



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias**  
**de la Producción y de la Salud Animal**

**Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia**

**“EFECTO DE LA RESTRICCIÓN EN LA VENTILACIÓN DURANTE LA  
INCUBACIÓN DE HUEVOS PROVENIENTES DE AVES REPRODUCTORAS  
PESADAS, SOBRE SU DESARROLLO EMBRIONARIO Y SUSCEPTIBILIDAD  
AL SÍNDROME ASCÍTICO”.**

**TESIS QUE PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS  
PRESENTA:**

**RAÚL ALBERTO MARTÍNEZ ESTRADA**

**TUTOR:**

**M.V.Z M.C. Marco Antonio Juárez Estrada**  
**Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, U.N.A.M.**

**Comité Tutorial**

**M.V.Z MSc. Ernesto Ávila González**  
**Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción**  
**Avícola (C.E.I.E.P.Av.) U.N.A.M.**

**Ph. D. Mariano de Jesús González Alcorta**  
**Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias de la Producción y de**  
**la Salud Animal.**

**México, D.F.**

**Octubre 2014**



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.

## CONTENIDO:

	<b>Página</b>
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	3
I. INTRODUCCIÓN.....	5
II. HIPÓTESIS.....	12
III. OBJETIVOS.....	12
IV. OBJETIVOS PARTICULARES.....	12
V. MATERIAL Y MÉTODOS.....	14
VI. RESULTADOS.....	24
VII. DISCUSIÓN.....	38
VIII. CONCLUSIÓN.....	53
IX. REFERENCIAS.....	54
X. GRAFICOS Y CUADROS.....	65
XI. GLOSARIO.....	93

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres Jorge Alfredo y María Belén por alentarme, darme su apoyo, cariño y confianza durante todo este tiempo.

A mis abuelitos Raúl Martínez Jiménez (Q.D.E.P.) y Elena Vargas Ruiz por brindarme un techo y cariño para seguir adelante.

A mi tía Rosalinda, gracias a ti he podido cumplir todas las metas que me he propuesto.

A mí prometida Veronica por toda su ayuda, apoyo y comprensión durante toda esta etapa de mi vida.

A mi amigo Marco Polo (Q.D.E.P.) el cual no pudo ver finalizada mi formación académica, siempre me animo para seguir adelante y recuerdo con mucho cariño.

Al buen Erick por su gran amistad, apoyo y paciencia durante las clases de licenciatura y maestría, así como en la realización de los proyectos para esta obtención de grado.

A mi tutor principal el MVZ. MC. Marco Antonio Juárez Estrada por todo su apoyo, consejos, paciencia y confianza brindada desde siempre para seguir adelante.

Al programa de becas de Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (**CONACYT**) por darme la oportunidad de realizar los estudios de posgrado.

A la **D.G.A.P.A.- U.N.A.M.** por el apoyo financiero para la realización del presente estudio a través del proyecto **PAPIIT IN 220909-3 “Evaluación del incremento de CO<sub>2</sub> en la etapa temprana de incubación sobre el desarrollo embrionario en aves domésticas”**.

A la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ) por darme la oportunidad de adquirir una formación profesional y de llegar a mas al poder estudiar un posgrado.

## RESUMEN

### **Efecto de la restricción en la ventilación durante la incubación de huevos provenientes de aves reproductoras pesadas, sobre su desarrollo embrionario y susceptibilidad al síndrome ascítico**

Se evaluó el efecto de la ventilación restringida (VR) sobre el desarrollo embrionario (DE) del pollo de engorda durante la primera mitad de la incubación así como su posterior susceptibilidad al síndrome ascítico mediante la realización de 5 experimentos, se utilizaron huevos fértiles con distinto grado de conductancia del cascarón, provenientes de gallinas reproductoras pesadas (Ross 308) de 53, 48, 34, 40.5 y 54 semanas y fueron incubados a 2,230 msnm. En el primer estudio se utilizaron 252 huevos, los cuales se almacenaron durante cinco días y posteriormente se clasificaron en 3 grupos de acuerdo con la pérdida de peso de cada huevo a partir de su masa inicial; el 25% que perdieron menos peso se clasificaron como huevos de conductancia baja (CL), el 50% de los huevos cuya pérdida de peso se ubicó dentro del rango intercuartílico se clasificaron como de conductancia media (CM) y el 25% que perdieron mayor peso se clasificaron como de conductancia alta (CH). Se formaron dos subgrupos experimentales a los cuales se les aplicó una cutícula artificial elaborada mediante un liofilizado de albúmina al 1% ó al 2%, y un subgrupo sin cutícula fungió como control, cada uno consideró los 3 niveles de conductancia del cascarón (G). Se analizó el efecto de la cutícula artificial al 1% y 2% sobre el desarrollo embrionario (DE), el peso del embrión y del saco vitelino (SV), peso del corazón, intestino, bazo, y la relación entre el peso del corazón y el embrión, se observó que en general, los embriones y las estructuras embrionarias provenientes de huevos con cutícula al 2% presentaron un peso inferior en comparación con los otros dos grupos. En el segundo estudio se utilizaron 504 huevos, se almacenaron 60 horas y se clasificaron en 3 niveles de (G) de acuerdo con el criterio utilizado en el primer estudio, la mitad de los huevos se incubaron mediante un protocolo de ventilación restringida (VR), la cual incrementó la concentración de bióxido de carbono [CO<sub>2</sub>] a 9,000 ppm al día 10 del DE, como control se utilizó un grupo con ventilación estándar (VE); a partir del día 10 las dos incubadoras trabajaron bajo condiciones de VE. La incubabilidad, natalidad y calidad del pollito fueron mayores (P<0.05) en el grupo de VR. La mortalidad embrionaria (ME) en la etapa I fue mayor (P<0.05) en los grupos de CH y CL del sistema de VE, mientras que fue mayor (P<0.05) en el grupo de CM de VR., en la ME II hubo diferencias significativas en la conductancia alta siendo la de VR mayor (P<0.05) que la de VE y en la conductancia media esta fue mayor (P<0.05) VE, en la ME III y IV fue mayor (P<0.05) los resultados de CH en VE. En este estudio se midió el índice de hipertrofia cardíaca derecha (IHCD) sin diferencia aparente entre sistemas de ventilación. En el tercer estudio se utilizaron 504 huevos, se realizó el mismo manejo y clasificación que en el segundo estudio, se alcanzó una [CO<sub>2</sub>] de 11,500 ppm al día 10 DE en el grupo de VR; se determinaron los parámetros de incubabilidad, ME, calidad del pollito a la eclosión, IHCD, además de 2 mediciones cardíacas adicionales: área del corazón e índice de forma cardíaca (IFC). En el grupo de VR se obtuvieron pollitos de mayor longitud, calidad a la eclosión y disminución de la ME en las etapas III y IV (P<0.05), no hubo diferencias en el IHCD, el área del corazón fue mayor (P<0.05) en la VE y el IFC fue mayor (P<0.05) en el sistema de VR. En cuanto a los niveles de conductancia la CL es mayor (P<0.05) que la CH mientras que la CM no difirió de las dos.

En el cuarto estudio se utilizaron 504 huevos los incubados en VR alcanzaron una  $[CO_2]$  de 12,100 ppm al día 10 DE, se obtuvo la pérdida de peso al día 10 y se clasificaron en 3 grupos de acuerdo con el nivel de (G) utilizado en el primer estudio. Los huevos de CM y CL presentaron mejores parámetros de incubabilidad, natalidad y la ME fue mayor en CM, el área del corazón es mayor en CM, difiere de la CH y esta a su vez es diferente de la CL ( $P<0.05$ ), mientras que el IFC fue mayor ( $P<0.05$ ) en la CM que en CL y CH, entre estas no hubo diferencia. En el quinto estudio se utilizaron 504 huevos, de los cuales 252 se incubaron con un sistema de VR la cual alcanzó una  $[CO_2]$  de 12,000 ppm al día 10 DE, se clasificaron en 3 niveles de conductancia de acuerdo con el mismo criterio utilizado en el estudio previo, los parámetros de incubabilidad y natalidad fueron mejores en el sistema de VR particularmente en las conductancias CM y CL, la ME I fue mayor ( $P<0.05$ ) en el sistema VE en las 3 conductancias, la ME II fue mayor en el sistema de VE en CL; la ME III fue mayor ( $P<0.05$ ) en la CM del sistema VR, para ME IV no se observó diferencias entre los sistemas de ventilación ni en los niveles de conductancia. En los parámetros de los pollitos neonatos no hubo diferencia entre los sistemas de ventilación, la glucosa, ác. úrico, glutamin deshidrogenasa (GLDH) y aspartato aminotransferasa (AST) fueron mayores ( $P<0.05$ ) en la VR mientras que la albúmina, proteínas totales y creatinina quinasa CK presentaron niveles mayores ( $P<0.05$ ) en el sistema de VE. En los parámetros productivos se observó que el peso del pollo fue mayor ( $P<0.05$ ) en el sistema de VR durante las primeras 5 semanas, el peso del corazón fue mayor ( $P<0.05$ ) en el sistema de VE durante la 4<sup>a</sup> y 5<sup>a</sup> semanas, y el peso del ventrículo derecho solo fue mayor durante la 5<sup>a</sup> semana. La presencia de ascitis fue detectada de la tercera hasta la quinta semana con mayor incidencia ( $P<0.05$ ) en los pollos de engorda del sistema de VE. Podemos concluir que la VR en general mostró un efecto favorable sobre los parámetros de incubación en huevos de pollo de engorda, especialmente en los provenientes de gallinas reproductoras viejas, con una diferencia en el nivel de conductancia del cascarón del huevo fértil, en el cual la conductancia del cascarón podría influir en la trayectoria del desarrollo embrionario de acuerdo a la edad de las aves reproductoras de donde proviene el huevo fértil.

**Palabras clave: VENTILACIÓN RESTRINGIDA, CONDUCTANCIA DEL CASCARON (G), INCUBABILIDAD, DESARROLLO EMBRIONARIO, SÍNDROME ASCÍTICO.**

## **ABSTRACT**

### **Effect of restriction in ventilation during incubation of eggs from broiler breeder birds, embryonic development and susceptibility to ascites syndrome**

The effect of restricted ventilation (RV) was evaluated on the embryonic development (ED) on the broiler during the first half of the hatching as for the late susceptibility to the ascitic syndrome through the performance of 5 experiments, fertile eggs with distinct levels of shell conductance were used, coming from heavy breeding hens (Ross 308) of 53, 48, 34, 40.5 and 54 weeks and were incubated at 2,230 msnm. In the first study 252 eggs were used, that were stored for five days and eventually were classified in three groups according to the weight loss of each egg respect to their initial mass; 25% that suffered a small amount of weight were classified as low conductance eggs (LC), 50% placed in the interquartile rank according to their weight loss were classified as mid conductance (MC) and 25% that lost the higher amount were considered as high conductance (HC). Two experimental sub-groups were formed on which an artificial cuticle was applied elaborated through an albumin lyophilized on 1% or at 2%, and a sub-group without cuticle was taken as control group, each of them considered the three levels of shell conductance (G). The effect on the artificial cuticle at 1% and 2% was analyzed on the embryonic development (ED), the embryo weight and the yolk sack (YS), weight of the heart, intestine, spleen, and the relation of weight between heart and embryo, it was observed that in general, embryos and embryonic structures coming from eggs on 2% cuticle presented an inferior weight compared to the other two groups. In the second study 504 eggs were used, were stored for 60 hours and were classified in 3 levels of (G) according to the criteria used in the first study, half of the eggs did hatch through a protocol of restricted ventilation (RV), which increased carbon dioxide concentration [CO<sub>2</sub>] to 9000 ppm at day 10 of the ED, as control, a group with standard ventilation was used (SV); starting from day 10 the two incubators worked under SV conditions. Hatchability, Birth and chicken quality were higher ( $P < 0.05$ ) in the RV group. The Embryonic Mortality (EM) on the stage 1 was higher ( $P < 0.05$ ) in the groups of HC and MC in the SV system, whilst it was higher ( $P < 0.05$ ) in the group of MC at RV. In the EM II there were some significant differences in the high conductance being RV higher ( $P < 0.05$ ) than the SV and in the mid conductance it was higher ( $P < 0.05$ ) SV, in the EM III and IV it was higher ( $P < 0.05$ ) the results of HC in SV. On this study the index of right cardiac hypertrophy (RCIH) with no significant difference among ventilation systems. On the third study 504 eggs were used, and the same management and clasification as in the second study was used, a [CO<sub>2</sub>] of 11,500 ppm was reached at the day 10 of ED in the RV group, the parameters of hatchability, EM, quality of the chicken on hatching, (RCIH), beside of two additional cardiac measurements: heart area and cardiac shape index (CSI).

In the RV group longer chickens were obtained, with quality on hatching and diminishing of EM on the stages III and IV ( $P < 0.05$ ), there were no differences in the RCHI, the heart area was bigger ( $P < 0.05$ ) in the SV and the CSI was higher ( $P < 0.05$ ) on the RV system. About the conductance levels, the LC is higher ( $P < 0.05$ ) than the HC while the MC didn't differ from both.

On the fourth study 504 eggs were used, the ones hatched on RV reached a [CO<sub>2</sub>] of 12,100 ppm on day 10 ED, a loss of weight was obtained on day 10 and were classified on 3 groups according to the G level used on first study. The eggs of MC and LC presented better hatchability and birth parameters, and the EM was higher on MC, the heart area is higher on MC, differs from the HC and this is different from LC ( $P < 0.05$ ), while the CSI was higher ( $P < 0.05$ ) in the MC than in HC and LC, among them there was no difference. In the fifth study 504 eggs were used, from which, 252 were incubated with a RV system which reached a [CO<sub>2</sub>] of 12,000 ppm on day 10 of ED, 3 levels of conductance were classified according to the same criteria used on the previous study, the hatchability and birth parameters were better on the RV system, particularly on the MC and HC, the EM I was higher ( $P < 0.05$ ) on the SV system in the three conductances, the EM II was higher on the system of SV in LC, the EM III was higher ( $P < 0.05$ ) on the MC of the RV system, for EM IV there were no differences between ventilation systems nor conductance levels. On the parameters of new born chickens there was no difference among ventilation systems, glucose, uric acid, glutamine dehydrogenase, (GLDH) and aspartate aminotransferase (AST) were higher ( $P < 0.05$ ) in the RV while the albumine, total protein and creatinine kinase (CK) presented higher levels ( $P < 0.05$ ) in the Standard Ventilation system. In the productive parameters was observed that the weight of the chicken was higher ( $P < 0.05$ ) in the RV system during the first 5 weeks, the weight of the heart was higher ( $P < 0.05$ ) in the SV for the fourth and the fifth weeks, and the weight of the right ventricle was only higher during the fifth week. The presence of ascite was detected from the third to the fifth week with a higher incidence ( $P < 0.05$ ) on broilers of the SV system. We may conclude that the RV in general showed a favorable effect on broiler eggs hatching parameters, mainly in those coming from old breeding hens, with a difference in the conductance level of the shell of the fertile egg, on which the conductance of the shell could be an influence on the trajectory of the embryonic development according to the age of the breeding birds from which the fertile egg is coming.

**Keywords: NON- VENTILATION, G= EGG SHELL CONDUCTANCE, HATCHABILITY, EMBRYONIC DEVELOPMENT, ASCITES SYNDROME.**



## I. INTRODUCCIÓN

La avicultura es la actividad pecuaria más importante en México, pues durante el año 2013 tuvo una participación del 63% del Producto Interno Bruto pecuario (U.N.A. 2014). El desarrollo tecnológico ha permitido optimizar todas las áreas que conforman la avicultura y la incubación artificial es uno de los puntos clave a los cuales debe gran parte de su éxito. El panorama de la incubación ha cambiado a la par del avance en aspectos como el mejoramiento genético paulatino en las estirpes aviares actuales, la forma y esquema de alimentación, el control en el manejo ambiental cada vez más efectivo de las casetas de crianza y producción, las medidas de bioseguridad y sanidad corporativa que han logrado la contención y prevención de las principales enfermedades aviares, lo cual, junto con una eficaz administración ligada a la incorporación creciente de tecnología basada en el control computacional, han conducido a la obtención de pollitos de excelente calidad con un mejor arranque del proceso productivo desde la eclosión.

Es evidente que año tras año los esquemas de mejoramiento genético han producido aves que muestran un comportamiento fisiológico diferente al de sus predecesoras, esto es cada vez más evidente en las estirpes pesadas de alta conformación productoras de los pollos de engorda con alta tasa de crecimiento. Un claro ejemplo es que de 1988 a 1998 se logro reducir el tiempo de engorda en la estirpe Ross en 10 días para alcanzar los 2 kilogramos de peso (Janke et al, 2004), por lo que actualmente los pollos de engorda son capaces de obtener el mismo peso que el obtenido en los ejemplares de las razas que les dieron origen en tan solo una tercera parte del tiempo (Havenstein et al., 2003). Sin embargo, mientras que el peso requerido de los pollos de engorda en las granjas se obtiene en menor tiempo, los embriones que dan origen a estas aves siguen requiriendo el mismo periodo de 21 días de incubación, por lo que, el porcentaje de la vida del ave en el interior de la incubadora se ha incrementado considerablemente. Cunningham, (2006) menciona que en 1980 los pollos de engorda tardaban en promedio 60.79 días para alcanzar un peso de 2 kg, mientras que en el 2002 llegaban a ese peso en únicamente 40.85 días, sin embargo, el tiempo de incubación continúa siendo de 21 días, lo cual representa alrededor del 34% del tiempo total del ciclo productivo, mientras que en el año de 1980 la incubación representaba entre 20 y 25% de dicho ciclo.

Diversos estudios han probado que el parámetro físico más importante que influye sobre el desarrollo embrionario (DE) durante la incubación es la temperatura, algunos investigadores han descrito que la ventilación tienen un efecto específico sobre la temperatura a nivel del cascarón del huevo durante la incubación, por lo cual una de las principales relaciones que deben estudiarse es el efecto que muestra el tipo de flujo de aire alrededor del cascarón bajo condiciones de ventilación restringida y la temperatura del huevo fértil durante la etapa primaria de la incubación (French, 1997; Christensen et al., 2005; Lourens et al., 2005; Joseph et al., 2006; Brannan, 2007)

Se ha observado que metabólicamente los requerimientos de temperatura de incubación para los embriones han variado paulatinamente, ya que el embrión al provenir de aves seleccionadas por su alta conformación tienen una mayor tasa metabólica, lo cual genera una mayor producción de calor y este aumenta conforme avanza la edad del embrión, se ha constatado que esta situación se acentúa cuando el peso del huevo aumenta progresivamente durante el ciclo de producción, por lo cual sus requerimientos de temperatura muestran un patrón de cambio conforme el periodo de incubación avanza, cuando eclosiona e incluso cuando el pollito inicia su periodo de crianza y desarrollo (French, 1997; Tona et al., 2004; Yildirim y Aygün, 2004; Collin et al., 2005; Lourens et al., 2006).

Se ha observado que la interrelación entre los requerimientos de temperatura y humedad ambiental a lo largo del periodo de incubación muestran también un perfil de cambio, pero si se logra efectuar adecuadamente este manejo, se evidencian mejoras en la incubación. Las condiciones ambientales de incubación deben ser adecuadas, constantes y con un margen de error mínimo, ya que, por ejemplo, la humedad relativa alta junto con una variabilidad en la temperatura del interior de la incubadora, pueden causar efectos perjudiciales sobre el desarrollo embrionario y en los pollitos al nacimiento (Wilson et al., 1991; Bruzual et al., 2000; Christensen et al., 2005).

Así mismo la calidad del huevo fértil es importante, un papel que condiciona ésta es precisamente la conductancia del cascarón (G), la cual debe ser adecuada, para que junto con las condiciones ambientales favorezcan un apropiado intercambio gaseoso que se traduzca en un mejor crecimiento embrionario y como consecuencia permitan obtener pollitos de alta calidad (Burnham et al., 2001; Peebles et al., 2001; Tona et al., 2003).

Investigaciones recientes indican que una mayor concentración de CO<sub>2</sub> [CO<sub>2</sub>] en las etapas tempranas del desarrollo embrionario aumenta la tasa de viabilidad de los embriones, en algunas líneas genéticas de reproductoras pesadas existe una mejora en los parámetros de incubación de hasta 10% más que en los embriones incubados bajo condiciones estándar de ventilación; además, se ha informado que no existe ningún efecto negativo en el desarrollo de los diferentes órganos, hay incremento del cortisol plasmático, así como, aumento de la relación hormonal triyodotironina (T3)/ tiroxina (T4) y disminución en el tiempo de eclosión de los pollitos, dando como consecuencia una reducción en la ventana de nacimientos, por lo cual se obtiene un mayor número de pollitos de mejor calidad que presentan un mejor rendimiento durante su vida productiva (De Smit et al., 2006; Bruggeman et al., 2007; Willemsen et al., 2008).

Otros estudios mencionan que una concentración de oxígeno [O<sub>2</sub>] menor al 21% durante las primeras 48 horas de DE inducen hipoxia, lo cual genera cambios morfológicos importantes durante el desarrollo tardío del embrión, tales como hipertrofia cardiaca del ventrículo derecho e izquierdo un poco antes del nacimiento, malformaciones en la arteria aorta, arterias pulmonares y disminución del lumen en las mismas (Burton y Smith, 1967; Chan y Burggren, 2005).

Como consecuencia de lo anterior, se han presentado cambios en las concentraciones de los diversos componentes sanguíneos, entre los que comúnmente se ha descrito eritrocitosis relativa (Burton y Smith, 1967; Burton et al., 1969; Barman et al., 1983; Geyra et al., 2001; Chan y Burggren, 2005). Dichos cambios hematológicos en las aves aparentemente se encuentran ligados a la presencia de síndrome ascítico en el pollo de engorda durante la etapa productiva (Paasch, 1991; Julián, 1993).

La ascitis es un desorden metabólico importante que afecta la industria del pollo de engorda (De Smith et al., 2005). Este síndrome es una enfermedad grave y de importancia económica, ya que tiene un impacto negativo en el bienestar de los animales, lo cual deriva en un aumento de la mortalidad en pollos de engorda (Pakdel et al., 2002).

La etiología del síndrome ascítico aún no ha sido determinada exactamente, se cree que es multifactorial (Shlosberg et al., 1992). Chimene et al., (1995) mostraron que las líneas de pollo de engorda seleccionadas para una alta capacidad de crecimiento combinada con una conversión alimenticia baja son más susceptibles a la incidencia de ascitis que las líneas de crecimiento más lento.

Existe un incremento de ascitis en climas fríos independientemente de la altitud (Huchzermeyer y De Ruyck, 1986; Fitz-Coy y Hartner- Dennis, 1988; Julián, 1993; Julián, 2005). Aunque el pico de incidencia de ascitis se produce entre la semana 5 y 6 del periodo de crecimiento, las causas multifactoriales de la etiología se pueden remontar a la etapa embrionaria (Coleman y Coleman, 1991).

La adaptación epigenética se produce de manera innata, pero no es fija, es decir, se produce mediante cambios en la expresión genómica de acuerdo a la exposición ante ambientes específicos (Nichelmann et al., 1999; Tzschentke et al., 2001; Yahav et al., 2004). En el curso de la ontogenia prenatal o postnatal temprana que es cuando la adaptación epigenética ocurre, los efectos ambientales pueden tener una fuerte influencia en el ajuste de los controles de retroalimentación de los sistemas fisiológicos (Dörner, 1974). Por lo tanto, se han planteado la hipótesis de que en el DE los cambios ambientales que inducen condiciones de hipoxia e hipercapnia pueden jugar un papel importante en la interacción genotipo – medio ambiente y dar lugar a una mayor susceptibilidad a ascitis, como realmente sucede en pollos de engorda eclosionados a baja altitud y criados a grandes alturas s.n.m. (Decuypere, 2002; Hassanzadeh et al., 2004, 2008; Bahadoran et al., 2010).

El oxígeno es un componente indispensable en el metabolismo energético. Los pollos de engorda utilizan la energía para la termorregulación, la actividad o el crecimiento, y cualquier forma de utilización de energía requiere consumo de oxígeno. La presión parcial de oxígeno disminuye al aumentar la altitud s.n.m.. A nivel del mar, la [O<sub>2</sub>] equivale a 20.9% y este porcentaje, aunado a la cantidad de partículas por metro cúbico, desciende aproximadamente 1% por cada 5,000 m.s.n.m.

La disminución de la tensión de oxígeno o aumento de los requerimientos de este puede crear condiciones de hipoxia en los tejidos lo que produce un efecto en el tono vasomotor pulmonar, el cual puede conducir a la presentación de un cuadro de hipertensión pulmonar (Wideman y French, 2000).

La alta demanda metabólica, junto con una menor disponibilidad de oxígeno, puede conducir a la hipoxia, hipoxemia y anoxia (Scheele et al., 1992; Julián, 1993). El intercambio de oxígeno y dióxido de carbono es fundamental para el DE durante la incubación, junto con otros factores como la temperatura, humedad relativa, ventilación y el volteo., Dichas variables físicas deben ser controladas en la incubadora, pues en caso contrario pueden afectar negativamente la viabilidad del embrión, así como su desarrollo, el picaje interno y externo del cascaron, y, por ende, la capacidad de eclosión, además de la funcionalidad y el desarrollo posterior., (Decuyper et al., 2001; Tona et al., 2005).

Las diferencias en los requerimientos de oxígeno las líneas de rápido y lento crecimiento están asociadas con una mayor presencia de hipertrofia del ventrículo derecho (HVD) y ascitis en las líneas de rápido crecimiento (Peacock et al., 1990). Los huevos que se incubaron en un entorno con una alta  $[CO_2]$  durante la última semana y / o a los primeros 10 días de incubación nacieron antes que los incubados en un ambiente con niveles normales de  $CO_2$ . (Buys et al., 1998; Hassanzadeh et al., 2002; Decuyper et al., 2006; De Smit et al., 2005, 2006).

Además, los pollos que durante su etapa embrionaria fueron incubados en un medio ambiente con un aumento en las concentraciones de  $CO_2$  mostraron una menor incidencia de ascitis durante el período de crecimiento, por lo tanto, los niveles elevados de  $CO_2$  podrían disminuir la duración de una condición hipóxica del embrión. Hassanzadeh et al., (2002) Observaron que los huevos incubados en un medio ambiente con una concentración relativamente alta de dióxido de carbono y con alta altitud (2,100 m.s.n.m.) durante los primeros días de la incubación presentaron una eclosión temprana, mayor porcentaje de eclosiones y una menor incidencia al síndrome ascítico en el período de crecimiento en comparación con un grupo incubado en condiciones estándar.

