segundo experimento, esto con relación al peso del mismo huevo al momento de iniciar la incubación, la pérdida

de peso se expreso en porcentaje. Adicional a la determinación de la fertilidad por medio de la metodología de embriodiagnóstico, el porcentaje de incubabilidad se evaluó en cada uno de los lotes de huevos asignados aleatoriamente a cada uno de los tratamientos, para el cálculo de incubabilidad se utilizo la siguiente fórmula:

$(\text{Total de pollitos nacidos} \div \text{total de huevos fértiles}) \times 100 = \text{Porcentaje de nacidos de huevos fértiles (\% incubabilidad)}$ .

El porcentaje de natalidad fue calculado con la siguiente fórmula:

$(\text{Total de pollitos nacidos} \div \text{total de huevos incubados}) \times 100 = \text{Porcentaje de nacidos del total de huevos incubados (\% natalidad)}$ .

***Ventana de nacimientos.-*** (Periodo comprendido entre el primer y el último nacimiento) Posterior a la transferencia del huevo embrionado en el primer experimento y a partir de las 468 horas, la ventana de nacimientos se evaluó cada dos horas mediante el registro en horas de incubación del primero hasta el último pollito eclosionado, para ello se considero el máximo retiro de pollitos hasta un margen de dispersión de una a dos desviaciones estándar (67% -95% del total de observaciones respectivamente) alrededor del promedio máximo de eclosiones obtenido en cada máquina incubadora. En el segundo estudio debido a las características moteadas del cascarón el picaje externo se registro a partir del primer guarnigón que pico, iniciando una observación de los mismos cada dos horas a partir de las 372 horas de incubación.

**Calificación de la calidad de los pollitos recién nacidos.**- Se evaluaron diez parámetros integrales de calidad en los pollitos y guarnigones eclosionados, los cuales están relacionados directamente con procesos productivos de importancia los cuales ya han sido descritos por Onagbesan *et al*, (2004)<sup>20</sup>; Boerjan, (2005)<sup>21</sup>; Wolansky, (2006)<sup>22</sup> y evaluados por el grupo de trabajo de López *et al*, (2009).<sup>23</sup> La metodología de evaluación se basa en una escala de 100 puntos potencialmente obtenibles por cada ave, donde cada uno de los parámetros de calidad se califica de acuerdo con la importancia de la característica evaluada en relación a la calidad del pollito o del guarnigón a la eclosión y al efecto de esta característica sobre la etapa productiva posterior de las aves (López *et al*, 2009).<sup>23</sup> Se obtuvo un promedio de calificación en puntos en una escala de 1-100 por cada tratamiento de ventilación. De acuerdo con la calificación promedio obtenida en los pollitos o guarnigones eclosionados de cada máquina incubadora, se determinó la siguiente clasificación: 90-100 puntos = Excelente; 80 a 90 = Primera; 70 a 80= Segunda; 60 a 70= Deficiente y menor a 60 = inaceptable; los resultados se expresaron como porcentaje parcial del total de aves evaluadas por tratamiento.

**Medición de los pollitos nacidos (Tabla 1).**- Al día uno de eclosión y después de evaluar la calidad de cada ave, se midió su longitud total (mm) y se obtuvo el peso (g) del ave y de la canal sin órganos ni yema residual. El hígado, el corazón y la yema residual se pesaron por separado (Wolanski, 2007, Willemsen *et al*, 2008; Mauldin *et al*, 2008, Petek *et al*, 2008, López *et al*, 2009).<sup>22, 23, 24, 25, 26</sup>

**Evaluación de la mortalidad embrionaria por etapas.-** En el primer experimento, una vez realizado el ovoscopiado en la transferencia de los embriones vivos al día 18 de incubación, después de las 510 horas de incubación, se analizó y registro la mortalidad embrionaria por grupo experimental de incubación, esta se clasifico por etapas, las cuales fueron: I (día 1 al 7), II (día 8 al 17), III (día 18 al 21) y IV (Picados no nacidos), proporción de embriones en mala posición, con deformidades congénitas y contaminados; en todos los tratamientos se realizaron registros de mortalidad, así como grado de desarrollo embrionario macroscópico (López *et al*, 2009, Juárez *et al*, 2010).<sup>23, 27</sup>

**Análisis estadístico.-** Las variables explicativas primarias fueron la condición de ventilación estándar y la ventilación limitada o de no-ventilación durante los primeros días de incubación, las variables explicativas secundarias fueron ventana de ventilación por medio de la perforación del cascarón y sin perforación; mientras que las variables de respuesta fueron los parámetros de incubación y la calidad del pollito. Previamente a su análisis estadístico todos los datos relativos y proporcionales en cada grupo de incubación se transformaron a través de obtener el arcoseno de la raíz cuadrada de la proporción. Las variables primarias y secundarias se sujetaron a una prueba de normalidad, las variables con comportamiento paramétrico se analizaron a través de la descomposición cuadrática de la varianza con un modelo de dos factores, a través de un modelo factorial  $2 \times 2$ , donde el primer factor fue el tipo de ventilación los primeros diez días DE, y el segundo factor es si se perforo o no el cascarón al día 19 del DE para el primero y 15 días del DE para el segundo, se consideró la magnitud de la



interacción de los factores cuando hubo esta y sin interacción se determinó el efecto principal de cada uno de los dos factores en forma separada a través de un ANDEVA por medio de un modelo lineal generalizado (GLM) de un solo factor, cuando se determinó diferencia significativa entre alguno de los tratamientos de cada uno de los dos factores analizados, la diferencia entre medias de los grupos se determinaron por medio de la técnica de comparación múltiple de medias de Tukey con una significancia de  $\alpha$  igual o menor al 5%, esto con relación a la unidad estadística de análisis general (Gill, 1978).<sup>28</sup> Los datos porcentuales de mortalidad registrada por etapas durante la realización del embriodiagnóstico se evaluaron por medio de la prueba  $\chi^2$ , lo cual se efectuó ajustándola a una significancia de  $P < 0.05$  (Gill, 1978).<sup>28</sup>

## RESULTADOS

### PRIMER ESTUDIO (Pollos estirpe Ross 308, 30 semanas de edad)

No se observó ningún tipo de interacción significativa en la natalidad ni en la incubabilidad entre los factores de ventilación limitada o estándar con relación a la perforación o no, al momento de la transferencia, sin embargo, en incubabilidad si se observó diferencia significativa del efecto principal perforación, donde los grupos P (93%) fueron mayores ( $P < 0.05$ ) con relación a los grupos NP (86.5%), esta misma relación se observó con la natalidad (cuadros 1 y 2). La mortalidad embrionaria entre grupos no mostró diferencia estadística en ninguna etapa (cuadro 3).

Los huevos mostraron un peso inicial promedio de 60g en ambos grupos, la pérdida de peso al día 10 del DE, en el grupo E fue mayor 5.54% ( $P < 0.05$ ) al 3.31% del grupo L, la pérdida de humedad en este grupo se ajustó de acuerdo al modelo de pérdida de peso no lineal descrito ya por Juárez *et al*, 2010<sup>27</sup>, lo cual tuvo la finalidad de llegar a la pérdida de peso óptima al momento de la transferencia.<sup>26</sup> El grupo E tuvo una pérdida de humedad de 12.0% al día 18 del DE, la cual fue mayor ( $P < 0.05$ ) al 10.5% del grupo L (cuadro 4), la cual aunque baja estuvo estrechamente cercana a la recomendada por Ar (1993).<sup>29</sup> El picaje externo del cascarón aunque fue más prematuro en el grupo L, no mostró

diferencia significativa entre grupos, tampoco el tiempo de término de nacimientos, ni la duración de la ventana de nacimientos (cuadro 5).

El grupo L mostró un 18.02% de pollitos de excelente calidad, proporción mayor ( $P < 0.05$ ) al 7.45% de los pollitos del grupo E clasificados dentro de esta categoría; en la categoría de pollitos de buena calidad no mostró diferencia estadística; mientras que los pollitos de calidad regular el grupo E con 14% fue mayor ( $P < 0.05$ ) al 12.8% del grupo L y de los pollitos de calidad deficiente, donde el grupo E mostró un 10% mayor ( $P < 0.05$ ) al 2.9% registrado en el grupo L. No se registro ningún tipo de diferencia en el peso o longitud de los pollitos (cuadro 6).

La concentración de  $O_2$  en el día 10 de incubación, fue menor ( $P < 0.05$ ) en el grupo L (20.0%) que en grupo E (20.2%), el comportamiento de este gas en ambos grupos fue similar durante el resto del periodo de incubación (cuadro 7). La concentración de  $CO_2$  en el grupo L el día 10 de incubación fue de 18,000 ppm, mayor ( $P < 0.05$ ) a las 1,117.5 ppm del grupo E. Después del día 10 y hasta el final del DE la concentración de  $CO_2$  en el grupo L se mantuvo más elevada ( $P < 0.05$ ) que en el grupo E (cuadro 8). La concentración de gases ambientales en la sala de incubación durante todo el periodo de evaluación fue de 20.5% de  $O_2$  y 393.5 ppm de  $CO_2$ , con una temperatura ambiental promedio de 22.93° C y 50.76% de HR (cuadro 9).

El peso promedio de la canal en base húmeda de los pollitos eclosionados del grupo E fue de 43.34 g, mayor ( $P < 0.05$ ) a los 42.63 g del grupo L, aunque el peso promedio del hígado fue mayor ( $P < 0.05$ ) en el grupo (0.92g) en comparación con el grupo E (0.84g), el peso del corazón y SV no mostró diferencia estadística significativa entre grupos (cuadro 10).

### **SEGUNDO ESTUDIO ( Guarnigones de codorniz japonesa (*Coturnix coturnix japónica*) 16 semanas de edad)**

No hubo interacción significativa de incubabilidad o natalidad entre los factores de ventilación durante la primera mitad del DE con relación a la perforación hecha a la transferencia, aunque si se observó diferencia significativa del efecto principal perforación en incubabilidad, donde los grupos P (65%) fueron mayores ( $P < 0.05$ ) con relación a los grupos NP (57.3%), esta misma relación se observó con la natalidad (cuadros 11 y 12).

En todas las etapas de mortalidad embrionaria el grupo L mostró una tendencia menor de embriones muertos totales (19.2%) que los del grupo E (25.4%); sin embargo, no hubo diferencia significativa entre los mismos; en la etapa III el grupo L mostró una tendencia menor de mortalidad (11.7%) en comparación al grupo E (14.6) (cuadro 13).