De Smit et al., (2006) mostraron que un protocolo de ventilación restringida durante los primeros 10 días de incubación con aumento gradual de la concentración de dióxido de carbono hasta 15,000 ppm en la incubadora, tiene efectos positivos sobre el desarrollo embrionario.

Este aumento en la concentración de dióxido de carbono parece modificar el funcionamiento de algunos sistemas fisiológicos relacionados con el desarrollo embrionario, cuyos efectos persisten durante todo el período de incubación, incluso después de que se restituye la ventilación normal.

Sadler et al., (1954) Explicaron que el impacto positivo de dióxido de carbono es el resultado de la disminución del pH de la albúmina, al modificar el equilibrio ácido-base, lo que podría ocasionar una aceleración en la ruptura de la membrana chalazifera y pérdida en la dureza de la albúmina densa, lo cual favorece la formación del líquido sub embrionario y por ende el transporte de nutrientes y O<sub>2</sub> hacia el embrión. Otra posible explicación es el inicio temprano de la expresión de enzimas dependientes del pH, como anhidrasa carbónica, la cual está implicada en la formación de fluido embrionario, la cual es un evento crucial en los primeros días de DE (Deeming, 1989).

Adicionalmente, la cortisona y las hormonas tiroideas están involucrados en la preparación para el proceso de picaje y la eclosión en embriones de pollo, (Decuyper et al., 1991; Tona et al., 2007) son importantes para la regulación de la tasa metabólica durante el periodo después de la eclosión (Decuyper et al., 2000) y están básicamente vinculadas con la susceptibilidad a ascitis en pollos de engorda (Hassanzadeh et al., 2004; De Smit et al., 2008; Bahadrona et al., 2010).

Las hormonas tiroideas se sabe que juegan un papel importante en la duración del proceso de incubación, pues están implicadas en la transición de la respiración alantoidea a la respiración pulmonar. (Decuyper et al., 1991; Buys et al., 1998; Hassanzadeh et al., 2004; De Smit et al., 2006, 2008)

Los altos niveles de corticosterona en los huevos incubados a una gran altitud podrían haber acelerado la conversión de T4 a T3 favoreciendo así el picaje del huevo y la eclosión temprana.

La actividad de las hormonas tiroideas para regular el metabolismo podría ser más evidente en diferentes condiciones ambientales, en la crianza de pollos de engorde a gran altitud, así como con el consumo de diferentes dietas. (Scheele et al., 1992; Decuypere et al., 2000; Hassanzadeh et al., 2000, 2004 y 2005)

Las causas de los cambios anatómicos y fisiológicos tales como el daño vascular, obstrucción del sistema linfático, disminución de la presión osmótica del plasma, y el aumento de la presión vascular en pollos de engorde con ascitis se han relacionado con problemas metabólicos (Balog, 2003), los cuales a su vez han sido asociados con la rápida tasa de crecimiento, bajos niveles de las hormonas tiroideas (T3 y T4), baja presión parcial de CO<sub>2</sub> (pCO<sub>2</sub>) y altos niveles de corticosterona en plasma en aves con ascitis. (Scheele et al., 2003; Luger et al., 2002; Malan et al., 2003)

Así mismo se han hecho estudios en los que se comparan líneas de pollos que difieren en cuanto a susceptibilidad al síndrome ascítico, (Dewil et al., 1996; Buys et al., 1998; De Smit et al., 2005) los polluelos de las líneas susceptibles a síndrome ascítico por lo general eclosionan más tarde, tienen menores concentraciones de hormonas tiroideas y menor pCO<sub>2</sub> en la cámara de aire durante etapas tardías del desarrollo embrionario y al ser sometidos a altas concentraciones de CO<sub>2</sub> ya sea durante la primera o segunda mitad de la incubación se mejoran los parámetros de tiempo de eclosión, el porcentaje de nacimientos y el peso de los pollitos a la eclosión.

La finalidad de este proyecto es mostrar que la utilización de un protocolo de ventilación restringida (VR) fomentaría un aumento gradual de la concentración de dióxido de carbono durante la incubación temprana, lo cual estimularía el DE y favorecería las condiciones de intercambio gaseoso a partir del segundo tercio de la incubación induciendo el rápido funcionamiento de los sistemas fisiológicos de respiración en comparación a los sistemas de ventilación estándar, derivando en posibles mejoras en los parámetros de incubabilidad así como en una probable disminución de la presencia de síndrome ascítico en los pollos de engorda durante su ciclo productivo.

## **II. HIPOTESIS**

Si las altas concentraciones de CO<sub>2</sub> durante el periodo temprano de la incubación favorecen el desarrollo del sistema de respiración primario del embrión, entonces esta condición aumentaría la tasa de eclosión sin afectar morfológica o fisiológicamente el sistema cardiovascular del pollito contribuyendo así a la reducción de síndrome ascítico durante el desarrollo posterior de los pollos de engorda.

## **III. OBJETIVO GENERAL**

Determinar la relación entre una alta concentración de CO<sub>2</sub> dentro de la incubadora durante la etapa temprana del desarrollo embrionario efectuado a una gran altitud con los parámetros de incubación obtenidos y la relación de los cambios morfológicos observados en el sistema cardiovascular del embrión con su probable predisposición a síndrome ascítico en el desarrollo posterior de los pollos de engorda.

## **IV. OBJETIVOS PARTICULARES**

Evaluar la incubabilidad y natalidad de huevos fértiles incubados a gran altitud bajo un protocolo de ventilación restringida.

Determinar la relación entre la disminución de las concentraciones de oxígeno en la incubación temprana, la afectación morfológica del aparato circulatorio y del sistema respiratorio de los embriones y de los pollitos neonatos, evaluando la susceptibilidad a síndrome ascítico de uno y otro grupo experimental.

Evaluar la influencia de las bajas concentraciones de O<sub>2</sub> y altas concentraciones de CO<sub>2</sub> durante la primera mitad de la incubación sobre los principales analitos selectos sanguíneos en pollitos neonatos sometidos a condiciones de ventilación restringida.

Determinar cronológicamente la ventana de nacimientos entre grupos experimentales sometidos a condiciones de ventilación restringida y ventilación estándar y su relación con el grado de desarrollo corporal y viabilidad de los pollitos neonatos.



Determinar si para algunos parámetros fisiológicos existen diferencias significativas en los parámetros de incubación con ventilación restringida y altas concentraciones de CO<sub>2</sub> entre los embriones provenientes de edades diferentes de reproductoras pesadas incubados a gran altitud.

## **V. MATERIAL Y MÉTODOS**

### **Huevos para incubación**

Los huevos fértiles aptos para la incubación se obtuvieron de aves reproductoras pesadas de la estirpe Ross 308, cuyas edades para los 5 estudios progresivos fueron de 53, 48, 34, 40 ½ y 54 semanas, respectivamente. Dichas aves provenían de una granja comercial ubicada en Jojutla, en el Estado de Morelos, los estudios fueron realizados en el Departamento de Medicina y Zootecnia de Aves ubicado en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la U.N.A.M. en Ciudad Universitaria a 2250 msnm.

### **Conductancia del cascaron**

Los huevos se identificaron y pesaron con una balanza de precisión (Ohaus, modelo Scout-Pro® 2000) antes de ser introducidos en las máquinas incubadoras, en los experimentos 1 y 2 los huevos fueron colocados en incubadoras Hova Bator® (Mod. 1583) durante 4 y 3 días respectivamente, después fueron pesados nuevamente y se determinó la conductancia del cascaron con base en su pérdida de peso. Para los siguientes experimentos se utilizaron las incubadoras Sportsman (Mod.1502® año 2010). Posteriormente, al día 10 del DE se sustrajeron los huevos de la máquina para volver a pesarlos y calcular el porcentaje de pérdida de humedad, posterior a ello se clasificaron en 3 grupos con relación a su masa inicial; el 25% que perdieron menos peso se clasificaron como huevos de conductancia baja (CL), el 50% de los huevos cuya pérdida de peso se ubicó dentro del rango intercuartílico se clasificaron como de conductancia media (CM) y el 25% que perdieron mayor peso se clasificaron como de conductancia alta (CH).

### **Condiciones de incubación**

En el primer y segundo experimento el protocolo de temperatura en bulbo seco fue el siguiente: del día 1 al 2 de DE fue de 100°F (37.8°C), del día 3 al 7 fue de 99.9°F (37.7°C), del día 8 al 10 fue de 99.7°F (37.6°C), del día 11 al 13 fue de 99.5°F (37.5°C), del día 14 al 15 fue de 99.3°F (37.4°C), del día 16 al 17 fue de 98.9°F (37.2°C) y de los días 18 al 21 fue de 98.4°F (36.9°C).

En el tercer, cuarto y quinto experimentos el protocolo de temperatura en bulbo seco fue el siguiente: del día 1 al 8 de DE fue de 100°F (37.8°C), del día 9 al 13 fue de 99.5°F (37.5°C), del día 14 al 15 fue de 99.0°F (37.4°C), del día 16 al 21 fue de 98.5°F (36.9°C).

Para el manejo de la humedad en los primeros tres primeros experimentos en las incubadoras se vertieron 800 ml de agua destilada en una charola de plástico ubicada en la parte superior del gabinete de incubación hasta el día 10 del DE, es decir, al momento de restituir la ventilación de manera estándar. Para el cuarto y quinto experimento se modificó este manejo, pues diariamente se agregaron 80 ml de agua destilada en la incubadora con ventilación restringida (VR) durante los 10 primeros días de incubación con la finalidad de mantener un porcentaje de humedad relativa mas estable dentro de la máquina incubadora, es decir, entre 75% y 80%, posterior a los primeros 10 días de DE y de acuerdo con pérdida de humedad de los huevos se adecuó el manejo en un rango de humedad alrededor del 70% al día 11 del DE hasta el 60% en el momento de la transferencia. Los huevos incubados en los cinco experimentos recibieron un movimiento lateral de 45° con relación a su eje vertical cada noventa minutos. A partir de las 432 horas (día 18 de la incubación) hasta la eclosión no se les dio movimiento.

El manejo del dámper central para el segundo, tercer, cuarto y quinto experimento fue el siguiente: del día 1 al 4 del DE se mantuvo abierto a un cuarto del total, al 5 día la apertura fue de un tercio de la mitad, al 9° día se abrió la mitad de diámetro total del dámper, al 10 día del DE se cerró solo un tercio del total. Después de la primera mitad de incubación, en el día 10 del DE se abrió el dámper y el exhaucio central, al día 11 DE se abrió un exhaucio lateral, el 13 DE se abrió un dámper lateral y el 16 DE se abrieron el dámper y el exhaucio laterales restantes.

Cada día de la incubación se tomaron 4 lecturas (8, 12, 16 y 20 horas) de la temperatura (°C), humedad relativa (%), CO<sub>2</sub> (ppm) y O<sub>2</sub> (%); tanto en el interior de las incubadoras como de las condiciones medioambientales externas; para la lectura de la temperatura se utilizó un termómetro de columna mercurial (Brannan®), para la obtención de la humedad relativa se utilizó un higrómetro de cabello de tensión variable (Taylor®), la medición de O<sub>2</sub> se realizó con una celda galvánica (Analox®) y el CO<sub>2</sub> se determinó por medio de un sensor infrarrojo (Analox®).

### **Parámetros de incubación**

Se evaluó el porcentaje de fertilidad aparente, el porcentaje de incubabilidad se obtuvo a través del número total de pollitos eclosionados dividido entre el número total de huevos diagnosticados como fértiles, el porcentaje de natalidad se obtuvo del número total de pollitos eclosionados dividido entre el número total de huevos incubados. El peso promedio del pollito al nacimiento y la longitud del pollito medida en centímetros desde el pico hasta el dedo medio, se determinaron usando una escala de medición cuantitativa (Boerjan, 2005; Hernández, 2007).

### **Escala de calidad del pollito**

La calidad del pollito al nacimiento se evaluó de forma cualitativa por medio de una escala de medición ordinal, la cual se determinó por el aspecto del pollito al nacimiento (coloración de plumón, tamaño del pollito, presencia o ausencia de ombligos mal cicatrizados, tarsos enrojecidos y vivacidad). Los pollitos se clasificaron en calidad excelente, buena, regular e inaceptable, la escala es idéntica a la utilizada por López et al., (2009).

### **Ventana de nacimientos**

A partir de las 480 horas de incubación, se realizaron revisiones cada dos horas para evaluar la ventana de nacimientos, registrando desde el primer hasta el último pollito eclosionado de cada grupo; posteriormente se extrajeron los pollitos eclosionados para evitar su deshidratación y evaluar su calidad.

### **Desarrollo embrionario y evaluación de mortalidad embrionaria por etapas**

Al día 18 de incubación una vez realizada la transferencia, en ambos tratamientos se efectuó el análisis de la mortalidad embrionaria, así como, el grado de desarrollo macroscópico por etapa: Etapa I (día 1 al 7) Etapa II (día 8 al 17), Etapa III (día 18 al 21) y Etapa IV (Picados no nacidos) (Juárez et al., 2010).

### **Peso absoluto de los embriones**

Se determinó el peso de los embriones al día 18 del DE, así como, el peso de los pollitos a la eclosión sin ninguna estructura embrionaria.

### **Peso relativo de órganos embrionarios**

Se colectaron corazón, hígado y saco vitelino, se pesaron con la finalidad de comparar dichos órganos durante el desarrollo embrionario entre los diferentes grupos.

### **Cutícula artificial**

Para el experimento I se elaboró una cutícula artificial con un liofilizado de albúmina de huevos provenientes de gallinas Leghorn a dos concentraciones (1% y 2%) con la finalidad de observar el efecto sobre el desarrollo embrionario de huevos fértiles de gallinas reproductoras pesadas.

### **Cálculo del índice de hipertrofia cardiaca derecha (IHCD)**

Se calculó mediante la técnica descrita por Paasch (1991) y González (2000), la cual consiste en determinar la relación existente entre el peso parcial del ventrículo derecho (VD) y el peso del ventrículo izquierdo (VI) incluyendo al septo interventricular.

### **Área de Silueta Cardiaca**

El cálculo del área de la silueta cardiaca se realizó de la siguiente manera: Se obtuvo el corazón de los pollitos eclosionados de cada nivel de conductancia de ambas incubadoras, este se colocó sobre una hoja blanca de opalina y se dejó reposar durante 12 minutos, posteriormente se midió la altura con un calímetro vernier y se retiró el corazón dejando una impronta de su forma en la hoja, se midió el largo y el ancho de esta y mediante una fórmula utilizando el radio mayor y el radio menor se calculó el área del corazón.

### **Índice de forma cardiaca (IFC)**

El cálculo del índice de forma se realizó de la siguiente manera: El valor obtenido de la altura del corazón con el calímetro vernier se dividió entre el valor del área total y se multiplicó por cien.

### **Analitos bioquímicos selectos sanguíneos en pollitos de un día de edad**

Al día 21 del DE se colectaron 16 muestras de sangre por medio de decapitación de los pollitos (8 muestras de la incubadora con VR y 8 muestras de la incubadora con VE, de las cuales son: 2 muestras de conductancia alta (CH), 4 muestras de conductancia media (CM) y 2 muestras de conductancia baja (CL), el suero se separó en tubos vacutainer, las muestras se procesaron inmediatamente y se midieron los analitos bioquímicos selectos de mayor representatividad morfo-fisiológica en aves domésticas (glucosa, albumina, proteínas totales, la creatinina quinasa (CK), glutamin deshidrogenasa (GLDH) y aspartato aminotransferasa (AST)) (Chan et al., 2005).

### **Modelo experimental**

El modelo para el diseño completamente aleatorizado (DCA) planteado en el presente estudio fue:

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

En donde:

$Y_{ij}$  = Respuesta de la unidad experimental  $j$  del tratamiento  $i$

$\mu$  = Promedio de las respuestas de todas las unidades experimentales que reciben el tratamiento  $i$

$T_i$  = Efecto del tratamiento  $i$ .

$\epsilon_{ij}$  = Error o residual  $j$  que recibió el tratamiento  $i$ .

### **Análisis Estadístico**

De acuerdo con el análisis estadístico se consideró a cada máquina incubadora como una unidad de observación experimental., por lo tanto, el número de repeticiones, tamaño de muestras representativas para cálculo del índice de hipertrofia cardiaca, área de la

silueta cardiaca, índice de forma del corazón y pesos relativos de los diferentes órganos en los embriones se definió por la capacidad de la máquina incubadora.

La variable explicativa fue la ventilación limitada durante los primeros 10 días de incubación, mientras que las variables de respuesta fueron los parámetros de incubación, calidad del pollito y pesos relativos de las estructuras internas al día uno de edad. El porcentaje de pérdida de peso en cada grupo de incubación, incubabilidad, fertilidad, natalidad e índice de hipertrofia cardiaca obtenidos se transformaron al arco seno de la raíz cuadrada de la proporción.

Se realizó un análisis de varianza de un solo factor (GLM) para estudiar el peso de los embriones y órganos, cuando existió diferencia significativa se llevó a cabo la comparación múltiple de medias de Tukey (Gill, 1978). Los datos porcentuales de la mortalidad por etapas observadas en el embriodiagnóstico se evaluaron por medio de la técnica  $\chi^2$ , en todos los casos, se determinó una significancia de  $P < 0.05$ . (Gill, 1978)

## **Diseño experimental**

### **Experimento I**

**Objetivo:** Observar el efecto sobre el DE debido a la aplicación de una cutícula artificial.

Se utilizaron 252 huevos fértiles que fueron identificados, pesados y colocados en 6 incubadoras Hova Bator® que tienen una capacidad para 42 huevos en las cuales se mantuvieron durante 4 días a 24°C.

Los huevos se pesaron y con base en la pérdida de masa con respecto al peso inicial antes de su almacenamiento, se determinó el grado de conductancia del cascarón (baja 25% de los huevos con menor pérdida de peso, media el 50% y alta 25% de los huevos con mayor conductancia del cascarón), posteriormente se les aplicó una cutícula artificial mediante un liofilizado de albúmina al 1% y al 2% y fueron incubados en una maquina Sportsman (Mod.1502® año 2010). Al día 18 de incubación los huevos fueron retirados de la incubadora y se mantuvieron en refrigeración 24 horas para la posterior evaluación del desarrollo embrionario. Se realizó la medición de los pesos relativos de la canal, saco vitelino, corazón, hígado, intestinos y bazo.

## **Experimento II**

**Objetivo:** Estudiar el efecto de la VR sobre el DE

Se utilizaron 504 huevos fértiles provenientes de gallinas (*Gallus gallus*) reproductoras pesadas de la estirpe ROSS 308 de 48 semanas de edad con un periodo de almacenaje de 3 días en cuarto frío (18°C y 60-70% de H.R.) Se identificaron individualmente y se determinó el grado de conductancia del cascarón a través del método descrito en el experimento anterior con la diferencia de que dicha prueba duró 2.5 días, posteriormente se identificaron como huevos de conductancia baja, media y alta. Los huevos fértiles se incubaron en 2 maquinas Sportsman (Mod.1502® año 2010), la incubadora experimental presentó una clausura parcial de los orificios dámper y exhaucio con cinta de polietileno durante los primeros 10 días de la incubación como se describió anteriormente.

Al día 18 los huevos fueron retirados de la maquina incubadora, esta se adaptó como nacedora y los huevos se pesaron nuevamente para poder obtener el porcentaje de pérdida de humedad final de cada nivel de conductancia.

En este experimento se evaluaron parámetros de incubación, duración de ventana de nacimientos, calidad de los pollitos eclosionados, pesos de órganos e índice de hipertrofia cardiaca. Se efectuó un embriodiagnóstico en todos los embriones que no eclosionaron al día 21, así como, en aquellos que al día 18 de la incubación fueron diagnosticados como infértiles o con muerte embrionaria temprana..

## **Experimento III**

**Objetivo:** Analizar el efecto de la VR sobre el DE

Se utilizaron 504 huevos, los cuales se pesaron, identificaron e incubaron en 2 maquinas Sportsman (Mod.1502® año 2010), la incubadora experimental presentó una clausura parcial de los orificios dámper y exhaucio con cinta de polietileno durante los primeros 10 días de la incubación como se describió anteriormente. En esta ocasión el cálculo del nivel de conductancia se realizó hasta el día 10 de DE con la finalidad de manipular menos los huevos fértiles y no aumentar los días de almacenamiento de estos.



Al día 18 los huevos fueron retirados de la maquina incubadora, esta se adaptó como nacedora y los huevos se pesaron nuevamente para poder obtener el porcentaje de pérdida de humedad final de cada nivel de conductancia.

Se evaluaron todos los parámetros de incubación y las evaluaciones post-incubación descritas anteriormente. Para este experimento, los corazones se dejaron reposar durante 12 minutos en hojas de opalina blanca para obtener la silueta cardiaca, y además se determinó la altura del corazón con un vernier.

Se realizó el embriodiagnóstico a partir de todos aquellos embriones que no alcanzaron a eclosionar al día 21 y los obtenidos en el día 18 de desarrollo embrionario.

#### **Experimento IV**

**Objetivo:** Obtener más datos del efecto de la VR sobre el DE

Se utilizaron 504 huevos fértiles, se realizó el mismo manejo que en el experimento 3 para la obtención del grado de conductancia del cascarón, en este estudio se utilizaron dos incubadoras Sportsman Mod.1502® (año 2010), las cuales trabajaron con el protocolo de ventilación restringida descrito anteriormente, durante los primeros 10 días de incubación, a partir de ese día ambas incubadoras trabajaron en condiciones de ventilación estándar, en cada incubadora se tomaron huevos con distintos grados de conductancia del cascarón durante los días 10, 12, 14, 16 y 18 del DE, los órganos muestreados se pesaron en base húmeda y en base seca al colocarlos en un horno a 60°C durante 72 horas. Al día 18 estas incubadoras se acondicionaron como máquinas nacedoras hasta la eclosión.

Se determinaron todos los parámetros de incubación y las evaluaciones post-incubación descritas anteriormente. Para este experimento se obtuvo la silueta cardiaca y se midió la altura del corazón como se describió en el estudio previo. Se realizó el embriodiagnóstico a partir de todos aquellos embriones que no eclosionaron al día 21 y los obtenidos el día 18 del DE. La variable explicativa fue la ventilación restringida durante los primeros 10 días de la incubación, mientras que las variables de respuesta fueron los parámetros de incubación y calidad del pollito.

## **Experimento V**

**Objetivo:** Observar el efecto de la VR sobre el DE y durante las primeras 6 semanas de vida de los pollos de engorda eclosionados bajo este protocolo de incubación

Se utilizaron 504 huevos fértiles, el manejo de la humedad en la incubadora con VR fue el mismo que se realizó en el experimento cuatro, para el cálculo del grado de conductancia del cascarón, las condiciones de incubación y manejo del DE hasta el día 21 se realizó de la misma manera que en el experimento 3.

Se tomó una muestra de 16 pollitos (8 pollos del grupo VR y 8 pollos del grupo VE) para realizar una prueba de bioquímica sanguínea y para el análisis de pesos de órganos e índice de hipertrofia cardiaca, posteriormente, los pollos se engordaron durante un periodo de 6 semanas y se tomó una muestra de 16 pollos por semana para evaluar el desarrollo de los animales y la presencia o ausencia de hipertrofia cardiaca y de síndrome ascítico. Los pollos fueron vacunados contra Newcastle a los diez días de edad y posteriormente se revacunaron a los 15 días posteriores a la aplicación de la primera vacuna.

Se evaluó el porcentaje de fertilidad aparente, incubabilidad, natalidad, peso promedio del pollito al nacimiento, talla del pollito medida en longitud en centímetros desde el pico hasta el dedo medio (Boerjan, 2005; Hernández, 2007).

La calidad del pollito al nacimiento se evaluó de forma cualitativa por medio de una escala de medición ordinal, la cual se determinó por el aspecto del pollito al nacimiento (coloración de plumón, tamaño del pollito, presencia o ausencia de ombligos mal cicatrizados, tarsos enrojecidos y vivacidad). De acuerdo con los resultados, los pollitos se clasificaron en calidad excelente, buena, regular e inaceptable (López, 2009)

### **Desarrollo post- incubación.**

En el quinto experimento, se llevó cabo un registro de peso y calidad al nacimiento en cada uno de los grupos, los pollitos fueron criados durante un periodo de 6 semanas para evaluar su rendimiento y viabilidad. Se efectuaron registros semanales de peso corporal, consumo de alimento, conversión alimenticia, mortalidad general y mortalidad por síndrome ascítico.

### **Método de eutanasia**

Para los pollitos de 1 día de edad se utilizó el método de decapitación y para los pollos que se engordaron a través del método de eutanasia por dislocación cervical de acuerdo con lo establecido por *the AVMA Guidelines on Euthanasia* (2007).

## **VI. RESULTADOS**

### **GRÁFICOS**

En el gráfico 1 se observa el comportamiento del oxígeno, tanto ambiental como el del interior de la incubadora durante los 18 días del experimento, no hubo diferencias significativas entre ambos. En el gráfico 2 observamos el comportamiento del dióxido de carbono, se observó como la concentración de este gas se incrementó en la incubadora a partir del día 6 fue significativamente mayor ( $P<0.05$ ) con un valor de 1,536 ppm hasta el día 18 donde alcanzaron las 3,384 ppm.

En el gráfico 3 se observa el comportamiento del oxígeno entre las incubadoras de VE y VR de los experimentos II al V, los cuales, van de un valor mínimo de 20% hasta un valor máximo de 20.9% sin diferencias significativas entre ellos. En el gráfico 4 se observa el comportamiento de los niveles de  $\text{CO}_2$  entre las incubadoras de VE y VR. En el estudio II los niveles de  $\text{CO}_2$  en la incubadora con VR aumentaron de manera significativa ( $P<0.05$ ) a partir del día 5 de incubación con 3,071 ppm hasta el día 10 con 9,000 ppm, que fue lo que duro la ventilación restringida. En el estudio III los niveles de  $\text{CO}_2$  en la incubadora con VR aumentaron de manera significativa ( $P<0.05$ ) a partir del día 1 de incubación con 2,415 ppm, alcanzando una concentración al día 10 de 11,500 ppm, esta diferencia se mantuvo hasta el día 12 de incubación con 3,737ppm. En el estudio IV ambas incubadoras trabajaron con un protocolo de VR al día 10 del DE se observó un incremento promedio de 12,000 ppm. En el estudio V los niveles de  $\text{CO}_2$  aumentaron de manera significativa ( $P<0.05$ ) en la incubadora con VR a partir del día 1 de incubación con 2,897 ppm y esta diferencia se mantuvo hasta el día 10 de incubación cuando la incubadora VR alcanzó una concentración de 12,000 ppm.