El peso inicial promedio de los huevos fue mayor ( $P < 0.05$ ) en el grupo E (12.66g) que en el grupo L (12.44g). Los porcentaje de pérdida de peso al día 8 y 15 DE no fueron diferentes entre los grupos (cuadro 14). El picaje externo del cascarón en ambos grupos inició entre las 415 y 417 horas; el término de nacimientos se registró entre las 427 y 440 horas, mostrando una duración de la ventana de nacimiento de 23 horas para el grupo E, mayor ( $P < 0.05$ ) a las 12.75 horas del grupo L (cuadro 15).

La calidad excelente de los guarnigones evaluados en el grupo L mostró una tendencia con mayor número de guarnigones en esta categorías (19.79%) en comparación con el 14.28% del grupo E. El peso y longitud de los guarnigones no mostro diferencia entre grupos (cuadro 16).

La concentración de  $O_2$  en el día 8 de incubación en el grupo L fue de 19.81%, menor ( $P < 0.05$ ) al 20.25% de  $O_2$  del grupo E, este gas no mostro diferencias entre ambos grupos el resto del periodo de incubación (cuadro 17). La concentración de  $CO_2$  en el grupo L al día 8 de incubación fue de 11,130 ppm, cantidad mayor ( $P < 0.05$ ), a las 1,423.5 ppm del grupo E. Después del día 8 y hasta el final del DE la concentración de  $CO_2$  fue similar en ambos grupos, con excepción del día 10, en el que la concentración de  $CO_2$  fue mayor ( $P < 0.05$ ) en el grupo L (2,247.5 ppm) en comparación al grupo E (2,142.3 ppm) (cuadro 8). La

cantidad promedio de gases ambientales en la sala de incubación durante todo el periodo de evaluación fue de 20.45% de O<sub>2</sub> y 413.5 ppm de CO<sub>2</sub>, con una temperatura ambiental promedio de 24.3° C y 60% de HR (cuadro 19).

El peso de canales y saco vitelino de los guarnigones no mostró diferencias estadísticas entre grupos (cuadro 20).

## DISCUSIÓN

Los niveles de CO<sub>2</sub> recomendados en la incubación comercial durante los últimos lustros han sido entre 0.3 a 0.5% al nivel del mar. Aunque diversos estudios recientes (De Smit *et al*, 2006; Bruggeman *et al*, 2007; Tona *et al*, 2007, García, 2012).<sup>6,15,19</sup> han mostrado que un incremento de este gas en forma gradual de entre 1.0 a 1.5% acelera el DE, mejora la incubabilidad y optimiza el nacimiento. En el primer estudio efectuado (Estirpe Ross 308, 30 semanas de edad) el CO<sub>2</sub> alcanzó una concentración de 1.8%. En este caso la incubabilidad, aunque apropiada (87.67% para L y 87.35% en E) para la altitud del sitio de incubación, no mostró interacción entre la ventilación limitada y la perforación al momento de la transferencia, ni en el efecto principal de restringir la ventilación durante la primera mitad del desarrollo embrionario; sin embargo, al momento de la evaluación de la calidad de los pollitos nacidos el grupo de ventilación limitada mostró mayor cantidad de aves en las categorías más altas, este efecto de la incubación limitada sobre la calidad del pollito ha sido ya reportada anteriormente por López (2011)<sup>30</sup> y García (2012)<sup>19</sup> en grupos donde la ventilación L mostró adicionalmente un mejor efecto sobre la incubabilidad que los grupos testigo (estándar), aunque debe considerarse que este efecto positivo fue con una menor concentración de CO<sub>2</sub>, ya que García (2012)<sup>20</sup> registró este efecto favorable sobre la incubabilidad con concentraciones de 1.5% de CO<sub>2</sub>, mientras que López (2011)<sup>30</sup> observó un efecto positivo con 0.9% de CO<sub>2</sub>; De Smit *et al* (2006)<sup>6</sup> menciona un efecto principal de la restricción en la ventilación sobre la velocidad de nacimiento junto con un mayor desarrollo de la masa embrionaria total. Si se toma en cuenta que el grupo de

ventilación limitada del presente estudio superó el nivel máximo reportado en la literatura como óptimo para el proceso de ventilación restringida durante la primera mitad del desarrollo embrionario, se puede inferir que el límite de CO<sub>2</sub> puede aumentarse sensiblemente de acuerdo a las demás condiciones ambientales (p. ej. la altitud sobre el nivel del mar y la conductancia del cascarón) pero sin rebasar un límite máximo de tolerancia (Onagbesan 2007, De Smit *et al* 2006),<sup>4,6</sup> el cual aún debe determinarse de acuerdo a la edad de las aves reproductoras, su finalidad zootécnica y la altitud del sitio de incubación principalmente, ya que aunque en el presente estudio las 18,000 ppm de CO<sub>2</sub> no mostraron un efecto positivo sobre la incubabilidad tampoco ocasionaron un defecto adverso. En el caso del segundo estudio las codornices produjeron 11,000 ppm de CO<sub>2</sub>, lo cual aunque no mostró diferencia con relación al grupo estándar presentó una tendencia hacia menor éxito en la incubabilidad, lo cual puede ser debido a las diferencias en el metabolismo de estas aves, el cual de acuerdo a Portillo (2005)<sup>31</sup> es mucho más acelerado de acuerdo al análisis de la curva de crecimiento que efectuó este investigador en esta especie a través del modelo de Gompertz.

Cuando se utiliza un sistema de ventilación restringida durante los primeros 10 días del DE en un sistema unietápico se obtiene una estabilidad de la temperatura, de la HR y la ventilación a nivel del cascarón, lo cual contribuye al óptimo desarrollo embrionario debido a la correspondencia de los primeros diez días con la fase endotérmica del embrión, etapa en la cual se requiere un suministro constante y estable de calor a nivel del cascarón con la finalidad de obtener un equilibrio térmico apropiado de acuerdo a Lourens *et al* (2005).<sup>32</sup> Cuando se limita



la ventilación se favorece también la generación de mayor humedad, lo cual a su vez favorece la convección térmica de la circulación de aire dentro de la incubadora, lo cual ayuda a transferir de mejor manera el calor del aire del interior de la máquina hacia el cascarón, es en este ambiente donde se favorecen las condiciones de incubación a grandes altitudes, como es el caso del presente estudio. El alto porcentaje de pollitos de categoría excelente en el grupo L se puede atribuir a que las variables aplicadas a dicho grupo contribuyen a mejorar la calidad de los pollitos al nacer.

El efecto de la ventilación limitada está correlacionado con otros factores extrínsecos como es el caso de la edad y el genotipo de las aves (De Smit *et al*, 2006; Tona *et al*, 2007)<sup>6,15</sup> o la edad de la parvada de la que provienen los embriones (Janke *et al*, 2004),<sup>33</sup> ya que con base a esto se define el peso de los mismos. Molenaar *et al* (2004)<sup>34</sup> y Gonzales *et al* (2011)<sup>35</sup> mencionan que la longitud del pollito al nacimiento tiene un alto valor predictivo para el peso al sacrificio y el rendimiento porcentual de la pechuga en machos, en este caso la mejoría en la cantidad de pollitos y guarnigones de alta calidad favorece también dicha variable por lo cual se sugiere que la ventilación L tiene un potencial benéfico para la vida productiva del pollo y codornices de engorda.

En ambos estudios se manejaron incubaciones bajo condiciones de ventilación restringida (*air tight*), lo cual significa que durante la primera mitad de la incubación las máquinas incubadoras no se abrieron, esto conlleva a limitantes en el manejo las cuales pueden afectar los resultados obtenidos (no poder ovoscopiar para

sacar los huevos claros, p. ej.). De Smit *et al* (2006)<sup>6</sup> menciona que la hipoxia puede favorecer el desarrollo vascular durante la etapa temprana del DE y que la producción de CO<sub>2</sub> no es significativa durante los primeros seis días del DE, a partir de ahí y hasta el día 10 DE el incremento es lineal para posteriormente agudizarse en la etapa de meseta (*plateau*) la cual coincide con la transición de la respiración de la MCA a los pulmones (Fasenko *et al*, 2003).<sup>36</sup> Se debe considerar que la concentración de CO<sub>2</sub> depende de la cantidad de huevos fértiles incubados y de la tasa de ventilación, en el primer estudio la concentración obtenida fue mayor a la registrada por López *et al* (2011),<sup>30</sup> quién obtuvo 0.87% al incubar embriones *Ross 308* con una biomasa de 10,416 g, menor a los 30,104 g del primer estudio del presente trabajo, a su vez López *et al* (2011),<sup>30</sup> obtuvieron una menor tasa de incubabilidad que la registrada en el presente estudio, lo cual se debió probablemente al nivel tecnológico de las máquinas empleadas, ya que mientras López *et al* (2011),<sup>30</sup> utilizó máquinas de incubación de baja escala, en el presente estudio se emplearán equipos con base a termostatos termistor digitales para el ajuste de la temperatura y la humedad relativa.

Durante el presente estudio aún con ventilación limitada los niveles de O<sub>2</sub> fueron óptimos (>20%) si se considera que en el DE temprano (1-6 días DE) el O<sub>2</sub> se utiliza en mayor cantidad para la síntesis de los tejidos y se produce menor cantidad de CO<sub>2</sub> (De Smit *et al*, 2006; Bahadoran *et al*, 2010; Fasenko *et al*, 2003)<sup>6,12,36</sup> el nivel de oxígeno registrado a través de la tasa mínima de ventilación probada fue apropiado para el adecuado desarrollo embrionario de pollitos y guarnigones. Cuando la disponibilidad de O<sub>2</sub> es mayor en el momento del cambio

de respiración corioalantoidea a pulmonar, se puede mejorar la capacidad de eclosión, el peso al nacimiento de los pollos, así como la tasa de crecimiento y eficiencia alimenticia de los pollos de engorda (Sahan *et al*, 2006).<sup>11</sup> La conductancia del cascarón es un factor que afecta a los nacimientos (Onagbesan 2007),<sup>4</sup> lo cual está relacionado con la presión de O<sub>2</sub> ambiental existente alrededor del huevo incubado, a grandes altitudes la presión parcial de O<sub>2</sub> es mucho menor que la existente a nivel del mar, lo cual afecta la capacidad en el intercambio gaseoso a través del cascarón (Ar, 1993),<sup>29</sup> situación que también se encuentra relacionada con el grado de conductancia de los huevos al vapor de agua, O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> (Ar *et al*, 1993; Onagbesan 2007);<sup>4,29</sup> es factible que la presión generada por el CO<sub>2</sub> del día 6 al 10 de DE favorezca por un lado un mayor crecimiento volumétrico de la membrana corioalantoidea aunada a la hipoxia generada (Chan y Burggren, 2005)<sup>37</sup>, mientras que por otro lado se favorece la perfusión del O<sub>2</sub> disponible en el interior de la máquina hacia el interior del cascarón y del embrión.