### **PRIMER ESTUDIO (Estirpe ROSS 308, 53 semanas de edad)**

La pérdida de humedad de los huevos al día 10 de la incubación fue distinta en los tres niveles de conductancia del cascarón ( $n$ =Alta 63, Media 126, Baja 63 huevos), los de huevos de conductancia alta (CH) presentaron un 5.5%, la cual es mayor ( $P<0.05$ ) al 4.77% observado en el grupo de conductancia media (CM), el cual a su vez fue mayor al 3.93% del grupo de conductancia baja (CL). Estas diferencias estadísticas entre grupos se mantuvieron al día 18 de DE, pues el grupo de CH tuvo una pérdida promedio del

15.16% con respecto a la masa inicial del huevo, mayor a los 13.54% obtenido en el grupo de CM, el cual también fue mayor al 11.81% del grupo de CL (Cuadro 1).

El porcentaje de pérdida de peso al día 10 del DE en el grupo de CH no tuvo diferencias entre los 3 grupos (cutícula 1%, cutícula 2% y control o sin cutícula) con valores de 7.73%, 7.38% y 8.87% respectivamente, estos valores fueron significativamente mayores ( $P<0.05$ ) a los valores de conductancia media con cutícula al 1% y 2% con 6.82% y 6.97% pero similar al 7.55% del grupo de CM sin cutícula. Los valores de los grupos de CM con cutícula al 1% y 2% fueron mayores ( $P<0.05$ ) a los 5.65% y 5.68% observado en los grupos de CL con cutícula al 1% y 2% respectivamente, pero fueron similares al 6.45% del grupo de CL sin cutícula o grupo control. Al día 18 se mantuvieron las diferencias entre grupos (Cuadro 2).

En peso del corazón en la conductancia alta, no presentaron diferencias entre el grupo control y el de cutícula al 1%, con 0.24g y 0.27g respectivamente, pero este último fue mayor ( $P<0.05$ ) al grupo de cutícula al 2% con 0.21g, el grupo control y cutícula al 2% no presentaron diferencias entre sí. La conductancia media no presentó diferencias en ningún grupo. La conductancia baja no se presentaron diferencias entre el grupo control y el de cutícula al 1%, con 0.21g y 0.23g respectivamente, pero este último fue mayor ( $P<0.05$ ) al grupo de cutícula al 2% con 0.20g, el grupo control y cutícula al 2% no presentaron diferencias entre sí. En el peso del hígado en la conductancia alta el grupo de cutícula al 1% y al 2% no presentaron diferencias entre sí con 0.71g cada una, sin embargo ambas fueron mayores ( $P<0.05$ ) al grupo control con 0.55g. En la conductancia media el grupo control y el de cutícula al 1% no mostraron diferencias entre ellos con 0.68g y 0.69g respectivamente, sin embargo ambos fueron mayores ( $P<0.05$ ) al grupo de cutícula al 2% con 0.46g. En la conductancia baja el grupo de cutícula al 1% es mayor ( $P<0.05$ ) con 0.71g a los grupos control y de cutícula al 2% con 0.53g y 0.46g respectivamente, entre estos últimos no hay diferencias.

En el peso del intestino, tanto en la conductancia alta, media y baja, el grupo control y el de cutícula al 1% no presentaron diferencias entre ellos con 0.43g y 0.50g, 0.30g y 0.32g, 0.35g y 0.38g respectivamente, sin embargo ambos fueron mayores ( $P<0.05$ ) al grupo de cutícula al 2% con 0.26g, 0.25g y 0.18g respectivamente.

En el peso del bazo la conductancia alta y media en el grupo control y el de cutícula al 1% no presentaron diferencias entre ellos con 0.08g y 0.10g, 0.10g y 0.10g respectivamente, en la conductancia alta el grupo de cutícula al 1% es mayor ( $P<0.05$ ) al grupo de cutícula al 2% con 0.07g, este grupo y el control no presentaron diferencias entre ellos. En la conductancia media ambos grupos fueron mayores ( $P<0.05$ ) al grupo de cutícula al 2% con 0.07g. En la conductancia baja no hubo diferencias entre sus grupos.

En el peso del embrión, saco vitelino y la relación corazón/peso del embrión, no hubo diferencias significativas en ningún nivel de conductancia y grupo (Cuadro 3).

### **SEGUNDO ESTUDIO (Estirpe ROSS 308, 48 semanas de edad)**

El peso promedio inicial del huevo no fue diferente en ningún nivel de conductancia, el porcentaje de pérdida de peso de la conductancia alta, media y baja con VR en los días 10, 13 y 18 fueron significativamente menores ( $P<0.05$ ) que el porcentaje de pérdida en las mismas conductancias en VE (Cuadro 4).

No hubo diferencia significativa en la fertilidad. La incubabilidad y natalidad fueron mayores en la CH de VR que en la de VE. La mortalidad embrionaria en la etapa I de CH de VR fue menor ( $P<0.05$ ), 26.66% que en CH de VE, 46.77%. , la CM de VR fue mayor ( $P<0.05$ ) con 34.92% que en la CM de VE con 23.57% y la CL de VR fue menor ( $P<0.05$ ) con 24.13% ante la CL de VE con 46.77%. Para la etapa II esta fue estadísticamente mayor ( $P<0.05$ ) en la CH de VR con 3.33% contra el 0% de la CH de VE, la CM de VR fue menor ( $P<0.05$ ) con 0% en comparación a la CM de VE con 0.81% y en la CL de ambas ventilaciones no hubo diferencias. En la etapa III solo hubo diferencias significativas entre la CH de VR la cual fue menor con 15% en comparación al 24.19% de la CH de VE, en la etapa IV solo hubo diferencias significativas entre la conductancia alta de VE el cual fue mayor ( $P<0.05$ ) que la conductancia alta de VR con valores de 1.61% y 0% (Cuadro 5).

La calidad del pollito en la condición excelente la CH, CM y CL de VR fueron mayores ( $P<0.05$ ) con 3.84%, 5.08% y 3.33% respectivamente comparados contra los valores de CH, CM y CL de VE con 0%, 1.61% y 0%. En la condición buena la CH, CM y CL de VR fueron mayores ( $P<0.05$ ) con 76.92%, 79.66% y 66.66% respectivamente comparados contra los valores de CH, CM y CL de VE con 35.71%, 43.54% y 37.93%.

En la condición regular la CH, CM y CL de VR fueron menores ( $P<0.05$ ) con 15.38%, 13.55% y 26.66% respectivamente comparados contra los valores de CH, CM y CL de VE con 21.4%, 40.32% y 44.32%. En la condición deficiente la CH, CM y CL de VR fueron menores ( $P<0.05$ ) con 3.84%, 1.69% y 3.33% respectivamente comparados contra los valores de CH, CM y CL de VE con 28.57%, 11.29% y 13.79%. En la condición inaceptable la CH, CM y CL de VR fueron menores ( $P<0.05$ ) con 0%, 0% y 0% respectivamente comparados contra los valores de CH, CM y CL de VE con 14.28%, 3.22% y 3.44%.

En la longitud del pollito la CH, CM y CL de VR fueron mayores ( $P<0.05$ ) con 17.96cm, 17.91cm y 18.12 respectivamente comparados contra los valores de CH, CM y CL de VE con 17.53cm, 17.65cm y 17.67cm. En el peso del pollito la CH de VR fue mayor ( $P<0.05$ ) con 46.82g que la CH de VE con 44.86g, en la CM no hubo diferencias entre los sistemas de ventilación y la CL de VR fue mayor ( $P<0.05$ ) con 47.04g que la CL de VE con 45.61gr. (Cuadro 6)

En peso del corazón en la conductancia alta la VR fue mayor ( $P<0.05$ ) con 0.38g en comparación a los 0.33g de la VE, en las conductancias media y baja no hay diferencias significativas. En el peso del ventrículo derecho se presentaron diferencias en la conductancia baja siendo mayor ( $P<0.05$ ) la VE con 0.11g en comparación a los 0.07g de la VR, en las conductancias alta y media no hubo diferencias significativas. En cuanto al peso del saco vitelino, hígado, índice de hipertrofia cardiaca y relación corazón/ peso del pollo, no hay diferencias significativas en ningún nivel de conductancia. En la relación peso del corazón/ peso del saco vitelino encontramos diferencias en el nivel de conductancia baja, siendo mayor ( $P<0.05$ ) la VE con 3.61% en comparación a los 2.55% de la VR (Cuadro 7).

### **TERCER ESTUDIO (Estirpe ROSS 308, 34 semanas de edad)**

El peso promedio inicial del huevo no fue diferente en ningún nivel de conductancia, el porcentaje de pérdida de peso de la CH, CM y CL de VR en los días 10, 13 y 18 fueron estadísticamente menores que el porcentaje de pérdida en las mismas conductancias en la VE (Cuadro 8).

En la ventana de nacimientos no hubo diferencias entre conductancias y tratamientos al inicio del picaje externo. Para el termino de nacimientos el tiempo en la CH de la VR fue estadísticamente menor ( $P<0.05$ ) con 536 hrs que el tiempo de la CH en la VE con 544 hrs, el tiempo de termino de nacimientos en la CM de VR fue menor ( $P<0.05$ ) con 532 hrs que el tiempo observado para la CM de VE con 544 hrs y el tiempo en termino de nacimientos de la CL en la VR fue menor ( $P<0.05$ ) con 534 hrs que el tiempo observado en la CL de VE con 544 hrs. En cuanto a la duración en horas, la CH en VR fue menor ( $P<0.05$ ) con 50 hrs en comparación a la CH de VE con 58 hrs, la duración en la CM de VR fue menor ( $P<0.05$ ) con 50 hrs ante la CM de VE con 62 hrs, la duración en la CL en la VR fue menor ( $P<0.05$ ) con 38 hrs, en comparación a la duración de la CL de la VE con 48 hrs (Cuadro 9).

En cuanto a incubabilidad solo se encontraron diferencias significativas entre la CM de la VR la cual es menor ( $P<0.05$ ) con 76.08% en comparación a la CM de la VE con 84.59%. En la natalidad solo se encontraron diferencias significativas entre la CL de VR que es estadísticamente mayor ( $P<0.05$ ) con 87.52% comparada con la CL de la VE con 74.30%. En la mortalidad etapa I la CH en la VR fue estadísticamente menor ( $P<0.05$ ) con 0% que la observada en la CH de VE con 7.89%, en la CM no se observaron diferencias entre sistemas de ventilación y la CL de VR fue menor ( $P<0.05$ ) con 0% que la obtenida en la CL de VE con 7.69%. Para la mortalidad etapa II solo hubo diferencias entre la CL de VR la cual fue estadísticamente menor ( $P<0.05$ ) con 0% en comparación al porcentaje de la CL de VE con 7.69%. En la mortalidad etapa III solo hubo diferencias entre la CH de VR la cual fue estadísticamente mayor ( $P<0.05$ ) con 15.68% que la obtenida en la CH de VE con 7.01%. En la mortalidad etapa IV la CH de VR fue estadísticamente mayor ( $P<0.05$ ) con 8.82% que la CH de VE con 0%, en la CM no hubo diferencias entre los sistemas de ventilación y en la CL de VR fue mayor ( $P<0.05$ ) con 10% que la CL de VE con 0%.(Cuadro 10)

La calidad del pollito en la condición excelente la CH y CM de VR fueron mayores ( $P<0.05$ ) con 5.40% y 9.58% respectivamente comparados contra los valores de CH y CM de VE con 2.74% y 1.36%, en la CL no hubo diferencias entre sistemas de ventilación. En la condición buena solo hubo diferencias en la CL de VR que fue estadísticamente mayor ( $P<0.05$ ) con 85.36% que la CL de VE con 72.72%.



En la condición regular la CH y CM de VR fueron menores ( $P<0.05$ ) con 13.69% y 12.32% respectivamente comparados contra los valores de CH y CM de VE con 21.61% y 19.18%, en la CL no hubo diferencias entre sistemas de ventilación. En la condición deficiente en la CH no hubo diferencias entre sistemas de ventilación, la CM de VR fue mayor ( $P<0.05$ ) con 1.36% en comparación de la CM de VE con 0% y la CL de VR fue menor ( $P<0.05$ ) con 0% en comparación de la CL de VE con 6.81%. Para la condición de inaceptable en la CH y en la CM no hubo diferencias entre sistemas de ventilación y la CL en VR fue menor ( $P<0.05$ ) con 2.43% en comparación a la CL de VE con 4.54%.

En la longitud del pollito en la CH no hubo diferencias entre sistemas de ventilación, la CM en la VR fue mayor ( $P<0.05$ ) con 17.40cm en comparación a la CM de VE con 17.18cm de igual manera la CL en la VR fue mayor con 17.24cm contra la CL de VE con 17.09cm. En el peso del pollito en la CH, CM y CL no hubo diferencias entre sistemas de ventilación. (Cuadro 11).

En el peso del pollito, canal, corazón, ventrículo derecho, hígado, saco vitelino, índice de hipertrofia cardiaca, relación corazón/ peso del pollito y área total del corazón, no hay diferencias entre los sistemas de ventilación ni en los niveles de conductancia. En el índice de forma cardiaca encontramos diferencias en la conductancia alta siendo mayor ( $P<0.05$ ) en la VR con 88.84 en comparación al 78.08 de la VE (Cuadro 12).

#### **CUARTO ESTUDIO (Estirpe ROSS 308, 40 ½ semanas de edad)**

En el peso promedio inicial del huevo no hubo diferencias significativas para ninguna conductancia, la pérdida de peso al día 10 fue estadísticamente mayor ( $P<0.05$ ) en la CH con 5.10% al de CM con 4.36% y este a su vez fue diferente al valor de la CL con 3.56%. La pérdida de peso al día 12 fue mayor ( $P<0.05$ ) en la CH con 6.72% en comparación a la CM con 5.65% y este a su vez fue diferente al valor de la CL con 4.79%. La pérdida de peso al día 14 fue estadísticamente mayor ( $P<0.05$ ) en la CH con 9.05% al de CM con 7.11% y esta a su vez fue diferente a la CL con 6.40%. La pérdida de peso al día 16 fue estadísticamente mayor ( $P<0.05$ ) en la CH con 11.84% al de CM con 9.18% y este a su vez fue diferente al valor de la CL con 7.61%. La pérdida de peso al día 18 fue estadísticamente mayor ( $P<0.05$ ) en la CH con 14.63% al de CM con 11.01% y este a su vez fue diferente al valor de la CL con 9.49% (Cuadro 13).

En la ventana de nacimiento no hubo diferencias en las conductancias al inicio del picaje externo, en cuanto al termino de nacimientos, el más prolongado fue en la CL con 536 hrs la cual no se diferencio ( $P<0.05$ ) de la CM 534 hrs pero la CH termino antes con 531 hrs siendo diferente ( $P<0.05$ ) de la CL pero no de la CM, en la duración de nacimientos se mantuvo esta tendencia, duro más en la CL 46 hrs seguido de la CM con 44hrs con la cual no hay diferencia pero si es diferente a la CH la cual duro 41 hrs (Cuadro 14).

La fertilidad aparente no presento diferencias en ningún nivel de conductancia, el porcentaje de incubabilidad en la CM con 84.21% es diferente ( $P<0.05$ ) a la CH con 76.50% mientras que el porcentaje de CL no es diferente de las conductancias anteriores con un 81.77%, la natalidad se mantuvo esta tendencia por lo que la CM 81.02% es diferente ( $P<0.05$ ) a la CH con 73.61% mientras que el porcentaje de CL no es diferente de las conductancias anteriores con un 78.68%. En la mortalidad etapa I la CH 10.52% fue diferente significativamente ( $P<0.05$ ) de la CL con 6.25% que a su vez fue distinta significativamente ( $P<0.05$ ) de la CM con 0.69%, para la mortalidad etapa II no se encontraron diferencias significativas en ningún nivel de conductancia, en la mortalidad etapa III no hubo diferencias entre la CH y la CL con 7.01% y 6.25% respectivamente, pero ambos son diferentes ( $P<0.05$ ) de la CM con 4.16%, en la etapa IV de mortalidad en la CH y CM con 3.50% y 4.16% no se encontraron diferencias entre ellas, pero ambas son diferentes ( $P<0.05$ ) a la CL con 0% (Cuadro 15).

En cuanto a la calidad del pollito en la condición excelente, la CH y CM con 38.50% y 33.66% no presentaron diferencias, pero ambos son diferentes ( $P<0.05$ ) de la CL con 23.66%, en la condición de bueno la CL con 58.16% fue significativamente mayor ( $P<0.05$ ) de las CH y CM con 41.16% y 47.50% entre estas no hubo diferencias, en la condición regular no hubo diferencias en ningún nivel de conductancia, en cuanto a la condición de deficiente la CM y CL con 5.06% y 5.58% no presentaron diferencias entre ellas pero ambas son diferentes ( $P<0.05$ ) a la CH con 0%. Para la condición inaceptable el porcentaje de la CH con 6.72% fue diferente significativamente ( $P<0.05$ ) a la CL con 3.58% y esta a su vez es diferente significativamente ( $P<0.05$ ) a la CM con 1.96 (Cuadro 16).

En cuanto a la comparación por incubadoras y por conductancias de la longitud del pollito, peso del pollito, canal, saco vitelino, hígado, corazón, ventrículo derecho, peso y longitud de los intestinos no se encontraron diferencias significativas entre ellos (Cuadros 17 y 18).

En el día 21 de incubación para la relación peso del corazón / peso de la canal la CL 0.9469% fue significativamente mayor ( $P < 0.05$ ) a la CM con 0.8822% mientras que la CH 0.9201% no fue diferente de las dos anteriores. En cuanto a la relación del peso del corazón / peso del saco vitelino no se encontraron diferencias en ningún nivel de conductancia. Para el índice de hipertrofia cardiaca derecha la CL con 15.47 fue significativamente mayor ( $P < 0.05$ ) a la CH con 14.33 mientras que la CM 14.82 no fue diferente a las conductancias anteriores. En el área del corazón la CL con 0.7785 fue significativamente mayor ( $P < 0.05$ ) a la CH con 0.7149 y que a su vez fue mayor ( $P < 0.05$ ) que la CM con 0.6452. En cuanto al índice de forma cardiaca la CM 93.43 IFC es significativamente mayor ( $P < 0.05$ ) a las CH y CL 78.12 IFC y 77.12 IFC y no hay diferencias significativas entre ellas (Cuadro 19).

#### **QUINTO ESTUDIO (Estirpe ROSS 308, 54 semanas de edad)**

En el peso promedio inicial del huevo no hubo diferencias significativas para ningún tipo de ventilación, la pérdida de peso al día 10 fue mayor ( $P < 0.05$ ) en la VE con 6.81% que en la VR con 4.22%. Al día 18 esta diferencia se mantuvo teniendo una mayor ( $P < 0.05$ ) pérdida de humedad la VE con 12.78% contra 11.65% de la VR (Cuadro 20).

El peso promedio inicial del huevo no fue diferente en ningún nivel de conductancia, el porcentaje de pérdida de peso de la CH, CM y CL de VR en los días 10 y 18 fueron estadísticamente menores ( $P < 0.05$ ) que el porcentaje de pérdida en las mismas conductancias en la VE (Cuadro 21).

En la ventana de nacimiento se observó que en la incubadora con VR se adelantaron los nacimientos en todos los niveles de conductancia comenzando a las 482 hrs, en la incubadora de VE los nacimientos iniciaron a las 492 hrs, finalizaron a las 531 hrs en la incubadora VR y a las 540 hrs en incubadora VE (Cuadro 22).

La fertilidad aparente no fue diferente en ningún nivel de conductancia, el porcentaje de incubabilidad en la VR fue mayor ( $P < 0.05$ ) en todos los niveles de conductancia con valores de 81.49%(CM), 76.43%(CL) y 76.37%(CH) a los de la VE con 64.03%(CM), 53.25%(CL) y 46.65%(CH). Para la natalidad se mantuvo esta tendencia siendo mayor ( $P < 0.05$ ) en todos los niveles de conductancia la VR con 75%(CM), 70.3%(CL) y 69.69%(CH) en comparación a la VE con 62.5%(CM), 51.51%(CL) y 40.9%(CH). En cuanto a la mortalidad etapa I encontramos que todos los valores de las conductancias de la VE son mayores ( $P < 0.05$ ) con 3.12%(CL), 2.56%(CH) y 2.08%(CM) mientras que en la VR los valores de las 3 conductancias es 0%. Para la mortalidad etapa II solo hay diferencias ( $P < 0.05$ ) en la CL de la VE con 3.12% el cual es mayor ( $P < 0.05$ ) que el 0% de la CL de VR. Para la mortalidad etapa III solo hay diferencias en el nivel de CH de la VE con 48.48% el cual es mayor ( $P < 0.05$ ) al valor de CH de VR con 33.33% y en la mortalidad etapa IV no hubo diferencias estadísticamente significativas en ningún nivel de conductancia en ambos sistemas de ventilación (Cuadro 23).

En cuanto a la calidad del pollito en la condición excelente no hubo diferencia entre las incubadoras, en la condición de bueno la incubadora VR tuvo un porcentaje significativamente mayor ( $P < 0.05$ ) de 89.88% en comparación a la incubadora VE con 81.57%, en la condición regular el mayor porcentaje se obtuvo en la VE con 11.71% que fue significativamente mayor ( $P < 0.05$ ) que el 2.57% de la VR. En cuanto a condición deficiente e inaceptable no hay diferencias significativas entre ambas incubadoras. (Cuadro 24).

Para los parámetros analizados de pollitos de 1 día de edad se observó que el peso del pollito, canal, corazón, hígado, longitud del pollito, relación corazón/peso del pollito, corazón/ saco vitelino, área total del corazón e índice de forma cardiaca no presentaron diferencias entre los sistemas de ventilación. En el peso del saco vitelino en la CL fue mayor ( $P < 0.05$ ) en la VE con 9.18g en comparación a los 8.02g de VR, en la CH y CM no hubo diferencias. En el peso del ventrículo derecho en la CM fue mayor ( $P < 0.05$ ) en la VE con 0.07g en comparación a los 0.04g de VR, en la CH y CL no hubo diferencias. En el peso del intestino en la CM fue mayor ( $P < 0.05$ ) en la VR con 2.12g en comparación a los 1.77g de VE, en la CH y CL no hubo diferencias.

En el índice de hipertrofia cardiaca las CH y CM de VE son mayores ( $P<0.05$ ) con 21.26 y 22.22 respectivamente comparados contra los valores de CH y CM de VR con 17.39 y 13.66, en la CL no hay diferencias (Cuadro 25).

En el análisis de los analitos químicos selectos observamos que los valores de la glucosa no presentan diferencias significativas entre incubadoras y niveles de conductancia. Para el ácido úrico las CH y CM son mayores ( $P<0.05$ ) en la VR con 0.494mmol/L y 0.353mmol/L respectivamente, contra los valores de la VE con 0.239mmol/L y 0.263mmol/L, en la CL no hay diferencias. En la Albumina la CH es mayor ( $P<0.05$ ) en la VR con 16g/L en comparación a los 10g/L de la VE, en la CM no hay diferencias, la CL es mayor ( $P<0.05$ ) en la VE con 19g/L en comparación a los 12g/L de VR. En la proteína total la CH es mayor ( $P<0.05$ ) en la VR con 52g/L en comparación a los 32g/L de la VE, en la CM no hay diferencias, la CL es mayor ( $P<0.05$ ) en la VE con 61g/L en comparación a los 39g/L de VR. En la creatinina quinasa (CK) las CH y CM son mayores ( $P<0.05$ ) en la VE con 3440U/L y 5972U/L en comparación a los 1935U/L y 3955U/L respectivamente, en la CL no hay diferencias. En la glutamin deshidrogenasa (GLDH) la CH es mayor ( $P<0.05$ ) en la VR con 54U/L en comparación a los 20U/L de la VE, la CM no presenta diferencias y la CL es mayor ( $P<0.05$ ) en la VE con 54U/L en comparación a los 39U/L de VR. Para la aspartato aminotransferasa (AST) la CH es mayor ( $P<0.05$ ) en la VR con 430U/L en comparación a los 315U/L de la VE, la CM y CL no presentaron diferencias (Cuadro 26).

Análisis de los pollos con una semana de edad, en el peso del pollo las CH, CM y CL de VR fueron mayores ( $P<0.05$ ) con 148.25g, 139.6g y 166.92g en comparación a los valores de VE con 120g, 95.95g y 105.3g respectivamente. En el peso del corazón este fue mayor ( $P<0.05$ ) en la CH de VR con 0.84g, contra los 0.74g de VE, en la CM y CL no hubo diferencias. En el peso del ventrículo derecho la CH fue mayor ( $P<0.05$ ) en la VE con 0.09g contra los 0.06g de VR, en la CM y CL no hubo diferencias. En el índice de hipertrofia cardiaca la CH y CM son mayores ( $P<0.05$ ) en la VE con 12.56 y 9.84 contra los 7.63 y 8.56 de VR, en la CL no hubo diferencias. En la relación corazón/peso del pollo la CM y CL son mayores ( $P<0.05$ ) en la VE con 0.93% y 0.92% contra los 0.66% y 0.56% de VR, en la CH no hubo diferencias.

En el área total del corazón no hubo diferencias. En el índice de forma cardíaca la CH de VR fue mayor ( $P<0.05$ ) con 88.82 contra los 61.67 de VE, la CM de VE fue mayor ( $P<0.05$ ) con 85.45 contra de los 64.81 de VR, en la CL no hubo diferencias (Cuadro 27).

Análisis de los pollos con dos semanas de edad, en el peso del pollo la CH de VE es mayor ( $P<0.05$ ) con 215.04g contra los 191g de VE, la CM de VR es mayor ( $P<0.05$ ) con 259.62g contra los 201.77g de VE, en la CL no hubo diferencias. En el peso del corazón la CM de VR es mayor ( $P<0.05$ ) con 1.8g contra los 1.27g de VE, la CL de VE es mayor ( $P<0.05$ ) con 2.14g contra los 1.74g de VR, en la CH no hay diferencias. En el peso del ventrículo derecho la CM de VR es mayor ( $P<0.05$ ) con 0.32g contra los 0.19g de VE, en la CH y CL no hubo diferencias. En el índice de hipertrofia cardíaca la CH de VR fue mayor ( $P<0.05$ ) con 21.15 contra los 16.48 de VE, en la CM y CL no hubo diferencias. En la relación corazón/peso del pollo la CH de VR fue mayor ( $P<0.05$ ) con 0.92% contra los 0.71% de VE, en la CM y CL no hubo diferencias. En el área total del corazón la CH de VR fue mayor ( $P<0.05$ ) con 4.92 contra los 2.41 de VE, en la CM y CL no hubo diferencias. En el índice de forma cardíaca la CH de VE fue mayor ( $P<0.05$ ) con 33.24 contra los 18.32 de VR, en la CM y CL no hubo diferencias (Cuadro 28).