Hassanzadeh (2009)<sup>38</sup> observó que (en su estudio en particular, bajo sus condiciones específicas) las aves nacidas a mayor altitud tienen menor incidencia de mortalidad por ascitis e hipertrofia ventricular derecha, así como la capacidad de adaptación a bajas tensiones de O<sub>2</sub> en la etapa temprana del DE (como la adquirida con la ventilación limitada), lo cual es benéfico para el desarrollo en la etapa productiva de las aves, por lo que se deben considerar, además de las concentraciones de gases, otros factores como la edad de las reproductoras, el genotipo, especie, altitud y almacenaje de huevos fértiles. (De Smit *et al*, 2006; Tona *et al*, 2007, Janke *et al*, 2004).<sup>6,15,33</sup> Además de que aparentemente el

incremento en la concentración de  $\text{CO}_2$  actúa como un interruptor (apagado/encendido) con efectos específicos sobre algunos sistemas fisiológicos relacionados con el DE temprano, estos efectos persisten a lo largo de todo el proceso de DE; sin embargo, aún se desconocen las razones del por qué un incremento en las concentraciones de  $\text{CO}_2$  no siempre mejoran de forma consistente la incubabilidad (Juárez *et al*, 2012).<sup>39</sup>

En el segundo estudio, al igual que en el primero, se realizaron perforaciones en la cámara de aire al momento de la transferencia, al las 368 horas el agujero tuvo un diámetro de 1.3 mm. Basados en los estudios de Meir y Tazawa (1999)<sup>18</sup> en los cuales la presión parcial de oxígeno ( $P_{\text{AO}_2}$ ) se aumentó gracias a dicha perforación, aunque en el caso de estos estudios no se contó con el equipo para medir dicho aumento, este se infirió por medio del registro de gases en el interior de la máquina. Es evidente que la perforación mostró un efecto positivo sobre la incubabilidad y la natalidad, este efecto ya ha sido reportado por Meir y Ar, (1996)<sup>40</sup> quienes perforaron de 1 a 5 agujeros de 5 mm de diámetro en la cámara de aire de huevos fértiles de ganso en diferentes días del DE (11, 15, 18, 22, 25) con la finalidad de aumentar la conductancia del cascarón en huevos fértiles con baja y media conductividad, de esta manera esperaban mejorar la pérdida de humedad y favorecer el intercambio gaseoso durante el DE; la perforación a los días 15 a 22 DE mostró un mayor efecto positivo sobre el porcentaje de nacimientos totales cuando los embriones perdieron 14% de humedad, determinaron que a mayor número de agujeros el porcentaje de pérdida de humedad era mayor, por lo cual el diámetro del agujero y el periodo en el cual

deben perforarse los cascarones debe ser calculado en función del incremento necesario de pérdida de peso en forma de vapor de agua hasta el momento de la transferencia, pérdidas que en el presente estudio fueron las apropiadas. En otro experimento Meir y Tazawa, (1999)<sup>18</sup> perforaron agujeros con diferentes diámetros (de 0.9 mm a 3.3 mm) sobre la cámara de aire de huevos fértiles de ganso al día 25 DE y obtuvieron mejor porcentaje de incubabilidad con 14% de pérdida de humedad. Meir y Tazawa, (1999)<sup>18</sup> indican que la perforación en la cámara de aire posiblemente aumenta la presión parcial de O<sub>2</sub> en el interior de la misma y en la MCA, lo cual mantiene una distribución uniforme del gas dentro del cascarón que puede mejorar el intercambio y favorecer la disponibilidad de oxígeno al embrión, ellos consideraron que el factor más importante para obtener buenos resultados fue la apropiada pérdida de humedad y que la disponibilidad de O<sub>2</sub> mostró un efecto limitado, es factible que este efecto limitado se atribuya a la poca área de acción de este incremento parcial de O<sub>2</sub>, hacia el final de la incubación en la cámara de aire, la que sólo ocupa una cuarta parte del huevo, por lo que es factible que no exista una saturación apropiada de O<sub>2</sub> dentro de ésta, además, la difusión lateral a nivel del *biofilm* del cascarón a nivel de la membrana testácea interna es muy limitado, esto debido a la alta resistencia a la difusión a nivel de este punto de la membrana, situación explicada por la ley de Fick.<sup>41</sup> En el presente estudio la perforación en la cámara de aire fue de 1.3 mm de diámetro, esta se realizó al día 19 del DE (primer estudio) y al día 15 del DE (segundo estudio), esto con base a lo establecido por el método para vacunar *in ovo* a los embriones por Correa *et al* (2006),<sup>42</sup> adicional al apropiado manejo en la pérdida de humedad, el

cual de acuerdo a Ar *et al* (1991)<sup>43</sup> se encontró en el rango óptimo de todos los grupos en ambos estudios, lo puede ayudar a explicar el grado de mejora en el intercambio gaseoso derivado de la perforación del cascarón (Meir y Tazawa, 1999),<sup>18</sup> la mejor obtención de parámetros de incubación posiblemente también se debió a los diferenciales de presión de gases existentes después del picaje interno, los cuales muestran un mejor efecto a una gran altitud, que el efecto de perforar el cascarón a la transferencia sobre la incubación en los sitios a nivel del mar donde se han realizado la mayor parte de estudios donde se ha evaluado la perforación al momento de la transferencia, donde por ejemplo, Correa *et al*, (2006)<sup>42</sup> ha indicado una mejora general de la incubabilidad de 1-2%.

Un factor a considerar es que la alta concentración de CO<sub>2</sub> funciona como un disparador para el incremento de corticosterona, la cual a su vez actúa como catalizador para la activación hormonal e incremento metabólico de la tiroides, la cual responde con la liberación de una alta cantidad de T3 y T4 previo al momento del picaje interno del embrión, la cual persiste hasta el momento de la eclosión, de acuerdo con De Smit *et al* (2006)<sup>6</sup> quienes determinaron una alta proporcionalidad de T3/T4 en embriones provenientes de una ventilación L, las concentraciones de este gas afectan directamente la premura sobre la eclosión, donde los grupos de ventilación L han mostrado una eclosión más prematura y con una ventana de nacimientos estrecha, por lo cual una disminución de CO<sub>2</sub> debida a la perforación debe evaluarse con relación a la liberación T3, T4 y corticosterona bajo distintos contextos de concentración de CO<sub>2</sub> primario (1%, 1.5 y 1.8%) por ejemplo a diferentes edades de las aves reproductoras considerando a su vez la presión de

CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> dentro de la cámara de aire, antes y después de la transferencia. Una pérdida de humedad ideal de 11 a 12% establece una concentración iónica y osmótica óptima dentro del huevo, manteniendo a su vez un volumen adecuado de moléculas de aire que favorecen el picaje interno y que facilitan el inicio de la respiración pulmonar (Meir y Ar, 2008).<sup>40</sup>

Si se eleva la tasa metabólica del embrión (1-10 DE), se activa el sistema de retroalimentación positiva del hipotálamo (15 DE); las glándulas hipófisis y tiroideas tienen mayor respuesta, ocasionando mayor actividad de la corteza adrenal para producir un alto nivel de corticosterona en sangre (De Smit *et al*, 2006, 2008),<sup>6,44</sup> esta acción estimula la glucólisis y la captación de glucosa por parte de las células al término de la función de la MCA y principios de la respiración pulmonar, de acuerdo con Moran, 2007.<sup>45</sup> Bahadoran *et al* (2010)<sup>12</sup> y Tona *et al* (2007)<sup>15</sup> ellos atribuyen este aumento hormonal como respuesta al estrés que genera el aumento de la presión de CO<sub>2</sub> y la caída de la presión de O<sub>2</sub> en el interior de la cámara de aire previo al picaje interno (16-17 DE). Con base al presente estudio y a lo que mencionan Meir y Ar (1996)<sup>40</sup> y Moolenaar *et al* (2010)<sup>34</sup> el diámetro de la perforación fue suficiente para obtener un efecto positivo sobre un aumento en la tasa de eclosión; sin embargo, se requiere saber si un mayor diámetro o un mayor número de perforaciones pudieran tener un mejor efecto sobre los parámetros evaluados, ya que García (2012)<sup>19</sup> al efectuar una perforación bajo condiciones similares a los dos estudios efectuados aquí no determinó un efecto positivo sobre los parámetros de incubación, al contrario, determinaron un mejor efecto en los huevos fértiles no perforados, aun cuando en ese estudio se registraron

concentraciones inferiores al presente estudio, es necesario, corroborar los resultados observados, ya que contradictoriamente a pesar de no hallar una mejora de incubabilidad en los huevos con perforación, si observó una disminución en la mortalidad embrionaria de la etapa III, situación que aunque no se pudo verificar aquí en cualquiera de los dos estudios, en el primero, aunque solo se observó una tendencia de disminución, si fue posible determinar un efecto positivo de la perforación sobre la incubabilidad.

La menor incubabilidad obtenida en las codornices pudo deberse a la altura sobre el nivel del mar del sitio de realización del estudio y al tipo de máquinas utilizadas, ya que García (2012)<sup>19</sup> obtuvo mejores parámetros de incubación con diferentes máquinas automatizadas y acondicionadas con mejores sistemas digitales de control de temperatura y humedad relativa, además del tipo de flujo de aire generado, si la velocidad de aire dentro de la incubadora no es uniforme, la transferencia de calor fluctúa tanto que la temperatura de los embriones también lo hace, si la velocidad es alta puede enfriar de más, para evitar estos problemas de temperatura hay que aumentar la capacidad de calor, con aire más húmedo, así los huevos más calientes perderán relativamente más calor que los más fríos, el rango de temperaturas debe mantenerse muy estrecho para que el calor de los huevos pueda removerse eficientemente (Hybro, 2002)<sup>46</sup>



## CONCLUSIONES

- Aún cuando la ventilación limitada durante la primera mitad del desarrollo embrionario generó una concentración de CO<sub>2</sub> más alta de lo recomendado, esta no afectó significativamente la eclosión de los pollitos y guarnigones con relación a una ventilación estándar, la ventilación limitada favorece el ahorro de agua y energía eléctrica durante el proceso de incubación.

- Una perforación de 1.3 mm en el cascarón sobre la cámara de aire al momento de la transferencia, favorece los parámetros de incubación a grandes alturas, siempre y cuando los huevos muestren un balance hídrico apropiado al momento de esta.