Análisis de los pollos con tres semanas de edad, en el peso del pollo la CH y CM de VR son mayores ( $P<0.05$ ) con 492.5g y 505g contra los 410g y los 440g de VE, en la CL no hubo diferencias. En el peso del corazón, ventrículo derecho y área total del corazón no hay diferencias. En el índice de hipertrofia cardíaca la CM de VR es mayor ( $P<0.05$ ) con 19.46 contra los 16.02 de VE, en la CH y CL no hay diferencias. En la relación corazón peso del pollo la CM de VE es mayor ( $P<0.05$ ) con 0.75% contra los 0.51% de VR, la CH y CL no presentaron diferencias. En el índice de forma cardíaca la CH de VR es mayor ( $P<0.05$ ) con 41.29 contra los 32.12 de VE (Cuadro 29).

Análisis de los pollos con cuatro semanas de edad, en el peso del pollo la CH de VR fue mayor ( $P<0.05$ ) con 847.5g contra los 625g de VE, en la CM y CL no hubo diferencias. En el peso del corazón la CL de VE fue mayor ( $P<0.05$ ) con 3.78g contra los 2.95g de VR, la CH y CM no presentaron diferencias. En el peso del ventrículo derecho no hubo diferencias. En el índice de hipertrofia cardíaca la CL de VR fue mayor ( $P<0.05$ ) con 22.16 contra los 16.02 de VE, la CH y CM no presentaron diferencias.

En la relación corazón/ peso del pollo la CH y CM de VE fueron mayores ( $P<0.05$ ) con 0.64% y 0.52% contra los 0.44% y 0.37% de VR respectivamente, la CL no presento diferencias. En el área total del corazón la CH de VE fue mayor ( $P<0.05$ ) con 6.05 contra el 3.01 de VR, en la CM y CL no hubo diferencias. En el índice de forma cardiaca la CH de VR fue mayor ( $P<0.05$ ) con 31.41 contra el 14.98 de VE, en la CM y CL no hubo diferencias (Cuadro 30).

Análisis de los pollos con cinco semanas de edad, en el peso del pollo la CH de VR es mayor ( $P<0.05$ ) con 1175g contra 1025g de VE, la CM y CL de VE son mayores con 1151.25g y 1250g contra los 912.5g y 1055g respectivamente. En el peso del corazón la CM de VE es mayor ( $P<0.05$ ) con 6.45g contra los 4.25g de VR, la CH y CL no presentaron diferencias. En el peso del ventrículo derecho la CH de VR fue mayor ( $P<0.05$ ) con 0.95g contra los 0.53g de VE, la CM y CL de VE fueron mayores ( $P<0.05$ ) con 1g y 1.2g contra los 0.5g y 0.7g de VR respectivamente. En el índice de hipertrofia cardiaca la CH de VR fue mayor ( $P<0.05$ ) con 17.62 contra los 10.43 de VE, la CM y CL de VE fueron mayores ( $P<0.05$ ) con 16.23 y 21.02 contra los 11.88 y 16.61 de VR respectivamente. En la relación corazón peso del pollo no se presentaron diferencias. En el área total del corazón la CH de VE fue mayor con 5.49 contra los 3.92 de VR, la CM y CL no presentaron diferencias. En el índice de forma cardiaca la CH y CM de VR fueron mayores ( $P<0.05$ ) con 38.37 y 34.07 contra los 16.73 y 21.07 de VE (Cuadro 31).

Análisis de los pollos con seis semanas de edad, en el peso del pollo la CH, CM y CL de VE fueron mayores ( $P<0.05$ ) con 2145g, 2337.50g y 2280g contra los 1965g, 2100g y 2075g de VR respectivamente. En el peso del corazón la CH y CM de VR fueron mayores ( $P<0.05$ ) con 8.52g y 8.47g contra los 7.17g y 7.19g de VE respectivamente, la CL no presento diferencias. En el peso del ventrículo derecho la CM de VR es mayor ( $P<0.05$ ) con 1.47g contra los 1.11g de VE, la CL de VE es mayor ( $P<0.05$ ) con 1.60g contra los 1.14g de VR, la CH no presento diferencias. En el índice de hipertrofia cardiaca la CL de VE fue mayor ( $P<0.05$ ) con 20.15 contra los 14.85 de VR, la CH y CM no presentaron diferencias. La relación corazón/peso del pollo y el área total del corazón no presentaron diferencias. En el índice de forma cardiaca la CL de VR es mayor ( $P<0.05$ ) con 20.79 contra los 15.61 de VE, la CH y CM no presentaron diferencias (Cuadro 32).

En cuanto al peso de los pollitos al inicio de la engorda no hubo diferencias en ningún nivel de conductancia entre las incubadoras. En la semana 1 de engorda se encontraron diferencias significativas ( $P<0.05$ ) en la CH de la incubadora VR con 130.50g en comparación a los 120.36g de la incubadora VE, en los niveles de CM y CL no hay diferencias. En la semana 2 se encontraron diferencias significativas en los niveles de CH y CM de la incubadora VR con un peso mayor ( $P<0.05$ ) de 315.17g y 317.43g en comparación a los 310.84g y 300.98g de la incubadora VE, en la CL no hay diferencias. En la semana 3 y 4 no se presentaron diferencias significativas en los niveles de conductancia entre ambas incubadoras. En la semana 5 hay diferencias significativas en los niveles de CH, CM y CL de la incubadora VE con un peso mayor ( $P<0.05$ ) de 1408.33g, 1463.19g y 1463g respectivamente en comparación a los 1322.08g, 1332.9g y 1228g de la incubadora VR. En la semana 6 se encontraron diferencias significativas en los niveles de CH, CM y CL de la incubadora VE con un peso mayor ( $P<0.05$ ) de 1993.33g, 2007.22g y 2007g respectivamente en comparación a los 1836.19g, 1805.83g y 1697.5g de la incubadora VR. ( $P<0.05$ ) En la ganancia diaria de peso se observaron diferencias significativas en los niveles de CH, CM y CL de la incubadora VE con un peso mayor ( $P<0.05$ ) de 46.30g, 46.63g y 46.62g respectivamente en comparación a los 42.54g, 41.82g y 39.25g de la incubadora VR. (Cuadro 33)

El peso esperado y el obtenido en pollitos de un día de edad provenientes de ambas incubadoras VE y VR encontramos que no mostraron diferencias entre ellos con 48.60g y 49g respectivamente pero son más pesados ( $P<0.05$ ) que el valor esperado que es de 42g. En la semana 1 el peso esperado 175.4g es mayor ( $P<0.05$ ) que los valores obtenidos de VE y VR con 119.74g y 128.77g. En la semana 2 el peso esperado 486.55g es mayor ( $P<0.05$ ) que los valores obtenidos de VE y VR con 305.99g y 313.81g. En la semana 3 el peso esperado 921.8g es mayor ( $P<0.05$ ) que los valores obtenidos de VE y VR con 598.82g y 582.45g. En la semana 4 el peso esperado 1467.25g es mayor ( $P<0.05$ ) que los valores obtenidos de VE y VR con 998.11g y 960.57g. En la semana 5 el peso esperado 2049.15g es mayor ( $P<0.05$ ) que los valores obtenidos de VE con 1440g y este a su vez es diferente ( $P<0.05$ ) a valor obtenido por VR con 1305.17g. En la semana 6 el peso esperado 2633.7g es mayor ( $P<0.05$ ) que los valores obtenidos de VE con 1986.61g y este a su vez es diferente ( $P<0.05$ ) al valor obtenido por VR con 1787.42g (Cuadro 34)



En la mortalidad para la semana 1, murieron un total de 8 pollos, todos ellos por aplastamiento. En la semana 2 murieron un total de 7 pollos, 3 de ellos por aplastamiento y 4 presentaron signología respiratoria al momento de su deceso. En la semana 3 murieron 26 pollos, 5 con signología respiratoria, 16 mostraron presencia de ascitis y 6 no tuvieron causa aparente de muerte. En la semana 4 murieron 6 pollos, 5 presentaban ascitis y 1 murió sin causa aparente. En la semana 5 murieron 5 pollos, todos ellos mostraron presencia de ascitis. En la semana 6 murieron 5 pollos, 3 sin causa aparente y 2 aplastados (Cuadro 35).

## VII. DISCUSIÓN

### PRIMER ESTUDIO

La conductancia del cascarón está determinada por el grosor y el grado de porosidad del cascarón, (Whittow, 1999), por lo cual, esta variable es uno de los factores importantes que intervienen en el proceso de incubación específicamente en el intercambio gaseoso, así mismo, conforme aumenta la edad de la reproductora también se incrementa el tamaño del huevo, lo cual provoca que el material que forma el cascarón y la cutícula deba distribuirse sobre una superficie mayor, por lo cual, es posible que la conductancia del cascarón se incremente en los huevos más grandes y dificulte el incremento necesario de CO<sub>2</sub> en el interior del huevo, además de que exista una mayor pérdida de humedad que la recomendada (Ar y Rhan, 1978), por lo cual, el uso de la cutícula artificial en el presente estudio permitió controlar la excesiva pérdida de la humedad en huevos provenientes de reproductoras pesadas viejas, lo cual posiblemente contribuyó a que no se observaran diferencias entre tratamientos con respecto al peso del embrión y al peso del saco vitelino al día 18 del DE.

Si bien, Juárez et al., (2003), han mostrado que la aplicación de una cutícula artificial tiene un efecto positivo sobre la incubabilidad, también han descrito que se ha observado una disminución del peso del pollito a la eclosión, aunque en el presente estudio no se observaron diferencias en los pesos de los embriones al día 18 del DE con aplicación de cutícula artificial (1% ó 2%) cuando se compararon con el grupo control.

La [CO<sub>2</sub>] determinada en la incubadora al día 10 del DE fue de 0.18%, es decir, con parámetros de ventilación estándar, sin embargo, es posible que en el interior del huevo la aplicación de la cutícula artificial produzca una [CO<sub>2</sub>] tolerable y benéfica para los embriones, toda vez, que Soria, (2012), mediante dos incubaciones que alcanzaron al día 10 del DE 1.0% y 0.6% observó una disminución en el peso promedio del pollito a la eclosión, así como, una disminución de la incubabilidad en comparación con un grupo de ventilación estándar, este último concuerda con los resultados del presente trabajo.

Con respecto a la pérdida de humedad en los huevos, la ausencia de la cutícula durante la incubación altera el intercambio gaseoso y facilita la contaminación, lo cual representa un riesgo para la viabilidad del embrión.

La utilización de una cutícula artificial en huevos de provenientes de gallinas viejas (más de 50 semanas de edad) en el presente estudio contribuyó a que el huevo embrionado tuviera una adecuada pérdida de humedad, lo cual puede explicar que tanto el peso de la canal del pollito como el peso del saco vitelino de los huevos con tratamiento de cutícula no difirieron significativamente con respecto al grupo de huevos sin cutícula, lo cual indicaría que la aplicación de esta estructura artificial permitió que el DE se llevara a cabo de manera normal.

De Smit et al., (2005) realizó un estudio con tres estirpes de pollos con diferentes niveles de susceptibilidad a síndrome ascítico, en el porcentaje de pérdida de peso del huevo al día 10 del DE fue entre 10% y 11%, mientras que en el presente estudio varió del 11% al 15% de acuerdo al grado de conductancia del cascarón, y hasta un 16% en cuanto a tratamientos con cutícula, los pesos del embrión obtenidos por De Smit al día 18 de DE fueron entre 27 y 28 g, mientras que en el presente estudio los pesos de los embriones a esa edad fueron de 25 a 27 g.

Esta diferencia de peso puede deberse a la masa inicial del huevo de acuerdo a la edad de las reproductoras, o bien, al hecho de realizar la incubación a 2,400 m.s.n.m, lo cual ejerce un efecto negativo en los parámetros productivos del pollo de engorda debido a que a grandes altitudes existe una menor disponibilidad de O<sub>2</sub> debido a la disminución de la presión parcial del mismo, lo cual junto con la aplicación de una cutícula artificial pudo contribuir a la presencia de un efecto negativo parcial sobre el DE, ya que el grupo control sin cutícula, fue el que mostró resultados más consistentes a los obtenidos por De Smit et al., (2005).

En cuanto al peso del corazón, De Smit et al., (2005) obtuvo pesos entre 0.18 g y 0.22 g mientras que en el presente experimento se registraron pesos entre 0.21 g y 0.25 g, cabe mencionar que dicha diferencia de peso puede atribuirse a la diferencia de edades de las gallinas reproductoras, ya que en el estudio realizado por De Smit las gallinas tenían 42 semanas de edad, mientras que en el experimento realizado fueron de 53 semanas, otro factor que podría explicar la diferencia de peso es que en los corazones del presente estudio se observó algún grado de hipertrofia cardiaca debido a la altitud en la que se realizó la incubación.

En los estudios realizados por Soria, (2012) bajo las mismas condiciones de altitud y con ventilación estándar se obtuvieron pesos similares a los embriones de este experimento. En un trabajo realizado por López, (2012), bajo las mismas condiciones de altitud y ventilación, se determinó que los pesos de los embriones y de los corazones al día 18 fueron menores a los analizados en este experimento, lo cual puede explicarse debido a que utilizó huevos provenientes de reproductoras ligeras, las cuales producen huevos menos pesados que las estirpes utilizadas por De Smit et al., (2005) y las del experimento realizado.

## SEGUNDO ESTUDIO

La restricción de ventilación durante los primeros 10 días de incubación en el segundo estudio generó una concentración de 0.9% de CO<sub>2</sub>, el incremento superó los niveles de tolerancia recomendados a nivel comercial (0.3-0.5%); sin embargo, se ha mostrado que un incremento gradual de CO<sub>2</sub> de 0.8 a 1.5% durante los primeros 10 días de incubación acelera el DE y mejora la incubabilidad (De Smit et al., 2006, 2008; Tona et al., 2007; Bruggeman et al., 2007).

La incubabilidad en el grupo de conductancia alta en la incubadora con VR fue mucho mayor (70.29%) que la observada en la incubadora con VE (34.28%), sin embargo, los grupos de huevos con conductancias media y baja de ambas incubadoras no presentaron diferencias significativas, por lo cual se puede decir que hay una mejora en los parámetros de incubación ligado principalmente al efecto del incremento de CO<sub>2</sub> durante la primera etapa del DE, lo cual pudiera deberse a que la alta [CO<sub>2</sub>] posiblemente evite la excesiva pérdida de humedad en los huevos de CH, lo cual favorezca que ésta pérdida se ubique dentro del rango óptimo que evite la incidencia de pollitos deshidratados adheridos al cascarón, además de que las altas concentraciones de CO<sub>2</sub> posiblemente favorezcan un mecanismo de disparo fisiológico que active el eje hipotálamo-hipófisis-adrenal para el aumento en la producción de hormonas de respuesta al estrés que contribuyan a la maduración de los sistemas respiratorio, circulatorio y muscular para superar las etapas críticas que representan el cambio de la respiración difusiva a convectiva, así como, la eclosión (De Smit et al., 2008; Girouard y Hall, 1973), (Miyamoto et al., 2005; Tona et al., 2007; Willemsen et al., 2008), lo anterior pudiera explicar los resultados obtenidos en el presente estudio, pues el grupo de CH de la incubadora con VE presentó un incremento considerable en la mortalidad embrionaria en la Etapa III,

además de que el grupo de CH de la incubadora con VE no presentó mortalidad embrionaria en la Etapa IV.

Con respecto a las condiciones medioambientales que generan cuadros de hipoxia e hipercapnia en los embriones de pollo, es preciso señalar que se ha reportado que las condiciones de incubación a 1,500 m.s.n.m provocan hipoxia moderada, y que a una altitud de 3,800 metros produce hipoxia severa en el embrión (Black y Snyder, 1988), esto aunado a un sistema de ventilación restringida puede favorecer la presentación de hipertrofia cardiaca (Hoer, 1988), similar a la hipertrofia ventricular derecha representativa en la presentación del síndrome ascítico en los pollos de engorda (Wood, 1991).

La mortalidad embrionaria de la Etapa I se mantuvo elevada en los grupos de conductancia alta y baja (46.77%) de la incubadora con VE, esto posiblemente debido a una falta de fortaleza del embrión, o bien, a factores inapropiados para el DE, sin embargo, los grupos de CH y CL de la incubadora con VR presentaron una disminución considerable en la mortalidad embrionaria de la Etapa I, lo cual pudiera explicar que individuos con el mismo contexto genético pueden mostrar un desarrollo distinto de acuerdo a las diferentes variables medioambientales a los que son expuestos.

En general, las aves son más tolerantes a la hipoxia que los mamíferos, ello se debe a adaptaciones fisiológicas en su sistema respiratorio, reajustes del transporte de O<sub>2</sub> en la sangre, modificaciones a nivel vascular cerebral (Faraci, 1991) y mayor afinidad de la hemoglobina al O<sub>2</sub> (Black y Snyder, 1980), por lo cual mediante el sistema de ventilación restringida durante los primeros 10 días de la incubación se obtiene una alta tensión de CO<sub>2</sub> en el interior del huevo, lo cual estimula el desarrollo embrionario.

Chan y Burggren,( 2005) determinaron que la MCA aumenta entre un 40% y 60% cuando existe una hipoxia transitoria sobre todo en el primer o último tercio del DE, mejor desarrollo vascular y una maduración temprana del sistema surfactante pulmonar, con inducción de un mecanismo epigenético que favorece la expresión genómica para inducir un equilibrio homeocinético desde una etapa temprana del DE ante las condiciones ambientales de un sistema de ventilación restringida, sin embargo, se debe tomar en cuenta que los cambios inducidos por las condiciones ambientales tales como la hipoxia e hipercapnia pueden desempeñar un papel importante en la estimulación del genotipo y

su interacción con el medio ambiente para producir un cierto grado de susceptibilidad al síndrome ascítico (Decuypere, 2002; Hassanzadeh et al., 2004; 2008).

El peso y la longitud del pollito fueron mayores en aquellos provenientes de los tratamientos con VR *versus* VE lo cual concuerda con lo observado en estudios realizados por De Smit et al., (2008); Tona et al., (2007) y López, (2011), han mostrado que la VR con incremento gradual de hasta 1% de CO<sub>2</sub>, ha influido en la obtención de mejores parámetros de incubación, pollitos más pesados y de mejor calidad a la eclosión, lo cual está correlacionado positivamente con un mejor rendimiento posterior y la disminución en la incidencia del síndrome ascítico, un indicador ideal para determinar el incremento de esta patología es la hipertrofia cardiaca del ventrículo derecho, la cual proporciona evidencia de que se ha realizado un aumento de la actividad cardiaca posiblemente debida a estenosis de la válvula pulmonar y arteria pulmonar que aumentan la presión arterial pulmonar, esta hipertrofia puede ser debida al incremento en el gasto cardiaco con la finalidad de realizar ajustes metabólicos que cubran las demandas de oxígeno en el embrión (Decuypere, 1979), lo cual finalmente resulta en la insuficiencia cardíaca y/o en la acumulación de líquido seroso en la cavidad abdominal (Julián, 1993).

El DE es un proceso dinámico entre la interacción del fondo genético del organismo y el medio ambiente en el que se desarrolla, por lo cual, la alta [CO<sub>2</sub>] en la incubadora durante los primeros 10 días del DE mejora de los parámetros de incubación, lo cual posiblemente está determinado por varios factores fisiológicos que pudieran actuar como un sistema de autorregulación que optimiza el DE.

Si bien en este experimento el IHCD de la ventilación restringida es numéricamente mayor al obtenido en la ventilación estándar no son significativamente diferentes. Algunos autores, han mencionado que las situaciones de hipoxia ocasionadas por la disminución experimental de la conductancia del cascarón, ocasiona que el embrión desarrolle adaptaciones fisiopatológicas similares a las de aves con ascitis, y los pollos obtenidos de dichos huevos son más propensos a desarrollar esta patología, lo cual se evidenció en los huevos de CL en el presente experimento, pues este grupo presentó un mayor IHCD lo cual puede deberse a que la VR ocasiona concentraciones de CO<sub>2</sub> intolerantes para los embriones provenientes de huevos con menor conductancia del cascarón.

### TERCER ESTUDIO

Los pollitos provenientes de la incubadora que trabajó bajo condiciones de VR en general presentaron mejores parámetros de incubabilidad, natalidad, longitud del embrión y calidad del pollito a la eclosión que los obtenidos en la incubadora de VE. Entre los mecanismos fisiológicos propuestos, De Smith et al., (2006), destacan que la mayor actividad hormonal de la corticosterona posiblemente contribuya a una maduración más temprana del sistema surfactante pulmonar, lo cual disminuye la ME en el inicio de la respiración pulmonar. Bahadoran et al., (2010), mencionaron que los efectos de la hipoxia e hipercapnia en esta etapa temprana del DE tienen una fuerte influencia sobre el mismo y que esto pudiera deberse a una mejor adaptación epigenética, lo cual en el presente caso contribuye a optimizar el desarrollo posterior de los embriones expuestos tempranamente a un ambiente específico de alta CO<sub>2</sub> y baja tensión de O<sub>2</sub>. Cabe recalcar que los efectos del CO<sub>2</sub> son diferentes de acuerdo al tiempo de exposición, a una concentración tolerable de ese gas, al tipo de estirpe y edad de la reproductora, es decir, el efecto del CO<sub>2</sub> que observamos en el tercer estudio produjo pocas diferencias con respecto al grupo de VE que el observado en el segundo experimento donde se encontraron diferencias más marcadas.

Entre los mecanismos fisiológicos propuestos, De Smith et al., (2006), destacan que la mayor actividad hormonal de la corticosterona posiblemente contribuya a una maduración más temprana del sistema surfactante pulmonar, lo cual disminuye la ME en el inicio de la respiración pulmonar. Bahadoran et al., (2010), mencionaron que los efectos de la hipoxia e hipercapnia en esta etapa temprana del DE tienen una fuerte influencia sobre el mismo y que esto pudiera deberse a una mejor adaptación epigenética, lo cual en el presente caso contribuye a optimizar el desarrollo posterior de los embriones expuestos tempranamente a un ambiente específico de alta CO<sub>2</sub> y baja tensión de O<sub>2</sub>.

Buys et al., (1998); Hassanzadeh et al., (2002); De Smit et al., (2006, 2008), han realizado estudios en los que muestran que el aumento de las concentraciones de CO<sub>2</sub> en la incubadora o la hipoxia durante el desarrollo embrionario a gran altitud, cambia la trayectoria de desarrollo de los embriones de pollo, y en consecuencia, se produce un efecto benéfico al momento de la eclosión, en los parámetros de producción después de la eclosión y en la disminución de la incidencia del síndrome ascítico.

En un estudio realizado por Camacho y Suarez, (2011) incubaron huevos de pollo de engorda provenientes de la gallinas de 32 semanas de edad de la estirpe Ross a 2,250 m.s.n.m, los cuales fueron sometidos a dos protocolos de enfriamiento que consistieron en 6 y 12 horas a temperatura ambiente (18 °C), los embriones al día 19 del DE no presentaron diferencias significativas en el peso del embrión en ninguno de los tratamientos cuando se compararon con un grupo control incubado en condiciones comerciales a 900 m.s.n.m, sin embargo, la situación de hipoxia en los huevos incubados a mayor altitud ocasionó menor peso del corazón y mayores dimensiones de largo y ancho posiblemente por un incremento en el gasto cardiaco como mecanismo compensatorio para paliar los efectos de la situación de hipoxia en los embriones, sin embargo, en el presente estudio no se observaron diferencias en el peso de los pollitos a la eclosión, ya sea por sistema de ventilación o grado de conductancia del cascarón, así mismo, tampoco se observaron diferencias en el peso del corazón, en el peso del ventrículo derecho, ni en el índice de hipertrofia cardiaca derecha, lo anterior pudiera deberse a que el incremento gradual de CO<sub>2</sub> en las primeras etapas del DE produzca un efecto que posiblemente contribuya a que el embrión logre adaptarse de una manera más eficiente a la situación hipóxica que posiblemente se produzca en el crecimiento exponencial de tejidos embrionarios, así como, el momento justo antes de iniciar el picaje interno, en el cual la concentración de O<sub>2</sub> puede disminuir hasta el 14% y la del [CO<sub>2</sub>] se incrementa hasta 60,000 ppm (Decuypere y Bruggeman, 2007).

Los mejores resultados de las incubaciones con protocolos de VR se han observado en embriones de reproductoras pesadas mayores a 45 semanas de edad, cuyos huevos son de mayor tamaño, y generalmente, su grado de conductancia del cascarón (G) es mayor, la VR permite evitar la excesiva pérdida de humedad, lo cual puede explicar la disminución de pollitos deshidratados adheridos a las membranas extraembrionarias o al cascarón en el presente estudio, y la disminución de la ME en la etapa IV del grupo de VR, posiblemente esto se debe a que los mecanismos homocinéticos en los embriones sobrevivientes permiten un desarrollo morfofisiológico más eficiente.

Willemsen et al., (2008), al utilizar condiciones de VR (10,000 ppm de CO<sub>2</sub>), observaron una disminución de la ME atribuida a una reducción en el número de embriones en mala posición, pero, en el presente estudio el grupo de conductancia baja de la incubadora VR fue el que presentó mayor ME en las etapas I y II, lo anterior posiblemente se debe a que



es menos eficiente el intercambio gaseoso entre el interior del huevo y el medio ambiente con alta  $\text{CO}_2$  en la incubadora, por lo que es posible que exista una mayor concentración de  $\text{CO}_2$  en el interior de estos huevos que en los de conductancia media y alta.

#### CUARTO ESTUDIO

En el presente estudio la restricción de la ventilación se realizó en ambas incubadoras durante los 10 primeros días de incubación lo cual permitió alcanzar un nivel de 12,000 ppm de  $\text{CO}_2$  (1.2%) para conocer de manera más marcada el efecto que tiene este modelo de incubación en los diferentes parámetros evaluados de acuerdo a los distintos grados de conductancia del cascarón en los huevos fértiles de gallina doméstica. Si bien algunos autores señalan que un incremento de  $\text{CO}_2$  arriba del 1% durante la incubación afecta de manera negativa el desarrollo del embrión, se ha mostrado que el efecto generado por el incremento de  $\text{CO}_2$  de manera gradual hasta concentraciones de 1.5% durante los primeros 10 días de incubación acelera el desarrollo embrionario y mejora la incubabilidad obteniendo pollitos más pesados y de mejor calidad al incubar huevos fértiles de gallinas reproductoras pesadas de la estirpe Ross 308.

Meir y Ar, (1987) y Bruzual et al., (2000), determinaron que los huevos con baja conductancia de cascarón incubados a una humedad relativa estándar de la incubadora del 55% retienen mayor cantidad de agua y los de alta conductancia del cascarón tienen mayor riesgo de deshidratarse debido a la mayor pérdida de peso en forma de vapor de agua. Lo anterior sugiere que se debe considerar el tamaño del huevo, la porosidad y el grado de conductancia del cascarón bajo las condiciones de presión atmosférica presentes en la altitud del sitio de incubación como factores importantes que determinan la pérdida de peso del huevo durante su incubación (Ar, 1993; Juárez et al., 2006, 2010).

En cuanto a los parámetros de incubabilidad y natalidad la conductancia que se observó con un mayor beneficio fueron los huevos con conductancia media este resultado se puede deber a la edad de la reproductora ya que en un estudio similar realizado con huevos fértiles de reproductoras pesadas de la estirpe Ross 308 de 34 semanas de edad el grupo de conductancia baja obtuvo mejores resultados en estos mismos parámetros que los huevos con conductancia media y alta, en el análisis de las mortalidades observamos que en las distintas etapas de mortalidad la conductancia más afectada es la alta, principalmente en la etapa 1 y 3, lo cual posiblemente estuvo vinculado al manejo

previo del huevo, a la susceptibilidad de algunos de estos embriones a los porcentajes de CO<sub>2</sub> registrados y a la gran capacidad de intercambio gaseoso que tiene esta conductancia y por ende una mayor pérdida de peso del huevo.

Como lo mencionan Decuypere et al., (2001) y Tona et al., (2005), el intercambio de oxígeno y dióxido de carbono es de fundamental importancia para el desarrollo embrionario durante la incubación, junto a otros factores como la temperatura, humedad relativa, ventilación y el volteo, los cuales tienen que ser controlados en la incubadora, los cuales no solo pueden afectar la viabilidad del embrión, sino que también afectan el desarrollo embrionario, la capacidad de eclosión y el picoteo, así como la funcionalidad y desarrollo posteriores. Hassanzadeh et al., (2002) mostraron que los huevos incubados en un medio ambiente con una concentración relativamente alta de dióxido de carbono y con alta altitud (2100msnm) durante los primeros 10 de la incubación que en un entorno con cantidades normales mostraron una eclosión temprana, mayor porcentaje de eclosiones y una menor incidencia al síndrome ascítico en el período de crecimiento, lo que da lugar a pensar que en el desarrollo embrionario los cambios inducidos por condiciones tales como la hipoxia y la hipercapnia provocada por el cierre parcial de la incubadora puede influir en el sistema cardiovascular, mediante la inducción de vasodilatación y aumento del flujo sanguíneo (Miyamoto et al., 2005) dando lugar a una susceptibilidad a ascitis, una condición patológica que se asocia mucho a la incidencia de síndrome ascítico es la hipertrofia cardíaca derecha así como la relación ventrículo derecho/peso total del corazón siendo estos los indicadores sobre la presencia o ausencia de síndrome ascítico.

Los resultados presentados en este estudio dan una idea del comportamiento de reacción del embrión ante el estímulo de estrés generado por la concentración acumulada de CO<sub>2</sub> en la incubadora y las diferencias que puede haber en los huevos fértiles sometidos a este tratamiento por su nivel de conductancia. Si bien los resultados de los investigadores que han trabajado con incubación cápnica son prometedores aún falta investigación para poder establecer un protocolo a nivel industrial y el comportamiento de los pollos nacidos bajo este modelo durante su vida productiva.

## QUINTO ESTUDIO

En el presente trabajo los valores de incubabilidad y natalidad de la incubadora con VR fueron mayores a los valores obtenidos en la incubadora con VE, sin embargo, se obtuvieron valores de incubabilidad y natalidad inferiores a los otros estudios del presente trabajo, lo anterior pudiera deberse a varios factores como son; un mayor tiempo de almacenamiento, manejo, traslado del huevo a la Ciudad de México, cambios bruscos de temperatura, entre otros. Lo anterior debido a un incremento considerable de la mortalidad embrionaria durante las primeras 48 horas de la incubación.

Se ha reportado que una menor disponibilidad de oxígeno (menos del 21%) puede ocasionar un incremento en la mortalidad embrionaria en las etapas III y IV debido a que el embrión de pollo consume un 60% más de oxígeno entre el inicio de la respiración pulmonar y la eclosión en comparación con las etapas anteriores (Visschedijk, 1968), por otra parte Decuyper et al., (2001), indicaron que una excesiva pérdida de CO<sub>2</sub> ocasiona un pH alto de la albúmina lo que puede mostrar un efecto negativo al momento del arranque del desarrollo embrionario o bien durante la fase temprana del mismo.

Una posible explicación de los beneficios de una incubación con ventilación limitada es que un aumento muy temprano en la concentración de CO<sub>2</sub> en el sistema favorece el inicio precoz de la expresión de las enzimas pH dependientes como la anhidrasa carbónica, que están involucradas en las primeras etapas del desarrollo embrionario. La anhidrasa carbónica está implicada en la formación de líquido sub embrionario, y la producción de este líquido es un evento crucial en el desarrollo temprano para la disolución de los nutrientes provenientes de la yema (Latter y Baggot, 2002). La reducción del pH de la albumina es posible que acelere la ruptura de las membranas chalacíferas haciendo que pierda dureza la albumina densa y acuosa lo cual favorece el transporte eficiente de oxígeno y nutrientes básicos hacia el embrión.

Los porcentajes de incubabilidad y natalidad fueron mayores en los grupos con VR, la mayor tasa de eclosión produjo un mayor número de pollitos en crianza en un menor espacio vital para los provenientes del sistema de VR, lo anterior provocó que se observara una mayor mortalidad en dicho grupo durante las semanas de engorda, lo cual pudiera deberse a la menor remoción de aire y la posible hipoxia que se observa en crianzas de pollos de engorde a grandes altitudes sobre el nivel del mar.

Sin embargo, la presencia de ascitis no difirió por sistema de ventilación, y en general, tampoco por grado de conductancia del cascarón, esto difiere con diversos autores que han mencionado como una causa del incremento de ascitis en pollos de engorda a la hipoxia generada durante las etapas tempranas del DE, así como, como un efecto de las condiciones medioambientales observadas durante la crianza a gran altitud sobre el nivel del mar (Julian, 1993; Wideman y French, 2000).

En el análisis de analitos químicos sanguíneos en pollitos de un día de edad, se observó que el valor de la glucosa fue mayor en el grupo de VR comparado al grupo de VE, sabemos que la glucosa es la principal fuente de energía para los tejidos y posiblemente el mayor desarrollo hepático observado en los pollitos de VR posiblemente produjo un mayor almacenamiento de glucógeno hepático y muscular, es posible que ese glucógeno hepático y muscular pueda ser utilizado como reserva de energía para el proceso del picaje, así como, para las primeras horas de vida antes del acceso al alimento sólido, lo cual pudiera explicar el mayor valor de glucosa en aquellos provenientes del sistema de VR.

En un estudio realizado por Miranda et al., (2007) en pollo de engorda midieron el nivel de glucosa en sangre en pollos con una semana de edad obteniendo un valor de 218.43 mg/dL lo que es equivalente a 12.12 mmol/L valor similar al alcanzado en los grupos de VE y VR con 11.58mmol/L y 12.16mmol/L respectivamente con un día de edad, cuando las aves se encuentran en ayuno, o sufren alguna situación de estrés como lo es en este caso el incremento de CO<sub>2</sub> de manera gradual durante los 10 primeros días de incubación, utilizan las reservas de glucógeno de los tejidos (glucogenolisis) con lo que aumentan los valores de glucosa en sangre (hiperglucemia).

La determinación de albúmina los valores obtenidos en este estudio fueron superiores en ambos grupos a los resultados de investigadores como Miranda et al., (2007) y Arrieta et al., (2007) es importante cuando se sospecha un proceso patológico intestinal, renal, hepático o una hemorragia. La albúmina es fundamental para el mantenimiento de la presión oncótica necesaria para la distribución correcta de los líquidos corporales entre el compartimento intravascular y el extravascular, localizado entre los tejidos y por consiguiente evitar los procesos de hipoxia observados en el S.A., de

Los niveles de proteína total en este estudio son superiores en ambos grupos a los resultados de investigadores como Miranda et al., (2007) y Arrieta et al., (2007) donde sus valores no pasan de los 4 mg/dL, estas proteínas son un indicativo de un buen funcionamiento hepático y renal, ayudan a la formación de anticuerpos, los valores observados en los grupos de CH de VR y CL de VE podrían ser indicativos de la ausencia de enfermedades de dichos órganos, lo cual contribuiría a una mejor absorción de nutrimentos y análogamente a una mejor conversión alimenticia, en cuanto a la albumina el mayor valor es observado en la CL de VE el cual es casi similar a lo observado en un estudio realizado por Bouda et al., (2004) en avestruces con 26 días de edad.

El ácido úrico es uno de los más importantes productos finales del metabolismo del nitrógeno en aves, en enfermedades renales de aves se incrementan las concentraciones sanguíneas de ácido úrico, creatinina y urea en cuanto al valor del ácido úrico el más alto está en la CH de VR y este es menor en lo pollitos que en los avestruces, , lo cual es indicativo de que hay un mayor proceso metabólico en estos pollitos debido a la estimulación temprana de su desarrollo embrionario.

En los niveles de AST los valores obtenidos en esta prueba son mayores a los descritos por Arrieta et al., (2007) quienes trabajaron con pollos híbridos de 42 días de edad. Generalmente la actividad sérica de AST en aves es considerada un indicador sensible de daño o disfunción hepatocelular, debido a que la necrosis u otra alteración que aumente la permeabilidad celular, podría causar liberación e incremento inmediato de esta enzima en el suero, la interpretación de su aumento debe ir acompañada con el estudio paralelo de otras enzimas hepáticas. Niveles elevados de esta enzima por si solo indican afectaciones hepáticas o daños musculares, pero si unido a un aumento de la Aspartato aminotransferasa (AST), la Creatinina quinasa (CK) presenta niveles normales es entonces más probable que el aumento de la AST sea de origen hepático, ya que la CK se enfoca en enfermedades musculares. En este estudio los valores de AST y CK son menores a los registrados en los avestruces. La enzima glutamin deshidrogenasa (GLDH) es una enzima que nos indica si hay un daño hepático en las aves ya que solo se encuentran en cantidades elevadas cuando existe daño biliar u obstrucción.

Los resultados de los analitos químicos obtenidos son difíciles de analizar e interpretar ya que la falta de repeticiones y la carencia de estudios similares con los cuales compararlos dificulta dicha labor, por lo que se propondría repetir dicho experimento con la finalidad de corroborar dichos resultados y obtener más información al respecto en cuanto al comportamiento de dichos analitos en los sistemas de ventilación de una sola etapa con protocolos de VE y VR.

En el proceso de engorda de las aves durante 6 semanas con la finalidad de observar los efectos de la ventilación restringida sobre el desarrollo de los pollos y una posible disminución de la incidencia de síndrome ascítico (SA) se determinó que peso del pollo durante las primeras 5 semanas de engorda fue mayor en las aves provenientes de la incubadora bajo el sistema de ventilación restringida, sin embargo, en la sexta semana el peso fue mayor en los pollos del sistema de ventilación estándar, lo cual puede ser debido a la crianza a gran altitud sobre el nivel del mar, a las modificaciones en espacio en el que se realizó el experimento debido a la mayor cantidad de pollos del grupo de VR, por lo cual, la competencia por el alimento y la falta de espacio afectaron el óptimo desarrollo de los pollos sobrevivientes sobre todo en este grupo, lo cual también explica el menor peso obtenido en ambos grupos con relación al peso esperado de acuerdo a la estirpe empleada.

El peso del corazón así como del ventrículo derecho fue mayor en el grupo de ventilación estándar lo cual es un indicador de una mayor predisposición a síndrome ascítico por parte de este grupo, si bien el IHCD que es un indicador importante del síndrome ascítico no mostro diferencia entre ambos grupos, por lo cual los otros dos parámetros cardiacos analizados contribuyeron sustancialmente a complementar los resultados observados, el área del corazón fue mayor en el grupo VR durante las primeras 3 semanas y durante la última semana, mientras que el grupo VE el área del corazón fue mayor en la 4 y 5 semana y el índice de forma cardiaca fue mayor en la 3, 4 y 5 semana en el grupo VR manteniendo cierta uniformidad, estos 2 parámetros dan un enfoque de aproximación a nuevas formas de medir la alteración morfo-fisiológica de este sistema anatómico y su papel sobre la posible susceptibilidad (antes de la 5 semana) del síndrome ascítico, lo cual contribuyó a generar nueva información sobre el estudio de este problema y que deberá considerarse en el contexto de modificación que se tiene debido a un efecto epigenético sobre el sistema circulatorio del ave desde la etapa embrionaria.

En cuanto a la mortalidad durante la etapa de engorda en las dos primeras semanas la causa principal de mortalidad fue por aplastamiento de los pollitos a partir de la tercera semana es cuando se comienza a observar ascitis en los pollos en ambos grupos, en la cuarta semana se observa un aumento en la presencia de ascitis en los pollos de VE, en la quinta semana se sigue observando ascitis pero su presencia es en menor, y en la sexta semana no se observo ascitis en ninguno de los pollos estudiados, cabe señalar que al terminar el estudio de los pollos que quedaron y fueron posteriormente sacrificados no se observo presencia de ascitis lo único que se observo en algunos pollos fue la presencia de cardiomegalia e hidropericardio. Un punto a considerar es que los pollos no alcanzaron el peso esperado en las semanas analizadas, lo cual repercute directamente en la presencia de síndrome ascítico, esto es posiblemente la razón por la cual fue baja la de incidencia de síndrome ascítico. En un estudio realizado por Arce et al., (2002) se observo que la mortalidad ocasionada por el SA disminuyó a medida que envejece la reproductora, independientemente del peso del huevo. De la misma manera el grosor del cascarón y calidad de la albúmina. Lo anterior demuestra que la mortalidad por SA está en función de la edad de la reproductora, el grado de fortaleza física del embrión y no en el peso del huevo.

La crianza en alturas elevadas fue considerada como uno de los principales factores que predisponen a su presentación, debido a la menor tensión del oxígeno atmosférico atribuida principalmente a la baja presión lo cual favorece una hipoxia crónica (López et al., 1982), actualmente, recientes investigaciones mencionan que las temperaturas bajas y el incremento acelerado en la ganancia de peso corporal de las nuevas generaciones, son los principales detonantes para su manifestación (Balog et al., 2003). La metodología de VR utilizada por De Smit et al., (2008) determino que en una línea de pollo de engorda altamente susceptible a SA se disminuye este padecimiento y adicionalmente se mejora la tasa de incubabilidad, se requieren efectuar más estudios similares a los efectuados por Bahadoran et al., (2010) donde se comparo la incubación a nivel del mar *versus* a gran altitud y posteriormente la crianza de ambos grupos de pollos obteniendo mejores parámetros de incubabilidad, tiempo de eclosión e incidencia de ascitis el grupo incubado a gran altitud.

Estos estudios, nos indican que no solo hay que tener en cuenta la interrelación de la hipoxia con el síndrome ascítico, si no que deberá verificarse el impacto que la hipercapnia durante la primera mitad del desarrollo embrionario muestra sobre la incidencia de este padecimiento. En el estudio realizado por Bahadoran et al., (2010) la mortalidad por ascitis comienza a observarse en la semana 3 en su grupo de incubación a nivel del mar, caso contrario a este experimento en donde en ambos grupos del estudio se presenta en esta semana, lo cual concuerda con lo mencionado en la literatura sobre este padecimiento, los pesos alcanzados en la semana 6 son muy similares en ambos estudios, sin embargo es mayor la presencia de ascitis en el grupo de VR de este estudio en comparación al grupo de incubación a gran altitud de Bahadoran et al., (2010), la cual fue realizada a 2100 msnm. Varios factores pueden haber interactuado para esta diferencia desde la edad de las reproductoras de las cuales provienen los huevos fértiles, condiciones de incubación que si bien manejan un concepto similar, la metodología es distinta, condiciones de crianza, etc.



## VIII. CONCLUSIONES

- La incubación con ventilación restringida durante la primera mitad del desarrollo embrionario donde se permitió un incremento de al menos 10,000-12,000 ppm de CO<sub>2</sub> durante esta etapa del desarrollo embrionario muestra ventajas en los parámetros de incubación con relación a un protocolo de ventilación estándar.

- La ventilación restringida mostró un efecto favorable sobre los parámetros de incubación en huevos de pollo de engorda, especialmente en los provenientes de gallinas reproductoras viejas, con un efecto significativo del nivel de conductancia del cascarón, en el cual el grado de conductancia del mismo modifica de forma significativa la trayectoria del desarrollo embrionario de acuerdo a la edad de las aves reproductoras de donde proviene este huevo fértil.

- La ventilación restringida produce embriones más robustos y pesados en las primeras etapas del desarrollo embrionario, esta condición podría explicarse debido a un efecto de tipo epigenético el cual debido a esta posible aceleración del DE indujo una modificación en la morfología del corazón de los embriones de pollo de engorda incubados a gran altura sobre el nivel del mar, el cual persistió en las aves durante su crianza y que contribuyó a la disminución de los factores etiológicos incidentales ligados al síndrome ascítico.

- El sistema de ventilación restringida podría estar contribuyendo a fortalecer el sistema cardio-respiratorio de los embriones a través de un mecanismo epigenético temprano y por lo tanto esta modificación de respuesta en la oxigenación de los tejidos del ave puede favorecer una disminución en la mortalidad debida al síndrome ascítico en pollos de engorda incubados y criados a más de 2,000 m.s.n.m.

## VIII. REFERENCIAS

- Ar, A.; Rahn, H. (1979). Interdependence of gas conductance, incubation length, and weight of the avian egg. *Respiratory Function in Birds, Adult and Embryonic*, 9, 227-236.
- Ar, A. (1993). Gas exchange of the avian embryo at altitude - The half-empty glass. *Funktionsanalyse biologischer Systeme*. 23, 339-350.
- Arce M.J.; Ávila G.E. y López C.C. (2002). Edad de reproductora pesada y peso del huevo sobre los parámetros productivos y la incidencia del síndrome ascítico en la progenie. *Téc Pec Mex*. 40(2), 149-155.
- Arrieta, M.D.; Pérez, A.M.L.; Luengo, A.; Hernandez, J.P.; Lista, A.D. y Mosquera, J. (2007). Alteraciones histológicas hepáticas e incremento de proteínas séricas en pollos de engorde alimentados con dietas suplementadas con *Saccharomyces cerevisiae*. *Invest Clin*. 48(4), 431 – 443.
- Bahadoran, S.; Hassanzadeh, M. y Zamanimoghaddam, A.K. (2009) Effect of chronic hypoxia during the early stage of incubation on prenatal and postnatal parameters related to ascites syndrome in broiler chickens. *Iranian Journal of Veterinary Research*, 11, (1) 30.
- Balog, J.M. (2003). Ascites syndrome (pulmonary hypertension syndrome) in broiler chickens: Are we seeing the light at the end of the tunnel?. *Avian Poult. Biol. Rev.*, 14, 99-126.
- Boerjan, M. (2005). Maximizando la uniformidad y la calidad de los pollitos. *Boletín AP, Pass Reform Hatchery Technologies*, 23,18-23.
- Bouda, J.; Quiroz, R.F.G.; Sanchez, R.E.; Esquivel, P.J. y Davalos F.J.L. (2004). Valores bioquímicos selectos en plasma sanguíneo de avestruces de diferentes edades y sexo. *Vet Mex* 35, (1).
- Burton, R.R. y Smith, A.H. (1967). Effect of polycitemia and chronic hipoxia in heart mass in the chicken. *J Appl Physiol*, 4, 782-85.
- Burton, R.R.; Smith, A.H.; Carlisle, J.C. y Sluka, S.J. (1969). Role of hematocrit, heart mass and high altitude exposure in acute hypoxia tolerance. *J Appl Physiol*, 27, 49-52.

- Buys, N.; Dewil, E.; Gonzales, E. y Decuypere, E. (1998). Different CO<sub>2</sub> levels during incubation interact with hatching time and ascites susceptibility in two broiler lines selected for different growth rate. *Avian Pathology*, 27, 605-612.
- Black, C.P. y Snyder, G.K. (1988). Oxygen transport in the avian egg at high altitude. *Am. Zool.*, 20, 461-468.
- Brannan, K.E. (2007). The effect of early incubation temperature and late incubation conditions on embryonic development and subsequent broiler performance. Thesis of Master of Science. Raleigh (North Carolina). *North Carolina State University*.
- Bruggeman, V.; Witters, A.; De Smit, L.; Debonne, M.; Everaert, N. y Kamers, B. (2007). Acid–base balance in chicken embryos (*Gallus domesticus*) incubated under high CO<sub>2</sub> concentrations during the first 10 days of incubation. *Resp Physiol y Neurobiol*, 159, 147-154.
- Bruzual, J.J.; Peak, S.D.; Brake, J. y Peebles, E.D.; (2000). Effects of relative humidity during incubation on hatchability and body weight of broiler chicks from young breeder flocks. *Poult Sci.*, 79, 827-830. (a)
- Bruzual, J.J.; Peak, S.D.; Brake, J. y Peebles, E.D.; (2000). Effects of relative humidity during the last five days of incubation and brooding temperature on performance of broiler chicks from young broiler breeders. *Poult Sci.*, 79, 1385-1391. (b)
- Camacho, E.M.A. y Suarez O.M.E. (2011). Desarrollo cardiaco embrionario en broilers en relación con enfriamiento y altitud. *Arch Footed*, 60 (229), 105-112
- Chan, T. y Burggren, W. (2005). Hypoxic incubation creates differential morphological effects during specific developmental critical windows in the embryo of the chicken (*Gallus gallus*). *Resp Physiol & Neurobiol*, 145, 251-263.
- Chimene, C. N. J.; Buyse, N.; Buys, M.; Ladmakhi, G. A. A.; Albers, AND E. Decuypere. (1995). Interaction of genotype, egg-shell conductance and dietary T3 supplementation in the development of heart-failure syndrome and ascites in broiler-chickens. *Arch. Geflu" gelkd.* 59, 129–134.

- Christensen, V.L.; Ort, D.T.; Suvarna, S.; Croom, W.J.Jr. y Grimes, J.L. (2003). Relationship of the Eggshell Conductance Constant to Intestinal Physiology. *International Journal of Poultry Science* 2 (3): 207-213, 2003.
- Christensen, V.L.; Ort, D.T. y Grimes, J.L. (2003). Relationship of the Eggshell Conductance Constant to Neonatal Cardiac Physiology. *International Journal of Poultry Science* 2, (3) 220-228.
- Christensen, V.L.; Wineland, M.J.; Ort, D.T.; Mann, K.M. (2005). Eggshell conductance and incubator ventilation as factor in embryo survival and poult quality. *Inter J of Poult Sci* 4, 818-826.
- Christensen, V.L.; Bagley, L.G.; Olson, T.; Grimes, J.L. y Ort, D.T. (2006). Eggshell Conductance of Turkey Eggs Affects Cardiac Physiology and Subsequent Embryo Survival. *International Journal of Poultry Science*. 5 (12): 1096-1101.
- Coleman, M.A. y Coleman, G.E. (1991). Ascites control through proper hatchery management. *Misset World Poultry*, 7, 33-35.
- Collin, A.; Picard, M.; Yahav, S. (2005). The effect of duration of thermal manipulation during broiler chick embryogenesis on body weight and body temperature of post-hatched chicks. *Anim Res*, 54,105-111.
- Cunnigham, D.L. (2006). Cash flow estimates for contract broiler production in Georgia: A 20-year analy.
- Decuypere, E. (1979). Effect of incubation temperature patterns on morphological, physiological and reproduction criteria in Rhode Island red birds. *Agricultura*, 27, 65-68.
- Decuypere, E.; Dewil, E. y KÜHN, E.R. (1991). The hatching process and the role of hormones. In: Tullet, SG (Ed.). *Avian Incubation. Butterworth-Heinemann., London*, 239-256.
- Decuypere, E; Buyse, J y Buys, N. (2000). Ascites in broiler chickens: exogenous and endogenous structural and functional causal factors. *World's Poult. Sci. J.*, 56, 367-377.
- Decuypere, E; Tona, K; Bruggeman V, y Bamelis, F. (2001). The day old chick: a crucial hinge between breeders and broilers. *World's Poultry Science Journal* 57, 127-138.

- Decuypere, E. (2002). Ascites as a multifactorial syndrome of broiler chickens: considerations from a developmental and selection viewpoint. *Proceedings of the 2<sup>nd</sup> symposium of world's poultry science association of the Iran branch*. 12-14 October. Tehran, Iran, 119-136.
- Decuypere, E.; Onagbesan, O.; De Smit, D.; Tona, K.; Everaert, N.; Witters, A., Debonne, M., Verhoelst, V., Buyse, J., Hassanzadeh, M., Debaerdemaeker, J., Arckens, L. y Bruggeman, V. (2006). Hypoxia and hypercapnia during incubation of chicken eggs on development and subsequent performance. XII European Poultry Congress, 10–14 September, Verona, Italy, *World's Poul. Sci. J.* 62, 486–487
- Deeming, D.C.(1989). Importance of sub-embryonic fluid and albumen in the embryo's response to turning of the egg during incubation. *Br. Poult. Sci.* 30,591–606.
- Dewil, E; Buys, N.; Albers, Gaa y Decuypere, E. (1996). Different characteristics in chick embryos of two broiler lines differing in susceptibility to ascites. *Br. Poult. Sci.*, 37, 1003-1013.
- De Smit, L.; Tona, K.; Bruggeman, V.; Onagbesan, O.; Hassanzadeh, M.; Arckens, L. y Decuypere, E. Comparison of three lines of broilers differing in ascites susceptibility of growth rate. 2. (2005). Egg weight loss, gas pressures, embryonic heat production and physiological hormones levels. *Poult. Sci.*, 84, 1446-1452.
- De Smit, L.; Bruggeman, V.; Tona, K.; Debonne, M.; Onagbesan, O. y Arckens, L. (2006). Embryonic development plasticity: increased CO<sub>2</sub> in the incubator during the early stages of incubation changes the developmental trajectories of the chick during prenatal and postnatal growth. *Comparative Biochemistry & Physiology* ,145 (2), 166-175.
- De Smit, L.; Bruggeman, V.; Debonne, M.; Tona, J. K.; Kamers, B.; Everaert N.; Wltters, A., Onagbesan O., Arckens, L., DE Baerdemaeker J. y Decuypere, E. (2008) The effect of nonventilation during early incubation on the Embryonic Development of Chicks of two Commercial Broiler Strains Differing in Ascites Susceptibility. *Poultry Science*, 87, 551-560.