- El rango de tolerancia óptimo de CO<sub>2</sub> para huevos fértiles de aves reproductoras pesadas en *Prime age old* fue de 15,000 ppm, ampliable a 18,000 ppm. Mientras que en codornices 11,000 ppm de CO<sub>2</sub> no fueron muy apropiadas, por lo que se recomienda disminuir el CO<sub>2</sub> con la finalidad de lograr una incubación óptima.

- La ventilación limitada durante los primeros 10 (gallina) y 8 (codorniz) días de desarrollo embrionario permitió junto con una perforación del cascarón previo a la

trasferencia, una mejor calidad de los pollitos y guarnigones con una ventana de nacimientos más estrecha.

## LITERATURA CITADA

- 1. UNIÓN NACIONAL DE AVICULTORES.** Compendio de Indicadores Económicos del Sector Avícola 2011. Dirección de Estudios económicos. Febrero 2011.
- 2. UNIÓN NACIONAL DE AVICULTORES.** (www.una.org.mx) Unión Nacional del Avicultores. Objetivos 2011. (Citado el 28 de marzo del 2011) Disponible en URL [http://www.una.org.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=158&Itemid=106](http://www.una.org.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=158&Itemid=106)
- 3. MORTOLA JP.** Gas exchange in avian embryos and hatching. *Comp Bioch and Physiol* 2009; Part A 153: 359-377.
- 4. ONAGBESAN O.** Gas exchange during storage and incubation of Avian eggs: effects on embryogenesis, hatchability, chick quality and post-hatch growth. *Poult Sci* 2007 63: 557-573
- 5. FASENKO GM.** Egg storage and embryo. *Poultry Science* 2007, 86: 1020 - 1024.
- 6. DE SMIT L, BRUGGEMAN V, TONA K, et al.** Embryonic developmental plasticity of the chick: Increased CO<sub>2</sub> during early stages of incubation changes the developmental trajectories during prenatal and postnatal growth. *Comparative Biochemistry and Physiology* 2006, Part A 145: 166- 175

7. **SBONG S, DZIALOWSKI E.** Respiratory and cardiovascular responses to acute hypoxia and hyperoxia in internally pipped chicken embryos, *Comparative Biochemistry and Physiology* 2007, Part A 148: 761-768
8. **MENNA TM, MORTOLA JP.** Metabolic control of pulmonary ventilation in the developing chick embryo, *Respiratory Physiology and Neurobiology* 2002, 130: 43-55.
9. **HASSANZADEH M, BOZORGMEHRI FMH, BUYSE J, BRUGGEMAN V, DECUYPERE E.** Effect of chronic hypoxia during the embryonic development on the physiological functioning and on hatching and posthatching parameters related to ascites syndrome in broiler chickens. *Avian Pathol* 2004;33:558-564.
10. **CHRISTENSEN VL, BAGLEY LG.** Improved hatchability of turkey eggs at high altitudes due to added oxygen and increased incubation temperature. *Poultry Science* 1988 67: 956-960.
11. **SAHAN U, IPEK A, ALTAN O, YILMAZ-DIKMEN B.** Effects of oxygen supplementation during the last stage of incubation on broiler performance, ascites susceptibility and some physiological traits. *Anim Res* 2006;55:145-152
12. **BAHADORAN S, HASSANZADEH M, ZAMANIMOGHADDAM AK.** Effect of chronic hypoxia during the early stage of incubation on prenatal and postnatal parameters related to ascites syndrome in broiler chickens. *Iranian J of Vet Res* 2010;11(1,):64-71
13. **JULIAN RJ.** Ascites in poultry, *Avian Pathology* 1993, 22: 419- 453.

**14. DECUYPERE E, BRUGGEMAN V.** The endocrine interface of environmental and egg factors affecting chick quality. *Poult Sci* 2007;86:1037-1042.

**15. TONA K, ONAGBESAN O, BRUGGEMAN V, DE SMIT L, FIGUEIREDO D.** Non-ventilation during early incubation in combination with dexamethasone administration during late incubation: 1. Effects on physiological hormone levels, incubation duration and hatching events. *Comp Bioch Physiol* 2007;4,150-175.

**16. TAYLOR LW, SJODIN RA, GUNNS CA.** The gaseous environment of the chick embryo in relation to its development and hatchability. 1. Effect of carbon dioxide and oxygen levels during the first four days of incubation upon hatchability. *Poult Sci* 1956;35:1206-1215.

**17. TAYLOR LW, KREUTZIGER GO.** The gaseous environment of the chick embryo in relation to its development and hatchability. 2. Effect of carbon dioxide and oxygen levels during the period of the fifth through the eight days of incubation. *Poult Sci* 1965;44:98-106.

**18. MEIR M, TAZAWA H.** Effects of drilling holes into the air cell of incubated goose eggs on distribution of oxygen partial pressures under the shell. *British Poult Sci* 1999, 40: 472- 477

**19. GARCÍA HJ.** El incremento gradual de CO<sub>2</sub> en la primer mitad de la incubación y un cambio posterior de presión de O<sub>2</sub> en cámara de aire modifican la trayectoria de incubación. Tesis (Medicina Veterinaria y Zootecnia) Distrito Federal:

Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, 2012.

**20. ONAGBESAN OM, TONA K, JEGO Y, KAMERS B, DECUYPERE E, BRUGGEMAN V.** Comparison of embryo physiological parameters during incubation, chick quality, and growth performance of three lines of broiler breeders differing in genetic composition and growth rate. *Poult Sci* 2004;83:507-513.

**21. BOERJAN M.** Maximizando la uniformidad y la calidad de los pollitos. *Boletín AP, Pass Reform Hatchery Technologies* 2005; 23:18-23.

**22. WOLANSKY N, RENEMA A.** Relationships between chicks. Conformation and quality measures with early growth traits in males of eight selected pure or commercial broiler breeder strains. *Poult Sci* 2006;85:1490-1497.

**23. LÓPEZ CS, JUÁREZ EMA, PRADO ROF.** Una escala no invasiva para la clasificación de la calidad en pollitos recién nacidos permite valorar el proceso de incubación. XXXIV Convención ANECA 2009. Acapulco de Juárez (Guerrero); México. A.N.E.C.A., AC. 1-9pp.

**24. WILLEMSSEN H, EVERAERT N, WITTERS A, DE SMIT L, DEBONNE M, VERSCHUERE F.** Critical assessment of chick quality measurements as an indicator of post hatch performance. *Poult Sci* 2008; 87:2358-2366.

**25. MAULDIN JM, MASOERO S, SANTOS J, FAIRCHILD BD.** Predicting chick quality: Which is best - chick length or hatch day body weight? The University of

Georgia, College of Agricultural and Environmental Sciences, Cooperative Extension Service. Poult Fact Sheet. Sept. 2008. 4pp.

**26. PETEK M, ORMAN A, DIKMEN S, ALPAY F.** Relations between day-old chick length and body weight in broiler, quail and layer. *Uludag Univ J Fac Vet Med* 2008;27:25-28.

**27. JUÁREZ EMA, LÓPEZ CS, LEDESMA MN.** El embriodiagnóstico como herramienta imprescindible para la evaluación del proceso de incubación en aves domésticas. XIX Congreso Nacional de Patología Veterinaria 2010. Villahermosa (Tabasco) México. S.M.P.V., A.C. 525-535.

**28. GILL JL.** Design and analysis of experiments in the animal and sciences. Vol. 1 Ames (Io): The Iowa State University Press, 1978

**29. AR A.** Gas exchange of the avian embryo at altitude - The half-empty glass. *Funktionsanalyse biologischer Systeme* 1993;23:339-350.

**30. LÓPEZ REI.** Desarrollo embrionario durante la incubación con incremento gradual de CO<sub>2</sub> en huevos fértiles de gallina doméstica (*Gallus gallus*). Tesis (Licenciatura) DF, México; Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México, 2011.

**31. PORTILLO LJJ.** Evaluación de la interacción genotipo-nivel de proteína en codorniz japonesa reproductora (*Coturnix coturnix japonica*) en trópico seco. Tesis (Doctorado en Ciencias Pecuarias) Colima: Universidad de Colima, 2005

- 32. LOURENS, A, VAN DEN BRAND H, MEIJERHOF R, KEMP B.** Effect of eggshell temperature during incubation on embryo development, hatchability, and posthatch development. *Poult Sci* 2005;84:914-920.
- 33. JANKE O, TZSCHENTKE B, BOERJAN M.** Comparative investigations of heat production and body temperature in embryos of modern chicken breeds. [Avian and Poult Biol Rev](#) 2004;15:191-196.
- 34. MOLENAAR R, REIJERINKIAM, MEIJERHOF R.** Relationship between hatchling length and weight on later productive performance in broilers. *World Poult Sci J* 2008; 64:599-604.
- 35. GONZALES E, MELLO HHC, LABOISIERE M.** La longitud corporal como medida de la calidad el pollo de un día para predecir su desempeño en el ciclo de engorde. Escuela de Veterinaria y Zootecnia, Universidad Federal de Goiás, Goiania, GO, Brasil 2011
- 36. FASENKO GM, ROBINSON FE, FEDDES JJR, SEGURA J.** Examining the embryonic metabolism of short and long term stored eggs. Editors: ROBINSON FE, RENEMA R and FASENKP GM, *New Developments in Reproduction and Incubation of broiler chickens*. Spotted Cow Press, Edmonton, Canada, 2003. Pp 287-292.
- 37. CHAN T, BURGGREN W.** Hypoxic incubation creates differential morphological effects during specific developmental critical windows in the embryo of the chicken (*Gallus gallus*). *Resp Physiol & Neurobiol* 2005;145:251-263.



**38. HASSANZADEH M.** New Approach for the incidence of Ascites Syndrome in broiler chickens and management control the metabolic disorders. Int J of Poult Sci 2009;8(1):90-98.

**39. JUÁREZ EMA, LÓPEZ CS, LEDESMA MN.** Efecto de la pérdida de peso del huevo de codorniz japonesa (*Coturnix coturnix japónica*) durante la incubación con concentraciones crecientes de CO<sub>2</sub> sobre la incubabilidad y calidad del guarnigón. XXXVII Convención Anual ANECA 2012. 2 al 6 de mayo del 2011. Ixtapa Zihuatanejo (Guerrero) México. México (DF) Asociación Nacional de Especialistas en Ciencias Avícolas, AC. 368-377.

**40. MEIR M, AR A.** Changes in eggshell conductance, water loss and hatchability of layer hens with flock age and moulting. British Poult Sci 2008; 49(6):677- 689.

**41. VISSCHEDIJK AHJ, GIRARD H, AR A.** Gas diffusion in the shell membranes of the hen's egg: Lateral diffusion *in situ*. J Comp Physiol B. 1988; 158:567-574.