- Dörner, G.(1974). Environment-dependent brain differentiation and fundamental processes of life. *Acta Biol. Med. German*,33, 129-148.
- Faraci, F.M. (1991). Adaptations to hypoxia in birds: how to fly high. *Annu. Rev. Physiol.*, 53, 59-70.
- Fitz-Coy, S.H. y Hartner-Dennis, J.M. (1988). Incidence of ascites in broiler and roaster chickens. *Poult. Sci.*, 67, 87.
- French, N.A. (1997). Modeling incubation temperature: The effects of incubator design, embryonic development, and egg size. *Poultry Science*, 76,124–133
- García, H.J. (2012) El incremento gradual de CO<sub>2</sub> en la primera mitad de la incubación y un cambio posterior de presión de O<sub>2</sub> en cámara de aire modifican la trayectoria de incubación en aves domesticas. Tesis de licenciatura. México, D.F., Universidad Nacional Autónoma de México.
- Gill, J.L. (1978). Design and analysis of experiments in the animal and sciences Ames (Ia). *The Iowa State University Press* (1)
- Girouard, R.J. y Hall, B.K. (1973). Pituitary-adrenal interaction and growth of the embryonic avian adrenal gland. *J. Exp. Zool.* 183:323–331
- Hassanzadeh M.; Bozorgmeri, F.M.; Akbari, A.R.; Buyse, J. y Decuypere, E. (2000). Effect of intermittent lighting schedules during the natural scotoperiod on T3-induced ascites in broiler chickens. *Avian Pathology*, 29, 433-439.
- Hassanzadeh, M.; Buyse, J. y Decuypere, E. (2002). Further evidence for the involvement of cardiac  $\beta$ -adrenergic receptors in right ventricle hypertrophy and ascites in broiler chickens. *Avian Pathology* , 31, 177-181.
- Hassanzadeh, M.; Bozorgmeri Fard, M.H.; Buyse, J.; Bruggeman, V. y Decuypere, E. (2004). Effect of chronic hypoxia during the embryonic development on the physiological functioning and on hatching parameters related to ascites syndrome in broiler chickens. *Avian Pathology*, 33, 558-564.

- Hassanzadeh, M.; Gilanpour, H.; Charkkar, S.; Buyse, J. y Decuypere, E. (2005). Anatomical parameters of cardiopulmonary system in three different lines of chickens: further evidence for involvement in ascites syndrome. *Avian Pathology* , 34, 1-6.
- Hassanzadeh, M.; Buyse, J. y Decuypere, E. (2008). Further evidence for the involvement of anatomical parameters of cardiopulmonary system in the development of ascites syndrome in broiler chickens. *Acta Veterinaria Hungarica* ,56, 71-80.
- Havenstein, G.B.; Ferket, P.R. y Qureshi, M.A. (2003). Growth, livability, and feed Conversion of 1957 versus 2001 broilers when fed representative 1957 and 2001 broiler diets. *Poult Sci*, 82, 1500-1508.
- Hoer F.J. Patogenesis of ascites. (1988). *Poultry Digest*, 1, 8-12.
- Huchzermeyer, F.W. y De Ruyck, A.M. (1986). Pulmonary hypertension syndrome associated with ascites in broilers. *Vet. Rec.*, 119, 94.
- Janke, O.; Tzschentke, B. y Boerjan, M. (2004). Comparative investigations of heat production and body temperature in embryos of modern chicken breeds. *Avian and Poult. Biol. Rev.* , 15:191-196.
- Joseph, N.S.; Lourens, A. Moran, E.T. (2006). The effects of suboptimal eggshell temperature during incubation on broiler chick quality, live performance, and further processing yield. *Poult Sci* , 85, 932-938.
- Juárez, E.M.A.; Cervantes, S.R.; Quintana, L.J.A.; Prado, R.O.F. y Ávila, G.E. Evaluación de una cutícula artificial sobre la pérdida de humedad e incubabilidad en huevos de aves Leghorn de segundo ciclo. *Memorias XXVII Convención anual ANECA; 2002 mayo 1-4; Puerto Vallarta (Jalisco) México. México (DF): A.N.E.C.A. A.C., 2002:284-287.*
- Juárez, E.M.A.; Quintana, L.J.A. y Prado, R.O.F. (2006) Efecto del peso inicial y pérdida de peso durante la incubación sobre la tasa de eclosión de huevos de avestruz (*Struthio camelus*). *Rev. Vet. Mex.* 37 (4).

- Juárez, E.M.A.; López, C.S. y Ledesma, M.N. (2010). El embriodiagnóstico como herramienta imprescindible para la evaluación del proceso de incubación en aves domésticas. XIX Congreso Nacional de Patología Veterinaria. Villahermosa (Tabasco) México. S.M.P.V., A.C. 525-535.
- Julian, R.J. (1993). Ascites in poultry – Review article. *Avian Pathol.*, 22, 419-454.
- Julian, R.J. (2000). Physiological, management and environmental triggers of the ascites syndrome: a review. *Avian Pathol.*, 29, 519- 527.
- Julian, R.J. (2005). Production and growth related disorders and other metabolic disease of poultry – a review.. *Vet. J.*, 169, 350-369.
- López, C.C.; Casas, C.L. y Paasch, L.M. (1982). Efecto de la altura sobre la presentación del síndrome ascítico. Memorias I Reunión de Investigación Pecuaria en México. México, D.F., 214-217.
- López, C.S.; Juárez, E.M.A. y Prado R.O.F. (2009). Una escala no invasiva para la clasificación de la calidad en pollitos recién nacidos permite valorar el proceso de incubación. XXXIV Convención ANEC. Acapulco de Juárez (Guerrero); México. A.N.E.C.A., AC. 1-9.
- Lopez C.S. (2012). Evaluación del incremento de CO<sub>2</sub> en la etapa temprana de incubación sobre el desarrollo embrionario en aves domésticas. Tesis de maestría. México, D.F., Universidad Nacional Autónoma de México.
- López, R.E.I. (2011). Desarrollo embrionario durante la incubación con incremento gradual de CO<sub>2</sub> en huevos fértiles de gallina doméstica (*Gallus gallus*). Tesis de licenciatura. México, D.F., Universidad Nacional Autónoma de México.
- Lourens, A.; Van Den Brand H.; Meijerhof R, y Kemp, B. (2005). Effect of eggshell temperature during incubation on embryo development, hatchability, and posthatch development. *Poult Sci*, 84, 914-920.
- Lourens, A.; Molenaar, R.; Van Den Brand, H.; Heetkamp, M.J.W.; Meijerhof, R. y Kemp, B. (2006). Effect of egg size on heat production and the transition of energy from egg to hatchling. *Poult Sci*, 85, 770-776.



- Luger, D.; D. Shinder, y S. Yahav. (2002). Hyper or hypothyroidism: Its association with the development of ascites syndrome in fast-growing chickens. *Gen. Comp. Endocrinol.*, 127, 293–299.
- Malan, D.D.C.W.; Scheele, J.; Buyse, C.; Kwakernaak, F. K.; Siebrits, J. D.; Van Der Klis, y E. Decuypere. (2003). Metabolic rate and its relationship with ascites in chicken genotypes. *Br. Poult. Sci.* 44:309–315.
- Meir, M. y Ar, A. (1987). Improving turkey poult quality by correcting incubator humidity to match eggshell conductance. *Br. Poult. Sci.* 28, 337–342.
- Miranda, L.S.; Rincón, R.H.; Muñoz, R.; Higuera, A.; Arzálluz, F.A.M. y Urdaneta, H. (2007). Parámetros productivos y química sanguínea en pollos de engorde alimentados con tres niveles diéticos de harina de granos de frijol (*vigna unguiculata* (L.) Walp.) Durante la fase de crecimiento. *Revista Científica, FCV-LUZ.* XVII (2), 150 – 160.
- Miyamoto, O.; Sumitani, K.; Takahashi, M.; Hirakawa, H.; Kusakabe T. y Hayashida Y. (2005). Vascular changes in the rat brain during chronic hypoxia in the presence and absence of hypercapnia. *Acta Med. Okayama.* 59, 135–143.
- Nichelmann, M; Höchel, J. y Tzschentke, B. (1999). Biological rhythms in birds development, insights and perspectives. *Comp. Biochem. Physiol. A Mol. Integr. Physiol.*, 124, 429-437.
- Olkowski, A.A.; Abbott, J.A. y Classen, H.L. (2005). Pathogenesis of ascites in broilers raised at low altitude: aetiological considerations based on echocardiographic findings. *J. Vet. Med. A.*, 52, 166-171.
- Pakdel, A.; Van Arendonk, J.A.; Vereijken, A.L. y Bovenhuis, H. (2002). Direct and maternal genetic effects for ascites-related traits in broilers. *Poult. Sci.*, 81, 1273-1279.
- Paasch, L. (1991). Desarrollo de algunas investigaciones sobre síndrome ascítico en México. *Ciencia Veterinaria.* Vol. 5
- Peacock, A.J.; Pickettm, C.K.; Morris, K.G. y Reeves, J.T. (1990). Spontaneous hypoxemia and right ventricular hypertrophy in fast growing broiler chickens reared at sea level. *Comp. Biochem. Physiol. A.*, 97, 537-547.

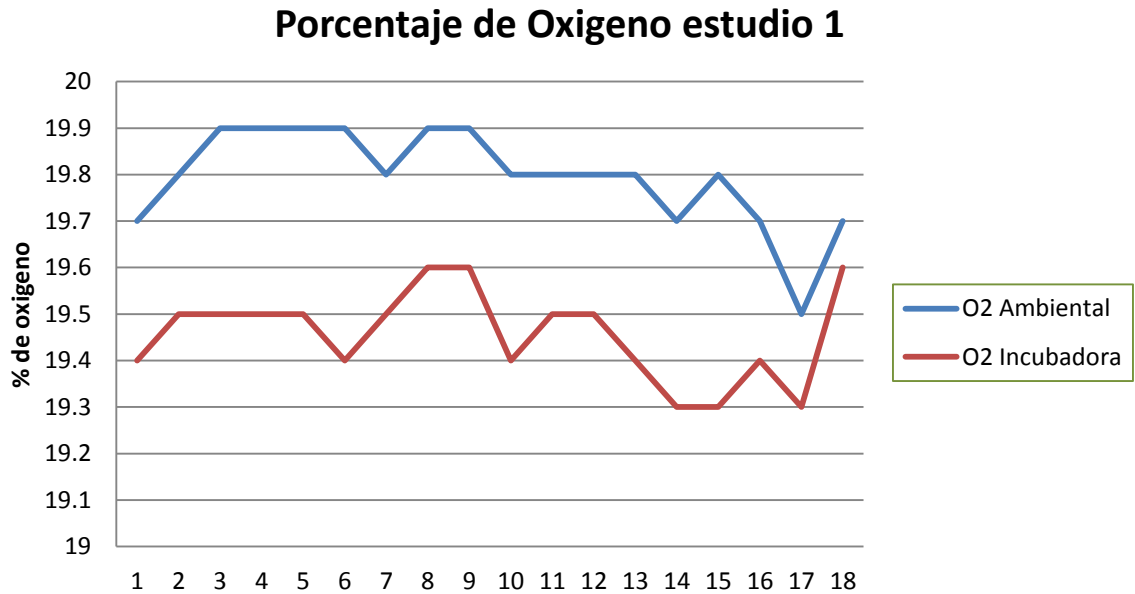
- Roush, W. B. y Wideman, R.F. (2000). Evaluation of growth velocity and acceleration in relation to pulmonary hypertension syndrome. *Poultry Sci.* 79, 180-191.
- Tona, K.; Malheiros, RD.; Bamelis, F.; Careghi, C.; Moraes V.M.B. y Onagbesan O. (2003). Effects of storage time on incubating egg gas pressure, thyroid hormones, and corticosterone levels in embryos and on their hatching parameters. *Poult Sci*, 82,840–845.
- Tona, K.; Onagbesan O.M.; Jegu Y.; Kamers B; Decuypere E. y Bruggeman V. (2004). 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*, 83, 507-513.
- Tona, K.; Bruggeman, V.; Onagbesan, O.; Bamelis, F.; Gbeassor, M.; Mertens, K. y Decuypere, E. (2005). Day-old chick quality: relationship to hatching egg quality, adequate incubation practice and prediction of broiler performance. *Avian Poult. Biol. Rev.*, 16, 109-119.
- Tona K.; Onagbesan O.; Bruggeman V.; De Smit, y Figueiredo, D. (2007). 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*, 4,150-175.
- Sadler, W.W.; Wilgus, H.S. y Buss, E.G. (1954). Incubation factors affecting hatchability of poultry eggs. *Poult. Sci.*, 33, 1108-1115.
- Scheele, C.W.; Decuypere, E.; Vereijken, P.F.G. y Schreurs, F.J.G. Ascites in broilers. 2. (1971-1984) .Disturbances in the hormonal regulation of metabolic rate and fat metabolism. *Poult. Sci.*, 71,
- Scheele, C. W. J. D.; Van Der Klis, C.; Kwakernaak.; N. Buys, y E. Decuypere.(2003). Haematological characteristics predicting susceptibility for ascites. 2. High haematocrit values in juvenile chickens. *Br. Poult. Sci*, 44,484–489.
- Shlosberg, A.E.; Berman, V.; Bendheim y I. Plavnik, (1991). Controlled early feed restriction as a potential means of reducing the incidence of ascites in broilers. *Avian Diseases*, 35, 847-852.

- Soria, L.P. (2012) Desarrollo embrionario durante la incubación con incremento gradual de CO<sub>2</sub> en huevos de aves domésticas (*Gallus gallus*) con un sellado artificial temporal de los poros del cascarón. Tesis de licenciatura. México, D.F., Universidad Nacional Autónoma de México.
- Tzschentke, B.; Basta, D. y Nichelmann, M. (2001). Epigenetic temperature adaptation in birds: peculiarities and similarities in comparison to acclimation. *News Biomed. Sci.*, 1: 26-31.
- Unión Nacional de Avicultores. Indicadores económicos, producción pecuaria 2014, Participación porcentual.
- Visschedijk, A.H. (1968). The air space and embryonic respiration. The balance between oxygen and carbon dioxide in the air space of the incubating chicken egg and its role in stimulating pipping. *Brit. Poult. Sci*, 9, 197-210.
- Wideman, R.F.J.R y French, H. (2000). Ascites resistance of progeny from broiler breeders selected for two generations using chronic unilateral pulmonary artery occlusion. *Poult. Sci.*, 79, 396-401.
- Wideman, R.F. (2001). Pathophysiology of Heart/lung disorders: pulmonary hypertension syndrome in broiler chickens. *WorldPoult Sci J*, 57, 289-307
- Willemsen. H.; Everaert, N.; Witters, A.; De Smit, L.; Debonne, M. y Verschuere, F. (2008). Critical Assessment of chick quality measurements as an indicator of post hatch performance. *Poult Sci*, 87, 2358-2366.
- Whittow, G. (1999). Sturkie's Avian Physiology. 5th ed. Springer-Verlag Inc., New York, NY.
- Wood, S.C. (1991). Interactions between hypoxia and hypothermia. *Annu. Rev. Physiol.*, 53, 71- 85.
- Yahav, S.; Colli, A.; Shinder, D. y Picard, M. (2004). Thermal manipulations during broiler chick embryogenesis: Effects of timing and temperature. *Poult Sci*, 83, 1959-1963.

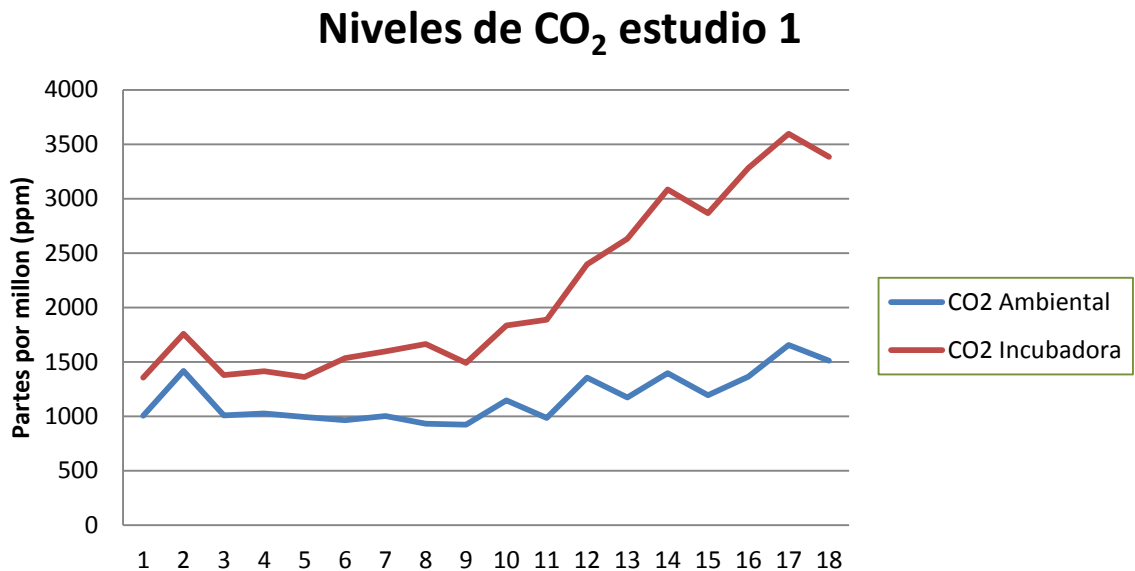
- Ylldirim, I. y Aygün, A. (2004). The effects of different cabinet temperatures during last stage of incubation on hatching traits of different egg weight groups in broiler hatching eggs. *S.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18, 28-32.

## IX. GRÁFICOS Y CUADROS

**Gráfico 1.** Comparación del Porcentaje de oxígeno ambiental y en la incubadora hasta el día 18 del primer estudio.

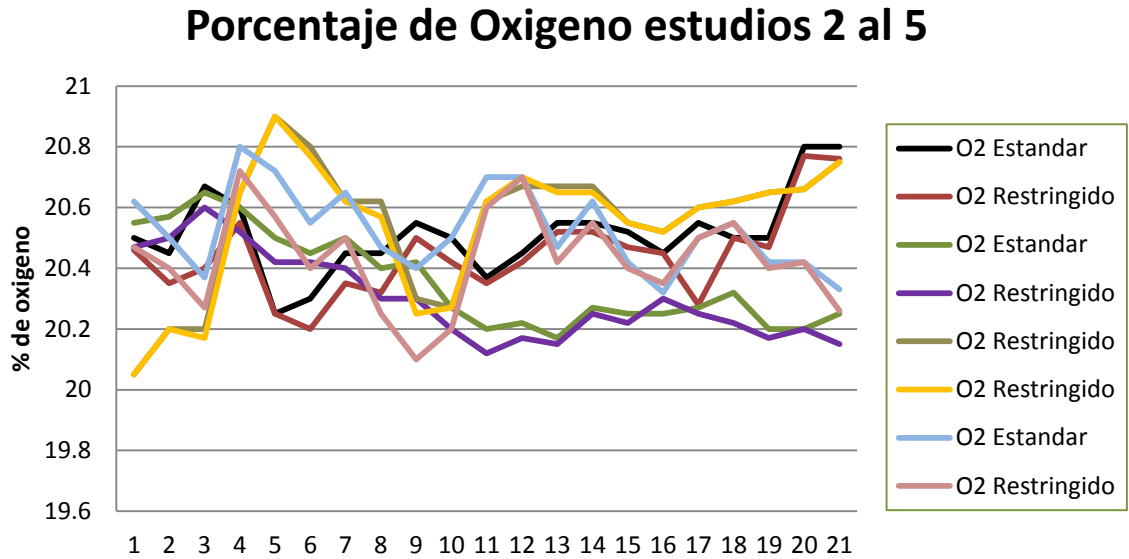


**Gráfico 2.** Comparación del nivel de CO<sub>2</sub> ambiental y en la incubadora hasta el día 18 del primer estudio.

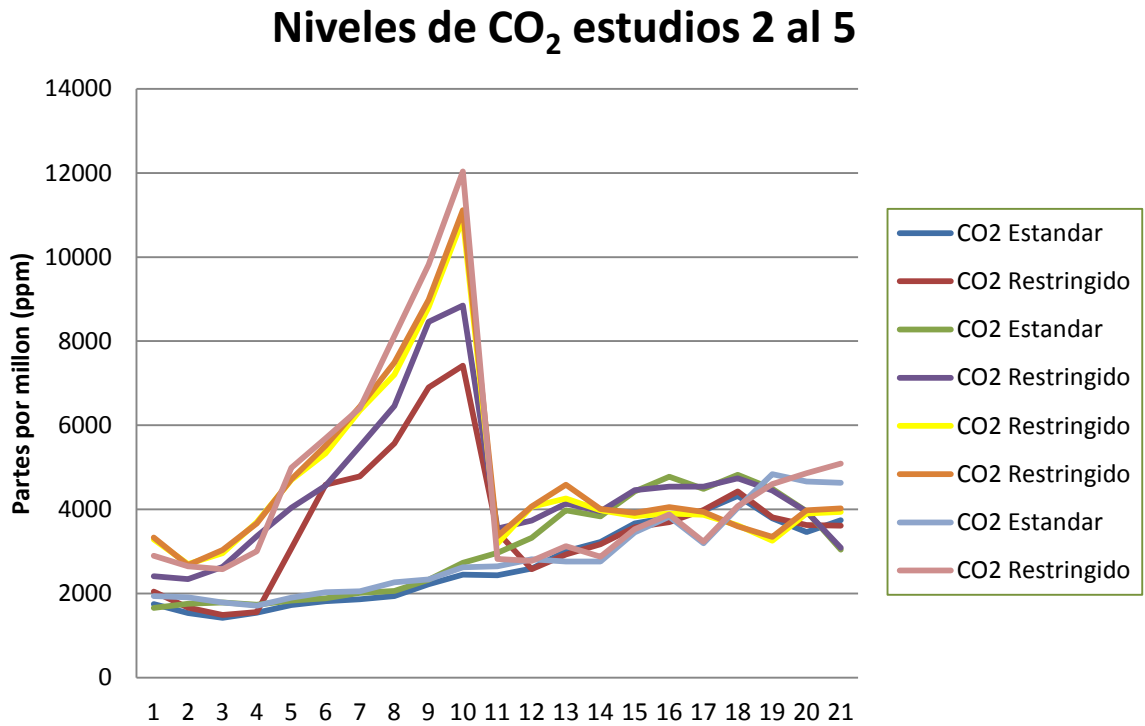


\*A partir del día 10 comienza a haber un incremento en el CO<sub>2</sub> de la incubadora llegando a las 3585 ppm al día 17.

**Gráfico 3.** Comparación del porcentaje de oxígeno en las incubadoras con ventilación estándar y restringida hasta el día 21 del segundo al quinto estudio.



**Gráfico 4.** Comparación de los niveles de CO<sub>2</sub> en las incubadoras con ventilación estándar y restringida hasta el día 21 del segundo al quinto estudio.



\*Las diferencias observadas se describen en el apartado de resultados.

## PRIMER ESTUDIO

**Cuadro 1.** Peso del huevo y porcentaje de pérdida de peso en huevos fértiles de gallina doméstica de la estirpe Ross 308 de 53 semanas de edad.

Parámetro	Conductancia		
	Alta	Media	Baja
Peso del huevo al día 1 DE (g)	67.06	66.50	65.31
Peso de huevo al día 10 DE (g)	61.53	61.98	60.55
% de pérdida de peso al día 10 DE*	5.51 <sup>A</sup>	4.77 <sup>B</sup>	3.93 <sup>C</sup>
Peso del huevo al día 18 (g)	56.38	57.74	56.88
% de pérdida de peso al día 18 DE	15.16 <sup>A</sup>	13.54 <sup>B</sup>	11.81 <sup>C</sup>

n=Alta 63, Media 126, Baja 63 huevos.

\* Porcentaje de pérdida de peso.

\*\*Literales diferentes en superíndice al valor referido comparadas entre grupos en cada una de las filas indican diferencia estadística significativa (P<0.05).

**Cuadro 2.** Porcentaje de pérdida de peso en huevos fértiles de gallina doméstica de la estirpe Ross 308 de 53 semanas de edad con aplicación de cutícula artificial al 1% y 2%.

Conductancia	Pérdida de peso al día 10 DE (%)	Pérdida de peso al día 18 DE (%)
Alta con cutícula al 1%*	7.73 <sup>AB**</sup>	15.07 <sup>A</sup>
Alta con cutícula al 2%	7.38 <sup>AB</sup>	14.63 <sup>AB</sup>
Alta sin cutícula	8.87 <sup>A</sup>	15.73 <sup>A</sup>
Media con cutícula al 1%	6.82 <sup>BC</sup>	13.12 <sup>BC</sup>
Media con cutícula al 2%	6.97 <sup>BC</sup>	12.91 <sup>BC</sup>
Media sin cutícula	7.55 <sup>AB</sup>	14.32 <sup>AB</sup>
Baja con cutícula al 1%	5.65 <sup>C</sup>	10.16 <sup>D</sup>
Baja con cutícula al 2%	5.68 <sup>C</sup>	11.57 <sup>CD</sup>
Baja sin cutícula	6.45 <sup>BC</sup>	12.44 <sup>C</sup>

\* Porcentaje de pérdida de peso.

\*\*Literales diferentes en superíndice al valor referido comparadas entre grupos en cada una de las columnas indican diferencia estadística significativa (P<0.05).

**Cuadro 3.** Comparación de pesos de órganos y relación peso del corazón / peso del embrión y saco vitelino de los distintos tratamientos empleados en huevos de gallina reproductora pesada de la estirpe ROSS 308 (*Gallus gallus*) de 53 semanas de edad.

Parámetros	Conductancia		
	Alta	Media	Baja
<b>Peso Corazón (g)</b>			
Control	0.24 <sup>AB</sup>	0.25	0.21 <sup>AB</sup>
Cutícula al 1%	0.27 <sup>A</sup>	0.25	0.23 <sup>A</sup>
Cutícula al 2%	0.21 <sup>B</sup>	0.23	0.20 <sup>B</sup>
<b>Peso Hígado (g)</b>			
Control	0.55 <sup>B</sup>	0.68 <sup>A</sup>	0.53 <sup>B</sup>
Cutícula al 1%	0.71 <sup>A</sup>	0.69 <sup>A</sup>	0.71 <sup>A</sup>
Cutícula al 2%	0.71 <sup>A</sup>	0.46 <sup>B</sup>	0.46 <sup>B</sup>
<b>Peso Intestino (g)</b>			
Control	0.43 <sup>A</sup>	0.30 <sup>A</sup>	0.35 <sup>A</sup>
Cutícula al 1%	0.50 <sup>A</sup>	0.32 <sup>A</sup>	0.38 <sup>A</sup>
Cutícula al 2%	0.26 <sup>B</sup>	0.25 <sup>B</sup>	0.18 <sup>B</sup>
<b>Peso Bazo (g)</b>			
Control	0.08 <sup>AB</sup>	0.10 <sup>A</sup>	0.08
Cutícula al 1%	0.10 <sup>A</sup>	0.10 <sup>A</sup>	0.08
Cutícula al 2%	0.07 <sup>B</sup>	0.07 <sup>B</sup>	0.07
<b>Peso Embrión (g)</b>			
Control	27.44	27.59	26.54
Cutícula al 1%	25.75	27.42	26.88
Cutícula al 2%	25.88	25.44	24.40
<b>Peso Saco Vitelino (g)</b>			
Control	15.90	15.34	15.76
Cutícula al 1%	14.92	15.20	16.45
Cutícula al 2%	15.36	15.07	14.42
<b>Relación Corazón/ P. Embrión (%)</b>			
Control	0.90	0.95	0.85
Cutícula al 1%	1.04	0.92	0.88
Cutícula al 2%	0.84	0.92	0.83

\*Literales diferentes en superíndice al valor referido comparadas entre grupos en cada una de las columnas indican diferencia estadística significativa (P<0.05).



## SEGUNDO ESTUDIO

**Cuadro 4.** Peso del huevo y pérdida de peso promedio durante la incubación con ventilación restringida de CO<sub>2</sub> durante la primer mitad del desarrollo embrionario de huevos de aves Ross 308 (*Gallus gallus*) de 48 semanas de edad.

Parámetros	Conductancia					
	Alta*	Alta	Media*	Media	Baja*	Baja
Peso promedio inicial del huevo (g)**	69.52	66.45	66.93	65.85	64.99	64.87
Pérdida de peso día 10 (%)**	5.41 <sup>B</sup>	7.39 <sup>A</sup>	4.57 <sup>B</sup>	5.95 <sup>A</sup>	4.24 <sup>B</sup>	5.31 <sup>A</sup>
Pérdida de peso día 13 (%)**	10.25 <sup>B</sup>	12.24 <sup>A</sup>	8.54 <sup>B</sup>	9.87 <sup>A</sup>	7.70 <sup>B</sup>	8.57 <sup>A</sup>
Pérdida de peso día 18 (%)**	13.79 <sup>B</sup>	16.00 <sup>A</sup>	11.65 <sup>B</sup>	13.02 <sup>A</sup>	10.32 <sup>B</sup>	11.21 <sup>A</sup>

n=Alta 63, Media 126, Baja 63 huevos.

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

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

**Cuadro 5.** Parámetros de incubación en huevos de gallina reproductora pesada de la estirpe Ross 308 (*Gallus gallus*) de 48 semanas de edad incubados con ventilación restringida durante la primera mitad del desarrollo embrionario.

Parámetros	Conductancia					
	Alta*	Alta	Media*	Media	Baja*	Baja
Fertilidad aparente**	75.39	83.88	84.92	84.55	84.44	87.14
Incubabilidad**	70.29 <sup>A</sup>	34.28 <sup>B</sup>	67.37	68.75	71.33	70.25
Natalidad**	43.65 <sup>A</sup>	22.53 <sup>B</sup>	46.82	50.40	51.66	46.98
Mortalidad etapa I***	26.66% <sup>B</sup>	46.77% <sup>A</sup>	34.92% <sup>A</sup>	23.57% <sup>B</sup>	24.13% <sup>B</sup>	46.77% <sup>A</sup>
Mortalidad etapa II***	3.33% <sup>A</sup>	0% <sup>B</sup>	0% <sup>B</sup>	0.81% <sup>A</sup>	0%	0%
Mortalidad etapa III***	15% <sup>B</sup>	24.19% <sup>A</sup>	15.07%	15.44%	12.06%	12.90%
Mortalidad etapa IV***	0% <sup>B</sup>	1.61% <sup>A</sup>	3.17%	1.62%	1.72%	1.61%

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

\*\*Valor porcentual a partir de 63 huevos por tratamiento de alta y baja conductancia, así como, 126 huevos de conductancia media por incubadora; valores en la misma fila con diferente letra superíndice difieren significativamente entre sí, Tukey (P<0.05).

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

**Cuadro 6.** Calidad, peso y longitud de los pollitos provenientes de huevos de gallina reproductora pesada de la estirpe Ross 308 (*Gallus gallus*) de 48 semanas de edad incubados con ventilación restringida durante la primera mitad del desarrollo embrionario.

Parámetros	Conductancia					
	Alta*	Alta	Media*	Media	Baja*	Baja
<b>Excelente (%)** ψ</b>	3.84 <sup>A</sup>	0.0 <sup>B</sup>	5.08 <sup>A</sup>	1.61 <sup>B</sup>	3.33 <sup>A</sup>	0 <sup>B</sup>
<b>Bueno (%)** ψ</b>	76.92 <sup>A</sup>	35.71 <sup>B</sup>	79.66 <sup>A</sup>	43.54 <sup>B</sup>	66.66 <sup>A</sup>	37.93 <sup>B</sup>
<b>Regular (%)** ψ</b>	15.38 <sup>B</sup>	21.41 <sup>A</sup>	13.55 <sup>B</sup>	40.32 <sup>A</sup>	26.66 <sup>B</sup>	44.32 <sup>A</sup>
<b>Deficiente (%)** ψ</b>	3.84 <sup>B</sup>	28.57 <sup>A</sup>	1.69 <sup>B</sup>	11.29 <sup>A</sup>	3.33 <sup>B</sup>	13.79 <sup>A</sup>
<b>Inaceptable (%)** ψ</b>	0.0 <sup>A</sup>	14.28 <sup>A</sup>	0.0 <sup>B</sup>	3.22 <sup>A</sup>	0.0 <sup>B</sup>	3.44 <sup>A</sup>
<b>Longitud del pollito (cm)** Φ</b>	17.96 <sup>A</sup>	17.53 <sup>B</sup>	17.91 <sup>A</sup>	17.65 <sup>B</sup>	18.12 <sup>A</sup>	17.67 <sup>B</sup>
<b>Peso del pollito (g)** Φ</b>	46.82 <sup>A</sup>	44.86 <sup>B</sup>	46.19	45.98	47.04 <sup>A</sup>	45.61 <sup>B</sup>

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

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

**Cuadro 7.** Peso de órganos y relación del corazón con algunas estructuras del pollito en dos sistemas de ventilación con diferentes niveles de conductancia durante el periodo de incubación en huevos de gallina reproductora pesada de la estirpe Ross 308 (*Gallus gallus*) de 48 semanas de edad.

Parámetros	Conductancia		
	Alta	Media	Baja
<b>Peso Corazón (g)</b>			
Ventilación Estándar	0.33 <sup>B</sup>	0.36	0.34
Ventilación Restringida*	0.38 <sup>A</sup>	0.35	0.35
<b>Peso Ventrículo Derecho (g)</b>			
Ventilación Estándar	0.10	0.10	0.11 <sup>A</sup>
Ventilación Restringida*	0.12	0.10	0.07 <sup>B</sup>
<b>Peso Saco Vitelino (g)</b>			
Ventilación Estándar	8.40	8.41	8.33
Ventilación Restringida*	8.32	8.64	8.14
<b>Peso Hígado (g)</b>			
Ventilación Estándar	1.01	0.98	0.94
Ventilación Restringida*	1.09	0.99	1.03

<b>IHCD</b>			
Ventilación Estándar	30.55	28.41	32.28
Ventilación Restringida*	32.31	30.37	32.12
<b>Relación Corazón/Peso Pollo (%)</b>			
Ventilación Estándar	0.74	0.78	0.75
Ventilación Restringida*	0.83	0.78	0.78
<b>Relación Corazón/Saco Vitelino (%)</b>			
Ventilación Estándar	4.02	4.14	3.61 <sup>A</sup>
Ventilación Restringida*	3.90	4.68	2.55 <sup>B</sup>

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

Literales diferentes en superíndice al valor referido comparadas entre grupos en cada una de las columnas indican diferencia estadística significativa (P<0.05).

### TERCER ESTUDIO

**Cuadro 8.** Peso del huevo y pérdida de peso promedio durante la incubación con ventilación restringida de CO<sub>2</sub> durante la primer mitad del desarrollo embrionario de huevos de aves Ross 308 (*Gallus gallus*) de 34 semanas de edad.

Parámetros	Conductancia					
	Alta*	Alta	Media*	Media	Baja*	Baja
<b>Peso promedio inicial del huevo (g)**</b>	60.98	61.14	60.05	61.17	61.07	61.94
<b>Pérdida de peso día 10 (%)**</b>	6.23 <sup>B</sup>	7.56 <sup>A</sup>	4.74 <sup>B</sup>	6.23 <sup>A</sup>	3.82 <sup>B</sup>	5.35 <sup>A</sup>
<b>Pérdida de peso día 13 (%)**</b>	8.69 <sup>B</sup>	9.93 <sup>A</sup>	6.63 <sup>B</sup>	8.24 <sup>A</sup>	5.44 <sup>B</sup>	7.07 <sup>A</sup>
<b>Pérdida de peso día 18 (%)**</b>	11.84 <sup>B</sup>	14.02 <sup>A</sup>	10.50 <sup>B</sup>	11.81 <sup>A</sup>	8.54 <sup>B</sup>	10.25 <sup>A</sup>

n=Alta 63, Media 126, Baja 63 huevos.

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

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

**Cuadro 9.** Ventana de nacimiento de los pollitos provenientes de huevos fértiles de gallina reproductora pesada de la estirpe ROSS 308 (*Gallus gallus*) de 34 semanas de edad incubados con ventilación restringida durante la primera mitad del desarrollo embrionario.

Parámetros	Conductancia					
	Alta*	Alta	Media*	Media	Baja*	Baja
<b>Inicio de P.E. (horas)**</b>	486	486	482	482	496	496
<b>Termino de Nacimientos (horas)**</b>	536 <sup>B</sup>	544 <sup>A</sup>	532 <sup>B</sup>	544 <sup>A</sup>	534 <sup>B</sup>	544 <sup>A</sup>
<b>Duración (horas)**</b>	50 <sup>B</sup>	58 <sup>A</sup>	50 <sup>B</sup>	62 <sup>A</sup>	38 <sup>B</sup>	48 <sup>A</sup>

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

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

**Cuadro 10.** Parámetros de incubación en huevos de gallina reproductora pesada de la estirpe Ross 308 (*Gallus gallus*) de 34 semanas de edad incubados con ventilación restringida durante la primera mitad del desarrollo embrionario.

Parámetros	Conductancia					
	Alta*	Alta	Media *	Media	Baja*	Baja
<b>Incubabilidad**</b>	74.38	71.78	76.08 <sup>B</sup>	84.59 <sup>A</sup>	88.44	86.43
<b>Natalidad**</b>	73 ± 16	67.22	74.26	77.64	87.52 <sup>A</sup>	74.30 <sup>B</sup>
<b>Mortalidad etapa I***</b>	0% <sup>B</sup>	7.89% <sup>A</sup>	3.22%	5.17%	0% <sup>B</sup>	7.69% <sup>A</sup>
<b>Mortalidad etapa II***</b>	5.88%	5.26%	1.61%	3.44%	0% <sup>B</sup>	7.69% <sup>A</sup>
<b>Mortalidad etapa III***</b>	15.68% <sup>A</sup>	7.01% <sup>B</sup>	7.74%	5.17%	10%	10.25%
<b>Mortalidad etapa IV***</b>	8.82% <sup>A</sup>	0% <sup>B</sup>	3.22%	5.17%	10% <sup>A</sup>	0% <sup>B</sup>

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

\*\*Valor porcentual a partir de 63 huevos por tratamiento de alta y baja conductancia, así como, 126 huevos de conductancia media; valores en la misma fila con diferente letra superíndice difieren significativamente entre sí, Tukey ( $P < 0.05$ )

\*\*\*Valor porcentual promedio de mortalidad embrionaria; valores en la misma fila con diferente letra superíndice son diferentes entre sí, prueba  $\chi^2$  ( $P < 0.05$ ).

**Cuadro 11.** Calidad, peso y longitud de los pollitos, peso de corazón, hígado, y peso y longitud de intestinos provenientes de huevos de gallina reproductora pesada de la estirpe Ross 308 (*Gallus gallus*) de 34 semanas de edad incubados con ventilación restringida durante la primera mitad del desarrollo embrionario.

Parámetros	Conductancia					
	Alta*	Alta	Media*	Media	Baja*	Baja
<b>Excelente (%)**</b> $\psi$	5.40 <sup>A</sup>	2.74 <sup>B</sup>	9.58 <sup>A</sup>	1.36 <sup>B</sup>	2.43	2.27
<b>Bueno (%)**</b> $\psi$	72.97	67.56	76.71	79.45	85.36 <sup>A</sup>	72.72 <sup>B</sup>
<b>Regular (%)**</b> $\psi$	13.69 <sup>B</sup>	21.62 <sup>A</sup>	12.32 <sup>B</sup>	19.18 <sup>A</sup>	9.75	13.63
<b>Deficiente (%)**</b> $\psi$	4.10	5.40	1.36 <sup>A</sup>	0.0 <sup>B</sup>	0.0 <sup>B</sup>	6.81 <sup>A</sup>
<b>Inaceptable (%)**</b> $\psi$	1.36	2.74	0.0	0.0	2.43 <sup>B</sup>	4.54 <sup>A</sup>
<b>Longitud del pollito (cm)**</b> $\Phi$	17.17	17.15	17.40 <sup>A</sup>	17.18 <sup>B</sup>	17.24 <sup>A</sup>	17.09 <sup>B</sup>

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

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

**Cuadro 12.** Peso del pollito, órganos internos y relación de las proporciones del corazón con respecto al del pollito, canal, saco vitelino y ventrículo derecho así como el área de la silueta cardiaca y el índice de forma del corazón, provenientes de gallina reproductora pesada de la estirpe Ross 308 (*Gallus gallus*) de 34 semanas de edad incubados con ventilación restringida durante la primera mitad del desarrollo embrionario y con distinto nivel de conductancia.

Parámetros	Conductancia		
	Alta	Media	Baja
<b>Peso del pollito (g)</b>			
Ventilación Estándar	41.83	42.70	43.50
Ventilación Restringida*	42.11	43.15	43.87
<b>Peso canal (g)</b>			
Ventilación Estándar	31.36	31.76	32.34
Ventilación Restringida*	32.20	32.89	33.26
<b>Peso Corazón (g)</b>			
Ventilación Estándar	0.31	0.32	0.31
Ventilación Restringida*	0.32	0.33	0.32

<b>Peso Ventrículo Derecho (g)</b>			
Ventilación Estándar	0.06	0.06	0.06
Ventilación Restringida*	0.06	0.07	0.06
<b>Peso Hígado (g)</b>			
Ventilación Estándar	0.88	0.87	0.88
Ventilación Restringida*	0.89	0.88	0.87
<b>Peso Saco Vitelino (g)</b>			
Ventilación Estándar	6.92	6.96	7.00
Ventilación Restringida*	6.72	6.70	6.82
<b>IHCD</b>			
Ventilación Estándar	20.31	20.48	20.26
Ventilación Restringida*	20.88	21.41	19.71
<b>Relación Corazón/ Peso Pollito (%)</b>			
Ventilación Estándar	0.75	0.77	0.73
Ventilación Restringida*	0.77	0.76	0.74
<b>Área total del corazón</b>			
Ventilación Estándar	0.69	0.67	0.69
Ventilación Restringida*	0.61	0.63	0.61
<b>Índice de forma cardíaca (IFC)</b>			
Ventilación Estándar	78.08 <sup>B</sup>	78.81	81.11
Ventilación Restringida*	88.84 <sup>A</sup>	83.30	85.78

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

Literales diferentes en superíndice del valor referido comparadas en la misma columna indican diferencia estadística significativa ( $P < 0.05$ ) entre tratamientos. N= 2 máquinas incubadoras Sportsman núm 1502.

## CUARTO ESTUDIO

**Cuadro 13.** Peso del huevo, pérdida de peso y temperatura promedio durante la incubación con ventilación restringida de CO<sub>2</sub> durante la primer mitad del desarrollo embrionario de huevos de aves Ross 308 (*Gallus gallus*) de 40 ½ semanas de edad.

Parámetros	Conductancia		
	Alta	Media	Baja
Peso promedio inicial del huevo (g)**	65.01	65.14	64.99
Pérdida de peso día 10 (%)**	5.10 <sup>A</sup>	4.36 <sup>B</sup>	3.56 <sup>C</sup>
Pérdida de peso día 12 (%)**	6.72 <sup>A</sup>	5.65 <sup>B</sup>	4.79 <sup>C</sup>
Pérdida de peso día 14 (%)**	9.05 <sup>A</sup>	7.11 <sup>B</sup>	6.40 <sup>C</sup>
Pérdida de peso día 16 (%)**	11.84 <sup>A</sup>	9.18 <sup>B</sup>	7.61 <sup>C</sup>
Pérdida de peso día 18 (%)**	14.63 <sup>A</sup>	11.01 <sup>B</sup>	9.49 <sup>C</sup>

n= Alta 66, Media 120, Baja 66 por incubadora

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

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

**Cuadro 14.** Ventana de nacimiento de los pollitos provenientes de huevos fértiles de gallina reproductora pesada de la estirpe ROSS 308 (*Gallus gallus*) de 40 ½ semanas de edad incubados con ventilación restringida durante la primera mitad del desarrollo embrionario.

Parámetros	Conductancia		
	Alta	Media	Baja
Inicio de P.E. (horas)**	490	490	490
Termino de Nacimientos (horas)**	531 <sup>B</sup>	534 <sup>AB</sup>	536 <sup>A</sup>
Duración (horas)**	41 <sup>B</sup>	44 <sup>AB</sup>	46 <sup>A</sup>

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

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

**Cuadro 15.** Parámetros de incubación en huevos de gallina reproductora pesada de la estirpe Ross 308 (*Gallus gallus*) de 40 ½ semanas de edad incubados con ventilación restringida durante la primera mitad del desarrollo embrionario.

Parámetros	Conductancia		
	Alta	Media	Baja
Fertilidad aparente**	96.22%	96.22%	96.22%
Incubabilidad**	76.50% <sup>B</sup>	84.21% <sup>A</sup>	81.77% <sup>AB</sup>
Natalidad**	73.61% <sup>B</sup>	81.02% <sup>A</sup>	78.68% <sup>AB</sup>
Mortalidad etapa I***	10.52% <sup>A</sup>	0.69% <sup>C</sup>	6.25% <sup>B</sup>
Mortalidad etapa II***	5.26%	5.55%	6.25%
Mortalidad etapa III***	7.01% <sup>A</sup>	4.16% <sup>B</sup>	6.25% <sup>A</sup>
Mortalidad etapa IV***	3.50% <sup>A</sup>	4.16% <sup>A</sup>	0% <sup>B</sup>

n= Alta 66, Media 120, Baja 66 por incubadora

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

\*\*Valor porcentual, valores en la misma fila con diferente letra superíndice difieren significativamente entre sí, Tukey (P<0.05)

\*\*\*Valor porcentual promedio de mortalidad embrionaria; valores en la misma fila con diferente letra superíndice son diferentes entre sí, prueba  $\chi^2$  (P < 0.05).

**Cuadro 16.** Calidad de los pollitos eclosionados de huevos fértiles de gallina reproductora pesada de la estirpe Ross 308 (*Gallus gallus*) de 40 ½ semanas de edad incubados con ventilación restringida durante la primera mitad del desarrollo embrionario.

Parámetros	Conductancia		
	Alta	Media	Baja
Excelente (%)** $\psi$	38.50 <sup>A</sup>	33.66 <sup>A</sup>	23.66 <sup>B</sup>
Bueno (%)** $\psi$	41.16 <sup>B</sup>	47.50 <sup>B</sup>	58.16 <sup>A</sup>
Regular (%)** $\psi$	15.33	14.16	9.50
Deficiente (%)** $\psi$	0.0 <sup>B</sup>	5.06 <sup>A</sup>	5.58 <sup>A</sup>
Inaceptable (%)** $\psi$	6.72 <sup>A</sup>	1.96 <sup>C</sup>	3.58 <sup>B</sup>

n= Alta 53, Media 100, Baja 55 pollitos nacidos.

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

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



**Cuadro 17.** Peso y longitud de los pollitos provenientes de huevos de gallina reproductora pesada de la estirpe Ross 308 (*Gallus gallus*) de 40 ½ semanas de edad incubados con ventilación limitada durante la primera mitad del desarrollo embrionario.

Parámetro	Ventilación Restringida* (%)	
	11,930ppm de CO <sub>2</sub> al día 10	12,250 ppm de CO <sub>2</sub> al día 10
Longitud del pollito por incubadora (cm)	17.78	17.75
Peso del pollito por incubadora (g)	46.53	46.29
Peso de la canal por incubadora (g)	37.84	37.54
Peso del SV residual por incubadora (g)	7.60	7.62
Peso del hígado por incubadora (g)	0.94	0.92
Peso del corazón por incubadora (g)	0.34	0.33
Peso del ventrículo derecho por incubadora (g)	0.051	0.050
Peso de intestinos por incubadora (g)	1.34	1.31
Longitud de intestinos por incubadora (cm)	29.96	29.91

n= Alta 53, Media 100, Baja 55 pollitos nacidos

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

**Cuadro 18.** Peso y longitud de los pollitos provenientes de huevos con diferente conductancia de cascarón de gallina reproductora pesada de la estirpe Ross 308 (*Gallus gallus*) de 40 ½ semanas de edad incubados con ventilación limitada durante la primera mitad del desarrollo embrionario.

Parámetros	Conductancia		
	Alta	Media	Baja
Longitud del pollito (cm)	17.86	17.89	17.55
Peso del pollito (g)	46.29	46.97	45.93
Peso de la canal (g)	37.31	38.41	36.73
Peso del SV residual (g)	7.50	7.43	7.90

<b>Peso del hígado (g)</b>	0.94	0.92	0.91
<b>Peso del corazón (g)</b>	0.34	0.34	0.33
<b>Peso de intestinos (g)</b>	1.34	1.37	1.32
<b>Longitud de intestinos(cm)</b>	30.00	30.04	29.66

n= Alta 53, Media 100, Baja 55 pollitos nacidos

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

**Cuadro 19.** Relación de las proporciones del corazón con respecto a los pesos de la canal, saco vitelino y ventrículo derecho con distintos niveles de conductancia del cascaron provenientes de gallina reproductora pesada de la estirpe Ross 308 (*Gallus gallus*) de 40 ½ semanas de edad incubados con ventilación limitada durante la primera mitad del desarrollo embrionario al día 21.

<b>Parámetro</b>	<b>Ventilación Restringida* (%) 12,000 ppm de CO<sub>2</sub> al día 10</b>		
	<b>Alta</b>	<b>Media</b>	<b>Baja</b>
<b>Proporción peso del corazón/peso de la canal (%)</b>	0.9201 <sup>AB</sup>	0.8822 <sup>B</sup>	0.9469 <sup>A</sup>
<b>Proporción peso del corazón/peso del s.v. (%)</b>	4.41	4.48	4.63
<b>Índice de hipertrofia cardiaca derecha (IHCD)</b>	14.33 <sup>B</sup>	14.82 <sup>AB</sup>	15.47 <sup>A</sup>
<b>Área total del corazón</b>	0.7149 <sup>B</sup>	0.6452 <sup>C</sup>	0.7785 <sup>A</sup>
<b>Índice de forma cardiaca (IFC)</b>	78.12 <sup>B</sup>	93.45 <sup>A</sup>	77.11 <sup>B</sup>

n= Alta 53, Media 100, Baja 55 pollitos nacidos

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

## QUINTO ESTUDIO

**Cuadro 20.** Peso del huevo, pérdida de peso y temperatura promedio durante la incubación con ventilación restringida de CO<sub>2</sub> durante la primer mitad del desarrollo embrionario de huevos de aves Ross 308 (*Gallus gallus*) de 54 semanas de edad.

Parámetro	Ventilación estándar	Ventilación Restringida* 12,000 ppm de CO <sub>2</sub> al día 10
Peso promedio inicial del huevo (g)**	69.57	70.02
Pérdida de peso día 10 (%)**	6.81 <sup>A</sup>	4.22 <sup>B</sup>
Pérdida de peso día 18 (%)**	12.78	11.65
Tº Celsius. Días 1-18 ***	37.48 <sup>A</sup>	37.48 <sup>A</sup>
Tº Celsius Días 19-21 ***	37.00 <sup>A</sup>	37.00 <sup>A</sup>

n= Alta 66, Media 120, Baja 66 huevos por incubadora.

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

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

\*\*\*Promedio de temperatura en grados centígrados por periodo.

**Cuadro 21.** Peso del huevo y pérdida de peso promedio durante la incubación con ventilación restringida de CO<sub>2</sub> durante la primer mitad del desarrollo embrionario de huevos de aves Ross 308 (*Gallus gallus*) de 54 semanas de edad.