**42. CORREA RS, DEKICH MA, BEVENSEE EF.** Method for improving chick hatchability. United States. Patent Application Publication, Sep 7, 2006.

**43. AR A, TULLETT SG.** Egg water movements during incubation. Avian Incub 1991a;157-173.

**44. DE SMIT L, BRUGGEMAN V, DEBONNE M, TONA JK, KAMERS B, EVERAERT N.** The effect of nonventilation during early incubation on embryonic development of chicks of two commercial broiler strains differing in ascites susceptibility. Poult Sci 2008; 87:551-560

**45. MORAN ET.** Nutrition of the developing embryo and hatchling. Poult Sci 2007;  
86:1043-1049.

**46. HYBRO.** Incubación en Altura. Departamento Técnico, 2002.

## CUADROS

**Cuadro 1.** Incubabilidad en huevos de gallinas pesadas Ross 308 (*Gallus gallus*) incubados con concentraciones crecientes de CO<sub>2</sub> durante la primera mitad del desarrollo embrionario con cambio de presión de la cámara de aire a la transferencia.

Tratamiento	Con perforación	Sin perforación	Promedio
<b>Ventilación limitada</b> <b>(18,000 ppm CO<sub>2</sub>) *</b>	92.36 ± 6.03**	87.92 ± 7.72	90.14 <sup>A</sup>
<b>Ventilación estándar</b>	93.59 ± 4.63	84.97 ± 4.72	89.28 <sup>A</sup>
<b>Promedio</b>	92.98 <sup>A</sup>	86.45 <sup>B</sup>	

\* Se restringió la ventilación durante los primeros 10 días del desarrollo embrionario.  
L= Sellado con Polietileno. N= 2 máquinas Sporstman 1502.

\*\*Valor porcentual ± desviación estándar a partir de 42 huevos por charola; valores en la misma fila con diferente letra superíndice difieren significativamente, Tukey (P < 0.05),

**Cuadro 2.** Natalidad en huevos de gallina pesada de la estirpe Ross 308 (*Gallus gallus*) incubados con concentraciones crecientes de CO<sub>2</sub> durante la primera mitad del desarrollo embrionario y cambio de presión de la cámara de aire a la transferencia.

Tratamiento	Con perforación	Sin perforación	
<b>Ventilación limitada</b> <b>(18,000 ppm CO<sub>2</sub>) *</b>	92.36 ± 5.69**	87.92 ± 7.3	90.14 <sup>A</sup>
<b>Ventilación Estándar</b>	92.64 ± 3.49	84.57 ± 5.10	88.68 <sup>A</sup>
	92.5 <sup>A</sup>	86.24 <sup>B</sup>	

\* Se restringió la ventilación durante los primeros 10 días del desarrollo embrionario.  
L= Sellado con Polietileno. N= 2 máquinas Sporstman 1502.

\*\*Valor porcentual ± desviación estándar a partir de 42 huevos por charola; valores en la misma fila con diferente letra superíndice difieren significativamente, Tukey (P < 0.05)

**Cuadro 3.** Parámetros de incubación en huevos de gallina pesada de la estirpe *Ross 308* (*Gallus gallus*) incubados con concentraciones crecientes de CO<sub>2</sub> durante la primera mitad del desarrollo embrionario.

<b>Parámetros</b>	<b>Ventilación limitada (%)*</b>	<b>Ventilación estándar (%)</b>
Mortalidad etapa I***	14.29% **	11.9%
Mortalidad etapa II***	4.76%	3.57%
Mortalidad etapa III***	7.14%	8.33%
Mortalidad etapa IV***	3.57%	4.76%

\* Se restringió la ventilación durante los primeros 10 días del desarrollo embrionario.

L= Sellado de Polietileno. N= 2 máquinas Sportsman 1502.

\*\*Valor porcentual a partir de 42 huevos por incubadora; valores en la misma fila con diferente letra superíndice difieren significativamente, Tukey (P < 0.05)

\*\*\*Valor porcentual promedio de mortalidad embrionaria; valores en la misma fila con diferente letra superíndice difieren significativamente, prueba Xi<sup>2</sup> (P < 0.05).

**Cuadro 4.** Peso del huevo, pérdida de peso y temperatura promedio durante la incubación de huevos de gallina pesada estirpe *Ross 308 (Gallus gallus)* incubados con ventilación restringida durante la primera mitad del desarrollo embrionario.

<b>Parámetro</b>	<b>Ventilación limitada*</b>	<b>Ventilación estándar</b>
Peso promedio inicial del huevo (g) **	60.26 ± 3.90 <sup>A</sup>	60.38 ± 3.47 <sup>A</sup>
Peso promedio huevo día 10 (g) **	58.86 ± 4.49 <sup>A</sup>	57.10 ± 3.29 <sup>B</sup>
Porcentaje pérdida de peso día 10 **	3.31 ± 0.95 <sup>B</sup>	5.54 ± 0.88 <sup>A</sup>
Peso promedio huevo día 18 (g) **	53.90 ± 3.68 <sup>A</sup>	53.18 ± 3.18 <sup>A</sup>
Porcentaje pérdida de peso día 18**	10.55 ± 1.15 <sup>B</sup>	12.05 ± 1.58 <sup>A</sup>
T° Celsius. Días 1-18 ***	37.63 ± 0.45 <sup>A</sup>	37.62 ± 0.47 <sup>A</sup>
T° Celsius Días 19-21 ***	37.04 ± 0.25 <sup>A</sup>	37.04 ± 0.25 <sup>A</sup>

\* Se restringió la ventilación durante los primeros 10 días del desarrollo embrionario.

\*\*Literales diferentes en superíndice del valor referido ± desviación estándar comparadas en la misma fila indican diferencia estadística significativa (P<0.05) entre tratamientos.

\*\*\*Promedio de temperatura en grados centígrados por periodo. N=2 Máquinas Sportsman 1502.

**Cuadro 5.** Inicio de picaje externo, término y duración de ventana de nacimientos de pollitos provenientes de huevos de gallina pesada de la estirpe *Ross 308 (Gallus gallus)* incubados con ventilación restringida durante la primera mitad del desarrollo embrionario.

<b>Parámetro</b>	<b>Ventilación limitada* (Horas)</b>	<b>Ventilación estándar (Horas)</b>
Inicio PE**	503.58 ± 9.03 <sup>A</sup>	508.58 ± 9.23 <sup>A</sup>
Término nacimientos**	527.08 ± 7.54 <sup>A</sup>	533.41 ± 8.15 <sup>A</sup>
Duración ventana**	23.5 ± 4.25 <sup>A</sup>	24.83 ± 3.21 <sup>A</sup>

\* Se restringió la ventilación durante los primeros 10 días del desarrollo embrionario.  
 \*\*Literales diferentes en superíndice del valor referido ± desviación estándar comparadas en la misma fila indican diferencia estadística significativa (P<0.05) entre tratamientos. N= 2 máquinas Sporstman 1502.

**Cuadro 6.** Calidad, peso y longitud de los pollitos provenientes de huevos de gallina pesada de la estirpe *Ross 308 (Gallus gallus)* incubados con ventilación restringida durante la primera mitad del desarrollo embrionario.

<b>Parámetro</b>	<b>Ventilación limitada*</b>	<b>Ventilación estándar</b>
Excelente (%)**	18.02 ± 1.345 <sup>A</sup>	7.45 ± 0.32 <sup>B</sup>
Bueno (%)**	15.99 ± 0.33 <sup>A</sup>	16.28 ± 0.32 <sup>A</sup>
Regular (%)**	12.79 ± 0 <sup>B</sup>	14 ± 0.33 <sup>A</sup>
Deficiente (%) **	2.91 ± 0.66 <sup>B</sup>	10 ± 1.65 <sup>A</sup>
Inaceptable (%)**	0.29 ± 0.33 <sup>B</sup>	2.57 ± 0.99 <sup>A</sup>
Peso del pollito (g)** <sup>Φ</sup>	42.61 ± 4.79 <sup>A</sup>	42.1 ± 3.19 <sup>A</sup>
Longitud del pollito (cm)** <sup>Φ</sup>	17.91 ± 0.59 <sup>A</sup>	17.42 ± 1.3 <sup>A</sup>

\* Se restringió la ventilación durante los primeros 10 días del desarrollo embrionario.  
 \*\*Literales diferentes colocadas en superíndice del valor referido ± desviación estándar comparadas en la misma fila indican diferencia estadística significativa (P<0.05) entre tratamientos. <sup>Φ</sup> N= 192

**Cuadro 7.** Concentración de O<sub>2</sub> registrado a partir del primer día de incubación de huevos de gallina pesada (*Gallus gallus*) de la estirpe Ross 308 incubados con ventilación restringida durante la primera mitad del desarrollo embrionario.

<b>Día de incubación</b>	<b>Ventilación limitada (%)</b>	<b>Ventilación estándar (%)</b>
<b>Día 1</b>	ND	20.15 ± 0.05
<b>Día 2</b>	ND	20.05 ± 0.05
<b>Día 3</b>	ND	20.20 ± 0.07
<b>Día 4</b>	ND	20.20 ± 0.07
<b>Día 5</b>	ND	20.20 ± 0.13
<b>Día 6</b>	ND	20.05 ± 0.05
<b>Día 7</b>	ND	20.12 ± 0.05
<b>Día 8</b>	ND	20.05 ± 0.12
<b>Día 9</b>	ND	20.07 ± 0.14
<b>Día 10</b>	20.0 ± 0 <sup>B</sup>	20.02 ± 0.05 <sup>A</sup>
<b>Día 11</b>	20.07 ± 0.09 <sup>A</sup>	20.07 ± 0.09 <sup>A</sup>
<b>Día 12</b>	20.05 ± 0.05 <sup>A</sup>	20.07 ± 0.05 <sup>A</sup>
<b>Día 13</b>	20.07 ± 0.12 <sup>A</sup>	20.17 ± 0.12 <sup>A</sup>
<b>Día 14</b>	20.07 ± 0.09 <sup>A</sup>	20.10 ± 0.07 <sup>A</sup>
<b>Día 15</b>	20.00 ± 0.13 <sup>A</sup>	20.07 ± 0.12 <sup>A</sup>
<b>Día 16</b>	20.0 ± 0 <sup>A</sup>	20.00 ± 0.07 <sup>A</sup>
<b>Día 17</b>	20.07 ± 0.05 <sup>A</sup>	20.15 ± 0.05 <sup>A</sup>
<b>Día 18</b>	20.05 ± 0.05 <sup>A</sup>	20.10 ± 0.07 <sup>A</sup>
<b>Día 19</b>	20.07 ± 0.05 <sup>A</sup>	20.07 ± 0.05 <sup>A</sup>
<b>Día 20</b>	20.12 ± 0.05 <sup>A</sup>	20.15 ± 0.05 <sup>A</sup>

\* Se restringió la ventilación durante los primeros 10 días de desarrollo embrionario.

\*\*Literales diferentes en superíndice al valor referido ± desviación estándar comparadas entre grupos en cada una de las filas correspondientes a cada día del periodo de incubación indican diferencia estadística significativa (P<0.05). N=2 máquinas Sportsman 1502. ND= no se registró la concentración de O<sub>2</sub> debido al sistema de ventilación utilizado.

**Cuadro 8.** Concentración de CO<sub>2</sub> registrado a partir del primer día de incubación de huevos de gallina pesada de la estirpe *Ross 308* (*Gallus gallus*) incubados con ventilación restringida durante la primera mitad del desarrollo embrionario.

<b>Día de incubación</b>	<b>Ventilación limitada (ppm)</b>	<b>Ventilación estándar (ppm)</b>
<b>Día 1</b>	ND	500 ± 216.86
<b>Día 2</b>	ND	480 ± 216.86
<b>Día 3</b>	ND	422.5 ± 185.84
<b>Día 4</b>	ND	525 ± 176.07
<b>Día 5</b>	ND	425 ± 76.16
<b>Día 6</b>	ND	632.5 ± 220.05
<b>Día 7</b>	ND	612.5 ± 85.98
<b>Día 8</b>	ND	635 ± 321.29
<b>Día 9</b>	ND	632.5 ± 264.83
<b>Día 10</b>	18,000 ± 0 <sup>A</sup>	1,117.5 ± 136.98 <sup>B</sup>
<b>Día 11</b>	1,517.5 ± 172.11 <sup>A</sup>	1,245 ± 96.36 <sup>B</sup>
<b>Día 12</b>	2,190 ± 165.79 <sup>A</sup>	1,832.5 ± 91.14 <sup>B</sup>
<b>Día 13</b>	2,802.5 ± 282.68 <sup>A</sup>	2,357.5 ± 433.35 <sup>B</sup>
<b>Día 14</b>	3,090 ± 116.37 <sup>A</sup>	2,170 ± 84.5 <sup>B</sup>
<b>Día 15</b>	3,710 ± 132.66 <sup>A</sup>	2,935 ± 429.32 <sup>B</sup>
<b>Día 16</b>	4,142.5 ± 99.82 <sup>A</sup>	3,037.5 ± 62.05 <sup>B</sup>
<b>Día 17</b>	3,400 ± 62.79 <sup>A</sup>	2,647.5 ± 124.98 <sup>B</sup>
<b>Día 18</b>	3,510 ± 58.06 <sup>A</sup>	2,720 ± 205.91 <sup>B</sup>
<b>Día 19</b>	3,492.5 ± 72.26 <sup>A</sup>	2,880 ± 101.70 <sup>B</sup>
<b>Día 20</b>	2,912.5 ± 44.32 <sup>B</sup>	3,185 ± 37.42 <sup>A</sup>

\* Se restringió la ventilación durante los primeros 10 días de desarrollo embrionario.

\*\*Literales diferentes en superíndice al valor referido ± desviación estándar comparadas entre grupos en cada una de las filas correspondientes a cada día del periodo de incubación indican diferencia estadística significativa (P<0.05). N=2 máquinas Sportsman 1502.

ND= no se registró la concentración de O<sub>2</sub> debido al sistema de ventilación utilizado.



**Cuadro 9.** Condiciones ambientales registradas en la sala a partir del primer día de incubación de huevos de gallina pesada de la estirpe *Ross 308* (*Gallus gallus*) incubados con ventilación restringida durante la primera mitad del desarrollo embrionario.

<b>CONDICIONES AMBIENTALES</b>				
<b>Día de Incubación</b>	<b>O<sub>2</sub>(%)</b>	<b>CO<sub>2</sub> (ppm)</b>	<b>Humedad Relativa (%)</b>	<b>Temperatura (°C)</b>
<b>Día 1</b>	20.65 ± 0.05 <sup>AB*</sup>	417.5 ± 218.84 <sup>A</sup>	43 ± 6.38 <sup>D</sup>	26 ± 1.15 <sup>ABC</sup>
<b>Día 2</b>	20.47 ± 0.12 <sup>ABC</sup>	375 ± 171.76 <sup>A</sup>	44.5 ± 3.87 <sup>CD</sup>	26 ± 1.82 <sup>ABC</sup>
<b>Día 3</b>	20.65 ± 0.12 <sup>AB</sup>	310 ± 240.55 <sup>A</sup>	45 ± 3.83 <sup>CD</sup>	25.75 ± 1.5 <sup>ABC</sup>
<b>Día 4</b>	20.72 ± 0.05 <sup>A</sup>	320 ± 171.85 <sup>A</sup>	43.75 ± 3.30 <sup>CD</sup>	26 ± 1.41 <sup>ABC</sup>
<b>Día 5</b>	20.72 ± 0.05 <sup>A</sup>	252.5 ± 27.54 <sup>A</sup>	43.25 ± 4.57 <sup>CD</sup>	26 ± 1.41 <sup>ABC</sup>
<b>Día 6</b>	20.6 ± 0 <sup>AB</sup>	450 ± 139.76 <sup>A</sup>	45.75 ± 2.06 <sup>BCD</sup>	26.25 ± 1.26 <sup>AB</sup>
<b>Día 7</b>	20.6 ± 0 <sup>AB</sup>	380 ± 87.56 <sup>A</sup>	46 ± 2.16 <sup>BCD</sup>	26.25 ± 0.96 <sup>AB</sup>
<b>Día 8</b>	20.55 ± 0.06 <sup>ABC</sup>	430 ± 146.28 <sup>A</sup>	44.5 ± 3 <sup>CD</sup>	26.5 ± 1.29 <sup>AB</sup>
<b>Día 9</b>	20.52 ± 0.05 <sup>ABC</sup>	327.5 ± 73.65 <sup>A</sup>	43.75 ± 3.09 <sup>CD</sup>	27 ± 0.82 <sup>A</sup>
<b>Día 10</b>	20.5 ± 0 <sup>ABC</sup>	335 ± 73.25 <sup>A</sup>	49.62 ± 4.23 <sup>BCD</sup>	26.5 ± 1 <sup>AB</sup>
<b>Día 11</b>	20.4 ± 0.27 <sup>BC</sup>	292.5 ± 136.96 <sup>A</sup>	51 ± 1.82 <sup>BCD</sup>	25.25 ± 0.5 <sup>ABC</sup>
<b>Día 12</b>	20.5 ± 0.08 <sup>C</sup>	305 ± 145.48 <sup>A</sup>	48.25 ± 4.35 <sup>BCD</sup>	25.87 ± 1.55 <sup>ABC</sup>
<b>Día 13</b>	20.57 ± 0.05 <sup>ABC</sup>	365 ± 142.71 <sup>A</sup>	54.75 ± 1.5 <sup>BCD</sup>	24 ± 0.81 <sup>BCD</sup>
<b>Día 14</b>	20.5 ± 0.08 <sup>ABC</sup>	430 ± 159.79 <sup>A</sup>	54.25 ± 3.3 <sup>BCD</sup>	24.25 ± 0.96 <sup>ABCD</sup>
<b>Día 15</b>	20.4 ± 0.18 <sup>BC</sup>	470 ± 259.74 <sup>A</sup>	54.5 ± 1.73 <sup>BCD</sup>	24 ± 0.41 <sup>BCD</sup>
<b>Día 16</b>	20.3 ± 0.16 <sup>C</sup>	407.5 ± 224.40 <sup>A</sup>	53 ± 1.15 <sup>BCD</sup>	23.37 ± 0.48 <sup>CD</sup>
<b>Día 17</b>	20.47 ± 0.05 <sup>ABC</sup>	412.5 ± 206.13 <sup>A</sup>	55 ± 3.16 <sup>BC</sup>	23.25 ± 0.65 <sup>CD</sup>
<b>Día 18</b>	20.5 ± 0.08 <sup>ABC</sup>	472.5 ± 181.18 <sup>A</sup>	52.75 ± 2.22 <sup>BCD</sup>	23.75 ± 0.86 <sup>BCD</sup>
<b>Día 19</b>	20.47 ± 0.12 <sup>ABC</sup>	545 ± 131.78 <sup>A</sup>	57.5 ± 2.38 <sup>B</sup>	23.37 ± 0.48 <sup>CD</sup>
<b>Día 20</b>	20.3 ± 0.11 <sup>C</sup>	572.5 ± 172.69 <sup>A</sup>	85.2 ± 14.27 <sup>A</sup>	22.25 ± 0.5 <sup>D</sup>

\*Literales diferentes en superíndice al valor referido  $\pm$  desviación estándar comparadas entre cada día del periodo de incubación por columna indican diferencia estadística significativa ( $P < 0.05$ ). \*\*N=2 máquinas Sportsman 502.

**Cuadro 10.** Peso de órganos de embriones de gallina pesada de la estirpe *Ross 308* (*Gallus gallus*) incubados con ventilación restringida durante la primera mitad del desarrollo embrionario.

Órgano	Ventilación limitada* (g)	Ventilación estándar (g)
Saco Vitelino	$6.80 \pm 1.28^A **$	$6.53 \pm 1.17^A$
Corazón	$0.35 \pm 0.07^A$	$0.36 \pm 0.08^A$
Hígado	$0.92 \pm 0.16^A$	$0.84 \pm 0.13^B$
Canal	$42.63 \pm 4.74^B$	$43.34 \pm 3.29^A$

\* Se restringió la ventilación durante los primeros 10 días del desarrollo embrionario.

\*\*Literales diferentes en posición superíndice del valor referido  $\pm$  desviación estándar comparadas en la misma fila indican diferencia estadística significativa ( $P < 0.05$ ) entre tratamientos. N= 2 máquinas Sporstman 1502.

**Cuadro 11.** Incubabilidad en huevos de codorniz (*Coturnix coturnix japonica*) incubados con concentraciones crecientes de CO<sub>2</sub> durante la primera mitad del desarrollo embrionario y cambio de presión de la cámara de aire a la transferencia.

Tratamiento	Con perforación	Sin perforación	
<b>Ventilación limitada (11,000 ppm CO<sub>2</sub>) *</b>	65.11 ± 2.48**	52.36 ± 6.71	58.74 <sup>A</sup>
<b>Ventilación Estándar</b>	64.92 ± 12.17	62.18 ± 0.9	63.55 <sup>A</sup>
	65.02 <sup>A</sup>	57.27 <sup>B</sup>	

\* Se restringió la ventilación durante los primeros 8 días del desarrollo embrionario. L= Sellado con Polietileno. N= 4 máquinas Hova Bator Mod. 1583. \*\*Valor porcentual ± desviación estándar a partir de 120 huevos por incubadora; valores en la misma fila con diferente letra superíndice difieren significativamente, Tukey (P < 0.05)

**Cuadro 12.** Natalidad en huevos de codorniz (*Coturnix coturnix japonica*) incubados con concentraciones crecientes de CO<sub>2</sub> durante la primera mitad del desarrollo embrionario y cambio de presión de la cámara de aire a la transferencia.

Tratamiento	Con perforación	Sin perforación	
<b>Ventilación limitada L (11,000 ppm CO<sub>2</sub>) *</b>	59.16 ± 2.88**	49.16 ± 4.81	54.16 <sup>A</sup>
<b>Ventilación Estándar</b>	59.16 ± 8.66	57.5 ± 0.96	58.33 <sup>A</sup>
	59.16 <sup>A</sup>	53.33 <sup>B</sup>	

\* Se restringió la ventilación durante los primeros 8 días del desarrollo embrionario. L= Sellado con Polietileno. N= 4 máquinas HB 1583. \*\*Valor porcentual ± desviación estándar a partir de 120 huevos por incubadora; valores en la misma fila con diferente letra superíndice difieren significativamente, Tukey (P < 0.05),

**Cuadro 13.** Parámetros de incubación en huevos de Codorniz (*Coturnix coturnix japonica*) incubados con concentraciones crecientes de CO<sub>2</sub> durante la primera mitad del desarrollo embrionario.

Parámetros	Ventilación limitada*	Ventilación estándar
Mortalidad etapa I***	2.91%	3.33%
Mortalidad etapa II***	2.5%	4.16%
Mortalidad etapa III***	11.67%	14.58%
Mortalidad etapa IV***	2.08 %	3.33%

\* Se restringió la ventilación durante los primeros 8 días del desarrollo embrionario. L= Sellado con Polietileno. N= 4 máquinas HB 1583

\*\*Valor porcentual a partir de 120 huevos por incubadora; valores en la misma fila con diferente letra superíndice difieren significativamente, Tukey (P < 0.05)

\*\*\*Valor porcentual promedio de mortalidad embrionaria; valores en la misma fila con diferente letra superíndice difieren significativamente, prueba Xi<sup>2</sup> (P < 0.05).

**Cuadro 14.** Peso del huevo, pérdida de peso y temperatura promedio durante la incubación de huevos de Codorniz (*Coturnix coturnix japonica*) incubados con ventilación restringida durante la primera mitad del desarrollo embrionario.

Parámetro	Ventilación limitada *	Ventilación estándar (%)
Peso promedio inicial del huevo (g) **	12.44 ± 0.92 <sup>B</sup>	12.66 ± 1.03 <sup>A</sup>
Peso promedio huevo día 8 (g) **	11.69 ± 1.00 <sup>A</sup>	12.08 ± 0.78 <sup>A</sup>
Porcentaje pérdida de peso día 8 **	6.03 ± 0.87 <sup>A</sup>	4.58 ± 0.86 <sup>A</sup>
Peso promedio huevo día 15 (g) **	11.14 ± 1.06 <sup>A</sup>	11.33 ± 0.92 <sup>A</sup>
Porcentaje pérdida de peso día 15 **	9.78 ± 1.52 <sup>A</sup>	10.24 ± 2.73 <sup>A</sup>
Tº Celsius. Días 1-18 ***	37.64 ± 0.20 <sup>A</sup>	37.66 ± 0.32 <sup>A</sup>
Tº Celsius Días 19-21 ***	37.55 ± 0.11 <sup>A</sup>	37.49 ± 0.11 <sup>A</sup>

\* Se restringió la ventilación durante los primeros 8 días del desarrollo embrionario. \*\*Literales diferentes en superíndice del valor referido ± desviación estándar comparadas en la misma fila indican diferencia estadística significativa (P<0.05) entre tratamientos. \*\*\*Promedio de temperatura en grados centígrados por periodo. N= 4 máquinas HB 1583.

**Cuadro 15.** Inicio de picaje externo, término y duración de ventana de nacimientos de pollitos provenientes de huevos de gallina pesada de la Codorniz (*Coturnix coturnix japonica*) incubados con ventilación restringida durante la primera mitad del desarrollo embrionario.

<b>Parámetro</b>	<b>Ventilación limitada* (Horas)</b>	<b>Ventilación estándar (Horas)</b>
Inicio PE**	415.0 ± 2.16 <sup>A</sup>	417.4 ± 1.91 <sup>A</sup>
Término nacimientos**	427.75 ± 3.60 <sup>B</sup>	440.5 ± 2.89 <sup>A</sup>
Duración ventana**	12.75 ± 2.73 <sup>B</sup>	23.0 ± 2.44 <sup>A</sup>

\* Se restringió la ventilación durante los primeros 8 días del desarrollo embrionario.

\*\*Literales diferentes en superíndice del valor referido ± desviación estándar comparadas en la misma fila indican diferencia estadística significativa (P<0.05) entre tratamientos.

\*\*\*Promedio de temperatura en grados centígrados por periodo. N= 4 máquinas HB 1583

**Cuadro 16.** Calidad, peso y longitud de los guarnigones provenientes de huevos de Codorniz (*Coturnix coturnix japonica*) incubados con ventilación restringida durante la primera mitad del desarrollo embrionario.

<b>Parámetro</b>	<b>Ventilación limitada *</b>	<b>Ventilación estándar</b>
Excelente (%)**	18.75 ± 7.21	14.28 ± 9.42
Bueno (%)**	19.79 ± 6.01	24.49 ± 4.71
Regular (%)**	10.41 ± 4.8	8.16 ± 4.71
Deficiente (%) **	1.04 ± 1.2	2.04 ± 0
Inaceptable (%)**	0 ± 0	1.02 ± 1.17
Peso del guarnigon (g)** <sup>Φ</sup>	8.70 ± 0.74	9.07 ± 0.74
Longitud del guarnigón (cm)** <sup>Φ</sup>	10.87 ± 0.49	10.79 ± 0.45

\* Se restringió la ventilación durante los primeros 8 días del desarrollo embrionario.

\*\*Literales diferentes colocadas en superíndice del valor referido ± desviación estándar comparadas en la misma fila indican diferencia estadística significativa (P<0.05) entre tratamientos. <sup>Φ</sup> N= 128

**Cuadro 17.** Concentración de O<sub>2</sub> registrado a partir del primer día de incubación de huevos de Codorniz (*Coturnix coturnix japonica*) incubados con ventilación restringida durante la primera mitad del desarrollo embrionario.

<b>Día de incubación</b>	<b>Ventilación limitada (%)</b>	<b>Ventilación estándar (%)</b>
<b>Día 1</b>	ND	20.10 ± 0.00
<b>Día 2</b>	ND	19.96 ± 0.07
<b>Día 3</b>	ND	19.99 ± 0.03
<b>Día 4</b>	ND	20.05 ± 0.05
<b>Día 5</b>	ND	20.10 ± 0.07
<b>Día 6</b>	ND	20.14 ± 0.14
<b>Día 7</b>	ND	20.17 ± 0.14
<b>Día 8</b>	19.81 ± 0.3 <sup>B</sup>	20.25 ± 0.18 <sup>A</sup>
<b>Día 9</b>	20.07 ± 0.09 <sup>A</sup>	20.09 ± 0.08 <sup>A</sup>
<b>Día 10</b>	20.02 ± 0.12 <sup>A</sup>	20.05 ± 0.07 <sup>A</sup>
<b>Día 11</b>	20.04 ± 0.12 <sup>A</sup>	20.05 ± 0.09 <sup>A</sup>
<b>Día 12</b>	20.01 ± 0.03 <sup>A</sup>	20.00 ± 0.00 <sup>A</sup>
<b>Día 13</b>	19.96 ± 0.05 <sup>A</sup>	19.95 ± 0.05 <sup>A</sup>
<b>Día 14</b>	19.97 ± 0.05 <sup>A</sup>	19.92 ± 0.09 <sup>A</sup>

\* Se restringió la ventilación durante los primeros 8 días del desarrollo embrionario.

\*\*Literales diferentes en superíndice del valor referido ± desviación estándar comparadas en la misma fila indican diferencia estadística significativa (P<0.05) entre tratamientos.

\*\*\*Promedio de temperatura en grados centígrados por periodo. N= 4 máquinas HB 1583.

**Cuadro 18.** Concentración de CO<sub>2</sub> registrado a partir del primer día de incubación de huevos de Codorniz (*Coturnix coturnix japonica*) incubados con ventilación restringida durante la primera mitad del desarrollo embrionario.

<b>Día de incubación</b>	<b>Ventilación limitada (ppm)</b>	<b>Ventilación estándar (ppm)</b>
<b>Día 1</b>	ND	511.25 ± 195.04
<b>Día 2</b>	ND	436.25 ± 133.94
<b>Día 3</b>	ND	427.5 ± 64.53
<b>Día 4</b>	ND	665 ± 147.26
<b>Día 5</b>	ND	680 ± 57.82
<b>Día 6</b>	ND	940 ± 58.55
<b>Día 7</b>	ND	1,100 ± 105.69
<b>Día 8</b>	11,130 ± 438.3 <sup>A</sup>	1,423.75 ± 79.63 <sup>B</sup>
<b>Día 9</b>	1,773.25 ± 72.30 <sup>A</sup>	1,691.25 ± 132.82 <sup>A</sup>
<b>Día 10</b>	2,247.5 ± 95.13 <sup>A</sup>	2,142.38 ± 89.33 <sup>B</sup>
<b>Día 11</b>	2,844.88 ± 302.69 <sup>A</sup>	3,023.75 ± 183.99 <sup>A</sup>
<b>Día 12</b>	4,157.50 ± 461.26 <sup>A</sup>	3,956.25 ± 231.33 <sup>A</sup>
<b>Día 13</b>	4,830 ± 569.96 <sup>A</sup>	4,563.75 ± 538.38 <sup>A</sup>
<b>Día 14</b>	5,425 ± 545.91 <sup>A</sup>	5,226.25 ± 633.88 <sup>A</sup>

\* Se restringió la ventilación durante los primeros 8 días del desarrollo embrionario.

\*\*Literales diferentes en superíndice del valor referido ± desviación estándar comparadas en la misma fila indican diferencia estadística significativa (P<0.05) entre tratamientos.

\*\*\*Promedio de temperatura en grados centígrados por periodo. N= 4 máquinas HB 1583.

**Cuadro 19.** Condiciones ambientales registradas en la sala a partir del primer día de incubación de huevos de Codorniz (*Coturnix coturnix japonica*) incubados con ventilación restringida durante la primera mitad del desarrollo embrionario.

---

**CONDICIONES AMBIENTALES**

---

Día incubación	deO <sub>2</sub> (%)	CO <sub>2</sub>	(ppm) Humedad (%)	Relativa Temperatura (°C)
Día 1	20,6 ± 0.0 <sup>A*</sup>	380 ± 87.55 <sup>A</sup>	26.25 ± 1.71 <sup>BCDE</sup>	26.12 ± 0.85 <sup>A</sup>
Dia 2	20.55 ± 0.05 <sup>A</sup>	425 ± 152.86 <sup>AB</sup>	44.5 ± 3 <sup>ABCD</sup>	26.5 ± 1.29 <sup>A</sup>
Dia 3	20.4 ± 0.20 <sup>A</sup>	327.5 ± 73.65 <sup>AB</sup>	44.75 ± 3.77 <sup>AB</sup>	26.75 ± 0.95 <sup>A</sup>
Dia 4	20.5 ± 0.0 <sup>A</sup>	335 ± 73.65 <sup>AB</sup>	49.37 ± 3.81 <sup>A</sup>	26.5 ± 1.0 <sup>A</sup>
Dia 5	20.4 ± 0.27 <sup>A</sup>	317.5 ± 122.57 <sup>AB</sup>	51.75 ± 1.25 <sup>ABCDE</sup>	26.25 ± 1.89 <sup>A</sup>
Dia 6	20.5 ± 0.08 <sup>A</sup>	302.5 ± 147.05 <sup>AB</sup>	47.37 ± 4.75 <sup>ABCDE</sup>	25.27 ± 0.75 <sup>A</sup>
Dia 7	20.57 ± 0.05 <sup>A</sup>	365 ± 142.71 <sup>AB</sup>	54.75 ± 1.5 <sup>AB</sup>	24.0 ± 0.81 <sup>A</sup>
Dia 8	20.32 ± 0.37 <sup>A</sup>	430 ± 159.79 <sup>B</sup>	52.75 ± 4.57 <sup>ABCDE</sup>	24.25 ± 0.96 <sup>A</sup>
Dia 9	20.4 ± 0.18 <sup>A</sup>	470 ± 259.74 <sup>AB</sup>	54.5 ± 1.15 <sup>ABCDE</sup>	24.0 ± 0.41 <sup>A</sup>
Dia 10	20.3 ± 0.16 <sup>A</sup>	407.5 ± 224.4 <sup>B</sup>	53 ± 1.15 <sup>ABCDE</sup>	23.87 ± 0.85 <sup>A</sup>
Dia 11	20.47 ± 0.05 <sup>A</sup>	412.5 ± 205.13 <sup>AB</sup>	56.25 ± 2.5 <sup>CDE</sup>	23.35 ± 0.51 <sup>A</sup>
Dia 12	20.5 ± 0.08 <sup>A</sup>	472.5 ± 181.17 <sup>AB</sup>	52.75 ± 2.22 <sup>ABC</sup>	23.75 ± 0.87 <sup>A</sup>
Dia 13	20.47 ± 0.12 <sup>A</sup>	542.5 ± 133.26 <sup>AB</sup>	57.5 ± 2.38 <sup>ABC</sup>	23.62 ± 0.47 <sup>A</sup>
Dia 14	20.32 ± 0.15 <sup>A</sup>	602.5 ± 272.8 <sup>AB</sup>	87.75 ± 9,32 <sup>DE</sup>	22.12 ± 0.25 <sup>A</sup>

---

\*Literales diferentes en superíndice al valor referido ± desviación estándar comparadas entre cada día del periodo de incubación por columna indican diferencia estadística significativa (P<0.05). N=4 máquinas Hova Bator 1583.



**Cuadro 20.** Peso de órganos de guarnigones de Codorniz (*Coturnix coturnix japonica*) incubados con ventilación restringida durante la primera mitad del desarrollo embrionario.

<b>Órgano</b>	<b>Ventilación limitada (g)</b>	<b>Ventilación estándar (g)</b>
Saco Vitelino	1.01 ± 0.34 <sup>A**</sup>	1.13 ± 0.29 <sup>A</sup>
Canal	8.48 ± 0.52 <sup>A</sup>	8.62 ± 0.72 <sup>A</sup>

\* Se restringió la ventilación durante los primeros 8 días del desarrollo embrionario.  
 \*\*Literales diferentes en superíndice del valor referido ± desviación estándar comparadas en la misma fila indican diferencia estadística significativa ( $P < 0.05$ ) entre tratamientos. N= 4 máquinas HB 1583.

**Tabla 1.** Evaluación de pollitos.

<b>PARÁMETRO A EVALUAR</b>	<b>ESCALA DE CALIFICACIÓN</b>	<b>FORMA DE EVALUAR</b>
<b>1.- ACTIVIDAD DEL POLLITO</b>	Buena (se levanta rápidamente)= 8 Débil (tarda mucho)= 4 Muy débil (permanece postrado)= 0	Se coloca al pollito en decúbito dorsal sobre una superficie plana y se mide el tiempo en el que se levanta.
<b>2.- APARIENCIA DEL POLLITO</b>	Limpio y seco= 8 Húmedo= 4 Húmedo y sucio= 0	Se evalúa la condición del plumón del ave.
<b>3.- CONDICIÓN OCULAR</b>	Abiertos con brillo= 8 Abiertos y sin brillo= 4 Cerrados= 0	Se evalúa la condición ocular de los pollitos.
<b>4.- CONDICIÓN DE PIERNAS</b>	Pies y piernas normales= 8 Una edematosa= 4 Ambas edematosas con sx plenos de inflamación= 0	Se toma al pollito con una mano para exponer las patas y se revisa su condición.
<b>5.- EVALUACIÓN DE OMBLIGOS</b>	Completamente cerrado y limpio= 10 No cerrado completamente= 4 Sin cerrar y con botón= 0	Se sostiene al pollito para exponer la cicatriz umbilical y evaluar su condición.
<b>6.- SACO VITELINO RESIDUAL</b>	Sin SVR aparente (poco)= 8 Mediano= 4 Grande= 2 Muy grande (distendido)= 0	Se palpa el abdomen del pollito para evaluar el tamaño de este.
<b>7.- REMANENTES DE MEMBRANAS</b>	Sin remanentes= 8 Pequeñas= 4 Grande= 2 Muy grande con yema= 0	Se revisa el ombligo para evaluar la presencia y cantidad de membranas.
<b>8.- LONGITUD DEL POLLITO</b>	De 19 a 20 cm= 10 De 16 a 19cm= 4 Menor a 16cm= 0	Se utiliza una regla graduada en cm y se estira al pollito sobre ésta, se mide desde la punta de la falange del dedo medio, sin uña, hasta la punta del pico.
<b>9.- ASPECTO DE CLOACA</b>	Limpia= 8 Húmeda= 4 Pastosa= 0	Se revisa la cloaca del pollito para verificar su condición.
<b>10.- ESTADO DE METATARSO Y DEDOS</b>	Normales= 8 Ligeramente torcidos= 4 Torcidos= 0	Se coloca al pollito de pie sobre una superficie plana y se evalúan los dedos.
<b>11.- PESO CORPORAL</b>	>42g= 8 38-42g= 4 <38g= 0	Se pesa al pollito con una balanza y posteriormente se clasifica.
<b>12.- DESHIDRATACIÓN</b>	Nula= 8 Intermedia= 4 Excesiva= 0	Se evalúa el nivel de deshidratación por medio de la vena tarsiana, si es muy aparente la deshidratación es mayor.

**Tabla 2.** Evaluación de guarnigones.

<b>PARÁMETRO A EVALUAR</b>	<b>ESCALA DE CALIFICACIÓN</b>	<b>FORMA DE EVALUAR</b>
<b>1.- ACTIVIDAD DEL GUARNIGÓN</b>	Buena (se levanta rápidamente)= 8 Débil (tarda mucho)= 4 Muy débil (permanece postrado)= 0	Se coloca al guarnigón en decúbito dorsal sobre una superficie plana y se mide el tiempo en el que se levanta.
<b>2.- APARIENCIA DEL GUARNIGÓN</b>	Limpio y seco= 8 Húmedo= 4 Húmedo y sucio= 0	Se evalúa la condición del plumón del ave.
<b>3.- CONDICIÓN OCULAR</b>	Abiertos con brillo= 8 Abiertos y sin brillo= 4 Cerrados= 0	Se evalúa la condición ocular de los guarnigones.
<b>4.- CONDICIÓN DE PIERNAS</b>	Pies y piernas normales= 8 Una edematosa= 4 Ambas edematosas con sx plenos de inflamación= 0	Se toma al guarnigón con una mano para exponer las patas y se revisa su condición.
<b>5.- EVALUACIÓN DE OMBLIGOS</b>	Completamente cerrado y limpio= 10 No cerrado completamente= 4 Sin cerrar y con botón= 0	Se sostiene al guarnigón para exponer la cicatriz umbilical y evaluar su condición.
<b>6.- SACO VITELINO RESIDUAL</b>	Sin SVR aparente (poco)= 8 Mediano= 4 Grande= 2 Muy grande (distendido)= 0	Se palpa el abdomen del guarnigón para evaluar el tamaño de este.
<b>7.- REMANENTES DE MEMBRANAS</b>	Sin remanentes= 8 Pequeñas= 4 Grande= 2 Muy grande con yema= 0	Se revisa el ombligo para evaluar la presencia y cantidad de membranas.
<b>8.- LONGITUD DEL GUARNIGÓN</b>	De 10 a 11 cm= 10 De 8 a 10cm= 4 Menor a 8cm= 0	Se utiliza una regla graduada en cm y se estira al guarnigón sobre ésta, se mide desde la punta de la falange del dedo medio, sin uña, hasta la punta del pico.
<b>9.- ASPECTO DE CLOACA</b>	Limpia= 8 Húmeda= 4 Pastosa= 0	Se revisa la cloaca del guarnigón para verificar su condición.
<b>10.- ESTADO DE METATARSO Y DEDOS</b>	Normales= 8 Ligeramente torcidos= 4 Torcidos= 0	Se coloca al guarnigón de pie sobre una superficie plana y se evalúan los dedos.
<b>11.- PESO CORPORAL</b>	>10g= 8 8-10g= 4 <8g= 0	Se pesa al guarnigón con una balanza y posteriormente se clasifica.
<b>12.- DESHIDRATACIÓN</b>	Nula= 8 Intermedia= 4 Excesiva= 0	Se evalúa el nivel de deshidratación por medio de la vena tarsiana, si es muy aparente la deshidratación es mayor.