Parámetros	Conductancia					
	Alta	Alta*	Media	Media*	Baja	Baja*
Peso promedio inicial del huevo (g)**	68.45	69.16	66.37	70.06	70.88	70.82
Peso promedio huevo día 10.	62.76 <sup>B</sup>	65.59 <sup>A</sup>	64.79 <sup>B</sup>	67.19 <sup>A</sup>	66.96 <sup>B</sup>	68.41 <sup>A</sup>
Pérdida de peso día 10 (%)**	8.32 <sup>A</sup>	5.16 <sup>B</sup>	6.59 <sup>A</sup>	4.10 <sup>B</sup>	5.53 <sup>A</sup>	3.40 <sup>B</sup>
Peso promedio huevo día 18 (%)**	57.78 <sup>B</sup>	59.45 <sup>A</sup>	60.83	62.10	63.52	64.08
Pérdida de peso día 18 (%)**	15.65 <sup>A</sup>	14.07 <sup>B</sup>	12.30 <sup>A</sup>	11.36 <sup>B</sup>	10.41 <sup>A</sup>	9.51 <sup>B</sup>

n= Alta 66, Media 120, Baja 66 huevos por incubadora.

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

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

**Cuadro 22.** Ventana de nacimiento de los pollitos provenientes de huevos fértiles de gallina reproductora pesada de la estirpe ROSS 308 (*Gallus gallus*) de 54 semanas de edad incubados con ventilación restringida durante la primera mitad del desarrollo embrionario.

Ventana de Nacimientos	Ventilación estándar			Ventilación Restringida* 12,000 ppm de CO <sub>2</sub> al día 10		
	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja
Inicio de P.E. (horas)**	494 <sup>A</sup>	492 <sup>A</sup>	494 <sup>A</sup>	482 <sup>B</sup>	482 <sup>B</sup>	484 <sup>B</sup>
Termino de Nacimientos (horas)**	540 <sup>A</sup>	540 <sup>A</sup>	540 <sup>A</sup>	531 <sup>B</sup>	531 <sup>B</sup>	531 <sup>B</sup>
Duración (horas)**	54 <sup>A</sup>	52	54 <sup>A</sup>	49 <sup>B</sup>	49	47 <sup>B</sup>

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

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

**Cuadro 23.** Parámetros de incubación en huevos de gallina reproductora pesada de la estirpe Ross 308 (*Gallus gallus*) de 54 semanas de edad incubados con ventilación restringida durante la primera mitad del desarrollo embrionario.

Parámetro	Ventilación estándar (%)			Ventilación Restringida* (%) 12,000 ppm de CO <sub>2</sub> al día 10		
	Alta	Media	Baja	Alta*	Media*	Baja*
Fertilidad aparente**	86.11%			90.87%		
Incubabilidad**	46.65 <sup>B</sup>	64.03 <sup>B</sup>	53.25 <sup>B</sup>	76.37 <sup>A</sup>	81.49 <sup>A</sup>	76.43 <sup>A</sup>
Natalidad**	40.90 <sup>B</sup>	62.50 <sup>B</sup>	51.51 <sup>B</sup>	69.69 <sup>A</sup>	75.0 <sup>A</sup>	70.30 <sup>A</sup>
Mortalidad etapa I*** (%)	3.03 <sup>A</sup>	6.25 <sup>A</sup>	2.5 <sup>A</sup>	0 <sup>B</sup>	0 <sup>B</sup>	0 <sup>B</sup>
Mortalidad etapa II*** (%)	6.06	4.16	2.5 <sup>A</sup>	8.33	7.14	0 <sup>B</sup>
Mortalidad etapa III*** (%)	48.48 <sup>A</sup>	13.19	10	33.33 <sup>B</sup>	16.66	12.28
Mortalidad etapa IV*** (%)	4.54	4.16	3.75	4.16	3.57	5.26

n= Alta 66, Media 120, Baja 66 huevos por incubadora.

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

\*\*Valor porcentual, valores en la misma fila con diferente letra superíndice difieren significativamente entre sí, Tukey ( $P < 0.05$ ).

\*\*\*Valor porcentual promedio de mortalidad embrionaria; valores en la misma fila con diferente letra superíndice son diferentes entre sí, prueba  $\chi^2$  ( $P < 0.05$ ).

**Cuadro 24.** Calidad de los pollitos provenientes de huevos de gallina reproductora pesada de la estirpe Ross 308 (*Gallus gallus*) de 54 semanas de edad incubados con ventilación restringida durante la primera mitad del desarrollo embrionario.

Parámetro	Ventilación Estándar	Ventilación Restringida* 12,000 ppm de CO <sup>2</sup> al día 10
Excelente (%)** $\psi$	2.86	2.98
Bueno (%)** $\psi$	84.91 <sup>B</sup>	93.05 <sup>A</sup>
Regular (%)** $\psi$	8.63 <sup>A</sup>	3.59 <sup>B</sup>
Deficiente (%)** $\psi$	0	0
Inaceptable (%)** $\psi$	1.38 <sup>A</sup>	0 <sup>B</sup>

n= Alta 33, Media 72, Baja 28 huevos de VE y Alta 42, Media 91, Baja 50 huevos de VR.

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

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

**Cuadro 25.** Peso y longitud de los pollitos de 1 día de edad, peso de la canal, saco vitelino, corazón, ventrículo derecho, hígado, peso, longitud de intestinos y relación de las proporciones del corazón con respecto al IHCD, peso del pollito, saco vitelino, área de la silueta cardiaca e índice de forma del corazón provenientes de huevos de gallina reproductora pesada de la estirpe Ross 308 (*Gallus gallus*) de 54 semanas de edad incubados con ventilación restringida durante la primera mitad del desarrollo embrionario.

Parámetros	Conductancia		
	Alta	Media	Baja
<b>Peso del pollito (g)</b>			
Ventilación Estándar	48.47	48.39	48.96
Ventilación Restringida*	49.12	49.24	48.66
<b>Longitud del Pollo (cm)</b>			
Ventilación Estándar	17.63	17.66	17.60
Ventilación Restringida*	17.91	17.82	17.67
<b>Peso Canal (g)</b>			
Ventilación Estándar	35.34	36.69	36.95
Ventilación Restringida*	36.08	36.38	35.55
<b>Peso Saco Vitelino (g)</b>			
Ventilación Estándar	7.77	7.32	9.18 <sup>A</sup>
Ventilación Restringida*	7.58	7.45	8.02 <sup>B</sup>

<b>Peso Corazón (g)</b>			
Ventilación Estándar	0.28	0.32	0.29
Ventilación Restringida*	0.30	0.31	0.28
<b>Peso Ventrículo Derecho (g)</b>			
Ventilación Estándar	0.06	0.07 <sup>A</sup>	0.05
Ventilación Restringida*	0.05	0.04 <sup>B</sup>	0.05
<b>Peso del Intestino (g)</b>			
Ventilación Estándar	2.19	1.77 <sup>B</sup>	1.74
Ventilación Restringida*	2.21	2.12 <sup>A</sup>	1.82
<b>Peso del Hígado (g)</b>			
Ventilación Estándar	1.11	1.06	1.13
Ventilación Restringida*	1.21	1.32	1.16
<b>IHCD</b>			
Ventilación Estándar	21.26 <sup>A</sup>	22.22 <sup>A</sup>	19.92
Ventilación Restringida*	17.39 <sup>B</sup>	13.66 <sup>B</sup>	17.95
<b>Relación Corazón/Peso Pollito (%)</b>			
Ventilación Estándar	0.59	0.67	0.61
Ventilación Restringida*	0.63	0.65	0.58
<b>Relación Corazón/ Saco Vitelino (%)</b>			
Ventilación Estándar	3.84	4.72	3.39
Ventilación Restringida*	4.22	4.48	3.61
<b>Área total del corazón</b>			
Ventilación Estándar	0.48	0.58	0.59
Ventilación Restringida*	0.51	0.57	0.50
<b>Índice de forma Cardíaca</b>			
Ventilación Estándar	112.82	99.43	102.11
Ventilación Restringida*	104.96	94.87	108.68

n= Alta 33, Media 72, Baja 28 huevos de VE y Alta 42, Media 91, Baja 50 huevos de VR.

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

Literales diferentes en superíndice del valor referido comparadas en la misma columna indican diferencia estadística significativa ( $P < 0.05$ ) entre tratamientos.

**Cuadro 26.** Analitos bioquímicos provenientes de pollitos de un día de edad incubados bajo dos sistemas de ventilación y con diferente nivel de conductancia.

Parámetros	Conductancia		
	Alta	Media	Baja
<b>Glucosa (mmol/L)</b>			
Ventilación Estándar	11.7	11.35	11.7
Ventilación Restringida*	12.4	12	12.1
<b>Acido Úrico (mmol/L)</b>			
Ventilación Estándar	0.239 <sup>B</sup>	0.263 <sup>B</sup>	0.296
Ventilación Restringida*	0.494 <sup>A</sup>	0.353 <sup>A</sup>	0.261
<b>Albumina (g/L)</b>			
Ventilación Estándar	10 <sup>B</sup>	15.5	19 <sup>A</sup>
Ventilación Restringida*	16 <sup>A</sup>	12.5	12 <sup>B</sup>
<b>Proteína Total (g/L)</b>			
Ventilación Estándar	32 <sup>B</sup>	47	61 <sup>A</sup>
Ventilación Restringida*	52 <sup>A</sup>	41	39 <sup>B</sup>
<b>CK (U/L)</b>			
Ventilación Estándar	3440 <sup>A</sup>	5972 <sup>A</sup>	4100
Ventilación Restringida*	1935 <sup>B</sup>	3955 <sup>B</sup>	4550
<b>GLDH (U/L)</b>			
Ventilación Estándar	20 <sup>B</sup>	47.5	54 <sup>A</sup>
Ventilación Restringida*	54 <sup>A</sup>	41	39 <sup>B</sup>
<b>AST(U/L)</b>			
Ventilación Estándar	315 <sup>B</sup>	280	335
Ventilación Restringida*	430 <sup>A</sup>	297.5	315

n=8 alta, 16 media, 8 baja.

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

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

**Cuadro 27.** Pesado de pollitos con 1 semana de edad, así como el peso de corazón y ventrículo derecho, incluyendo el índice de hipertrofia cardiaca derecha, relación peso del corazón/peso del pollito, silueta cardiaca e índice de forma cardiaca provenientes de huevos de gallina reproductora pesada de la estirpe Ross 308 (*Gallus gallus*) de 54 semanas de edad incubados con ventilación restringida durante la primera mitad del desarrollo embrionario y con diferente nivel de conductancia.

Parámetros	Conductancia		
	Alta	Media	Baja
<b>Peso del pollito (g)</b>			
Ventilación Estándar	120 <sup>B</sup>	95.95 <sup>B</sup>	105.3 <sup>B</sup>
Ventilación Restringida	148.25 <sup>A</sup>	139.6 <sup>A</sup>	166.92 <sup>A</sup>
<b>Peso del corazón (g)</b>			
Ventilación Estándar	0.74 <sup>B</sup>	0.87	0.97
Ventilación Restringida	0.84 <sup>A</sup>	0.88	0.95
<b>Peso ventrículo derecho (g)</b>			
Ventilación Estándar	0.09 <sup>A</sup>	0.08	0.07
Ventilación Restringida	0.06 <sup>B</sup>	0.07	0.07
<b>IHCD</b>			
Ventilación Estándar	12.56 <sup>A</sup>	9.84 <sup>A</sup>	8.02
Ventilación Restringida	7.63 <sup>B</sup>	8.56 <sup>B</sup>	8.57
<b>Relación corazón/peso pollo (%)</b>			
Ventilación Estándar	0.61	0.93 <sup>A</sup>	0.92 <sup>A</sup>
Ventilación Restringida	0.57	0.66 <sup>B</sup>	0.56 <sup>B</sup>
<b>Área total del corazón</b>			
Ventilación Estándar	1.09	0.95	1.38
Ventilación Restringida	0.87	1.23	1.19
<b>Índice de forma cardiaca (IFC)</b>			
Ventilación Estándar	61.67 <sup>B</sup>	85.45 <sup>A</sup>	71.80
Ventilación Restringida	88.82 <sup>A</sup>	64.81 <sup>B</sup>	67.97

n= Alta 2, Media 4, Baja 2 huevos por incubadora.

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

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



**Cuadro 28.** Pesado de pollitos con 2 semanas de edad, así como el peso de corazón y ventrículo derecho, incluyendo el índice de hipertrofia cardiaca derecha, relación peso del corazón/peso del pollito, silueta cardiaca e índice de forma cardiaca provenientes de huevos de gallina reproductora pesada de la estirpe Ross 308 (*Gallus gallus*) de 54 semanas de edad incubados con ventilación restringida durante la primera mitad del desarrollo embrionario y con diferente nivel de conductancia.

Parámetros	Conductancia		
	Alta	Media	Baja
<b>Peso del pollito (g)</b>			
Ventilación Estándar	215.04 <sup>A</sup>	201.77 <sup>B</sup>	250.55
Ventilación Restringida	191 <sup>B</sup>	259.62 <sup>A</sup>	239.05
<b>Peso del corazón (g)</b>			
Ventilación Estándar	1.55	1.27 <sup>B</sup>	2.14 <sup>A</sup>
Ventilación Restringida	1.8	1.8 <sup>A</sup>	1.74 <sup>B</sup>
<b>Peso ventrículo derecho (g)</b>			
Ventilación Estándar	0.27	0.19 <sup>B</sup>	0.46
Ventilación Restringida	0.38	0.32 <sup>A</sup>	0.33
<b>IHCD</b>			
Ventilación Estándar	16.48 <sup>B</sup>	14.71	21.41
Ventilación Restringida	21.15 <sup>A</sup>	17.54	18.88
<b>Relación corazón/peso pollo (%)</b>			
Ventilación Estándar	0.71 <sup>B</sup>	0.63	0.85
Ventilación Restringida	0.92 <sup>A</sup>	0.71	0.73
<b>Área total del corazón</b>			
Ventilación Estándar	2.41 <sup>B</sup>	2.95	3.23
Ventilación Restringida	4.92 <sup>A</sup>	3.48	3.06
<b>Índice de forma cardiaca (IFC)</b>			
Ventilación Estándar	33.24 <sup>A</sup>	31.80	30.57
Ventilación Restringida	18.32 <sup>B</sup>	26.04	29.65

n= Alta 2, Media 4, Baja 2 huevos por incubadora.

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

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

**Cuadro 29.** Pesado de pollitos con 3 semanas de edad, así como el peso de corazón y ventrículo derecho, incluyendo el índice de hipertrofia cardiaca derecha, relación peso del corazón/peso del pollito, silueta cardiaca e índice de forma cardiaca provenientes de huevos de gallina reproductora pesada de la estirpe Ross 308 (*Gallus gallus*) de 54 semanas de edad incubados con ventilación restringida durante la primera mitad del desarrollo embrionario y con diferente nivel de conductancia.

Parámetros	Conductancia		
	Alta	Media	Baja
<b>Peso del pollito (g)</b>			
Ventilación Estándar	410 <sup>B</sup>	440 <sup>B</sup>	535
Ventilación Restringida	492.5 <sup>A</sup>	505 <sup>A</sup>	555
<b>Peso del corazón (g)</b>			
Ventilación Estándar	2.74	2.90	3.01
Ventilación Restringida	2.85	2.6	3.1
<b>Peso ventrículo derecho (g)</b>			
Ventilación Estándar	0.49	0.46	0.45
Ventilación Restringida	0.46	0.49	0.48
<b>IHCD</b>			
Ventilación Estándar	18.71	16.02 <sup>B</sup>	14.92
Ventilación Restringida	16.22	19.46 <sup>A</sup>	15.64
<b>Relación corazón/peso pollo (%)</b>			
Ventilación Estándar	0.66	0.75 <sup>A</sup>	0.57
Ventilación Restringida	0.57	0.51 <sup>B</sup>	0.59
<b>Área total del corazón</b>			
Ventilación Estándar	3.06	3.04	2.98
Ventilación Restringida	2.34	2.79	3.38
<b>Índice de forma cardiaca (IFC)</b>			
Ventilación Estándar	32.12 <sup>B</sup>	32.42	36.01
Ventilación Restringida	41.29 <sup>A</sup>	37.46	32.46

n= Alta 2, Media 4, Baja 2 huevos por incubadora.

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

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

**Cuadro 30.** Pesado de pollitos con 4 semanas de edad, así como el peso de corazón y ventrículo derecho, incluyendo el índice de hipertrofia cardiaca derecha, relación peso del corazón/peso del pollito, silueta cardiaca e índice de forma cardiaca provenientes de huevos de gallina reproductora pesada de la estirpe Ross 308 (*Gallus gallus*) de 54 semanas de edad incubados con ventilación restringida durante la primera mitad del desarrollo embrionario y con diferente nivel de conductancia.

Parámetros	Conductancia		
	Alta	Media	Baja
<b>Peso del pollito (g)</b>			
Ventilación Estándar	625 <sup>B</sup>	816.25	750
Ventilación Restringida	847.5 <sup>A</sup>	803.75	785
<b>Peso del corazón (g)</b>			
Ventilación Estándar	3.95	4.29	3.78 <sup>A</sup>
Ventilación Restringida	3.73	4.24	2.95 <sup>B</sup>
<b>Peso ventrículo derecho (g)</b>			
Ventilación Estándar	0.7	0.58	0.61
Ventilación Restringida	0.73	0.6	0.63
<b>IHCD</b>			
Ventilación Estándar	18.48	13.84	16.02 <sup>B</sup>
Ventilación Restringida	19.8	14.67	22.16 <sup>A</sup>
<b>Relación corazón/peso pollo (%)</b>			
Ventilación Estándar	0.64 <sup>A</sup>	0.52 <sup>A</sup>	0.5
Ventilación Restringida	0.44 <sup>B</sup>	0.37 <sup>B</sup>	0.54
<b>Área total del corazón</b>			
Ventilación Estándar	6.05 <sup>A</sup>	5.1	3.67
Ventilación Restringida	3.01 <sup>B</sup>	5.56	3.29
<b>Índice de forma cardiaca (IFC)</b>			
Ventilación Estándar	14.98 <sup>B</sup>	19.06	27.26
Ventilación Restringida	31.41 <sup>A</sup>	29.01	32.47

n= Alta 2, Media 4, Baja 2 huevos por incubadora.

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

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

**Cuadro 31.** Pesado de pollitos con 5 semanas de edad, así como el peso de corazón y ventrículo derecho, incluyendo el índice de hipertrofia cardiaca derecha, relación peso del corazón/peso del pollito, silueta cardiaca e índice de forma cardiaca provenientes de huevos de gallina reproductora pesada de la estirpe Ross 308 (*Gallus gallus*) de 54 semanas de edad incubados con ventilación restringida durante la primera mitad del desarrollo embrionario y con diferente nivel de conductancia.

Parámetros	Conductancia		
	Alta	Media	Baja
<b>Peso del pollito (g)</b>			
Ventilación Estándar	1025 <sup>B</sup>	1151.25 <sup>A</sup>	1250 <sup>A</sup>
Ventilación Restringida	1175 <sup>A</sup>	912.5 <sup>B</sup>	1055 <sup>B</sup>
<b>Peso del corazón (g)</b>			
Ventilación Estándar	5.45	6.45 <sup>A</sup>	5.74
Ventilación Restringida	5.26	4.25 <sup>B</sup>	4.86
<b>Peso ventrículo derecho (g)</b>			
Ventilación Estándar	0.53 <sup>B</sup>	1 <sup>A</sup>	1.2 <sup>A</sup>
Ventilación Restringida	0.95 <sup>A</sup>	0.5 <sup>B</sup>	0.7 <sup>B</sup>
<b>IHCD</b>			
Ventilación Estándar	10.43 <sup>B</sup>	16.23 <sup>A</sup>	21.02 <sup>A</sup>
Ventilación Restringida	17.62 <sup>A</sup>	11.88 <sup>B</sup>	16.61 <sup>B</sup>
<b>Relación corazón/peso pollo (%)</b>			
Ventilación Estándar	0.52	0.56	0.45
Ventilación Restringida	0.44	0.47	0.47
<b>Área total del corazón</b>			
Ventilación Estándar	5.49 <sup>A</sup>	5.86	5.86
Ventilación Restringida	3.92 <sup>B</sup>	4.7	3.2
<b>Índice de forma cardiaca</b>			
Ventilación Estándar	16.73 <sup>B</sup>	21.07 <sup>B</sup>	17.99
Ventilación Restringida	38.37 <sup>A</sup>	34.07 <sup>A</sup>	22.13

n= Alta 2, Media 4, Baja 2 huevos por incubadora.

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

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

**Cuadro 32.** Pesado de pollitos con 6 semanas de edad, así como el peso de corazón y ventrículo derecho, incluyendo el índice de hipertrofia cardiaca derecha, relación peso del corazón/peso del pollito, silueta cardiaca e índice de forma cardiaca provenientes de huevos de gallina reproductora pesada de la estirpe Ross 308 (*Gallus gallus*) de 54 semanas de edad incubados con ventilación restringida durante la primera mitad del desarrollo embrionario y con diferente nivel de conductancia.

Parámetros	Conductancia		
	Alta	Media	Baja
<b>Peso del pollito (g)</b>			
Ventilación Estándar	2145 <sup>A</sup>	2337.50 <sup>A</sup>	2280 <sup>A</sup>
Ventilación Restringida	1965 <sup>B</sup>	2100 <sup>B</sup>	2075 <sup>B</sup>
<b>Peso del corazón (g)</b>			
Ventilación Estándar	7.17 <sup>B</sup>	7.19 <sup>B</sup>	7.94
Ventilación Restringida	8.52 <sup>A</sup>	8.47 <sup>A</sup>	7.70
<b>Peso ventrículo derecho (g)</b>			
Ventilación Estándar	0.82	1.11 <sup>B</sup>	1.60 <sup>A</sup>
Ventilación Restringida	1.08	1.47 <sup>A</sup>	1.14 <sup>B</sup>
<b>IHCD</b>			
Ventilación Estándar	11.45	15.56	20.15 <sup>A</sup>
Ventilación Restringida	12.64	17.20	14.85 <sup>B</sup>
<b>Relación corazón/peso pollo (%)</b>			
Ventilación Estándar	0.32	0.31	0.35
Ventilación Restringida	0.43	0.40	0.36
<b>Área total del corazón</b>			
Ventilación Estándar	6.12	7.13	6.54
Ventilación Restringida	7.89	7.35	7.16
<b>Índice de forma cardiaca</b>			
Ventilación Estándar	20.40	20.56	15.61 <sup>B</sup>
Ventilación Restringida	18.70	19.64	20.79 <sup>A</sup>

n= Alta 2, Media 4, Baja 2 huevos por incubadora.

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

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

**Cuadro 33.** Ganancia diaria de peso (GDP) y peso de los pollos de engorda por semana provenientes de huevos de gallina reproductora pesada de la estirpe Ross 308 (*Gallus gallus*) de 54 semanas de edad con diferente nivel de conductancia incubados con ventilación restringida durante la primera mitad del desarrollo embrionario.

Parámetro	Ventilación estándar (%)			Ventilación Restringida* (%) 12,000 ppm de CO <sub>2</sub> al día 10		
	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja
<b>Peso Pollo (día 1) (g)</b>	48.47	48.39	48.96	49.12	49.22	48.66
<b>Peso Pollo (sem 1) (g)</b>	120.36 <sup>B</sup>	120.29	125.52	130.50 <sup>A</sup>	126.63	132.00
<b>Peso Pollo (sem 2) (g)</b>	310.84 <sup>B</sup>	300.98 <sup>B</sup>	316.17	315.37 <sup>A</sup>	317.43 <sup>A</sup>	309.81
<b>Peso Pollo (sem 3) (g)</b>	585	602.52	622.22	581.90	598.37	592.33
<b>Peso Pollo (sem 4) (g)</b>	985.85	1015.50	970	955.32	986.74	915
<b>Peso Pollo (sem 5) (g)</b>	1408.33 <sup>A</sup>	1463.19 <sup>A</sup>	1463 <sup>A</sup>	1322.08 <sup>B</sup>	1332 <sup>B</sup>	1228 <sup>B</sup>
<b>Peso Pollo (sem 6) (g)</b>	1993.33 <sup>A</sup>	2007.22 <sup>A</sup>	2007 <sup>A</sup>	1836 <sup>B</sup>	1805.83 <sup>B</sup>	1697.50 <sup>B</sup>
<b>GDP</b>	46.30 <sup>A</sup>	46.63 <sup>A</sup>	46.62 <sup>A</sup>	42.54 <sup>B</sup>	41.82 <sup>B</sup>	39.25 <sup>B</sup>

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

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

**Cuadro 34.** Peso esperado y peso semanal obtenido por los pollos de engorda provenientes de huevos de gallina reproductora pesada de la estirpe Ross 308 (*Gallus gallus*) de 54 semanas de edad.

Semana	Peso esperado (g)	Peso pollos	
		ventilación estándar (g)	ventilación restringida (g)
Día 1	42 <sup>B</sup>	48.60 <sup>A</sup>	49 <sup>A</sup>
Semana 1	175.4 <sup>A</sup>	119.74 <sup>B</sup>	128.77 <sup>B</sup>
Semana 2	486.55 <sup>A</sup>	305.99 <sup>B</sup>	313.81 <sup>B</sup>
Semana 3	921.8 <sup>A</sup>	598.82 <sup>B</sup>	582.45 <sup>B</sup>
Semana 4	1467.25 <sup>A</sup>	998.11 <sup>B</sup>	960.57 <sup>B</sup>
Semana 5	2049.15 <sup>A</sup>	1440 <sup>B</sup>	1305.17 <sup>C</sup>
Semana 6	2633.7 <sup>A</sup>	1986.61 <sup>B</sup>	1787.42 <sup>C</sup>

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

**Cuadro 35.** Mortalidad Semanal de pollos de engorda provenientes de huevos de gallina reproductoras pesadas de la estirpe Ross 308 (*Gallus gallus*) de 54 semanas de edad.

Parámetro	Ventilación estándar (%)			Ventilación Restringida* (%) 12,000 ppm de CO <sub>2</sub> al día 10		
	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja
Día 1	33	72	28	42	91	50
Mortalidad Semanal total		3			5	
Aplastados	1	1	1	0	3	2
Semana 1 (n)	30	67	25	40	84	47
Mortalidad Semanal (total)		5			2	
Aplastados	0	1	1	0	1	0
Signología respiratoria	1	2		0	0	1

<b>Semana 2 (n)</b>	<b>27</b>	<b>60</b>	<b>22</b>	<b>38</b>	<b>81</b>	<b>44</b>
<b>Mortalidad Semanal (total)</b>		12			14	
<b>Signologia respiratoria</b>	0	1	2	0	1	1
<b>Presencia de ascitis</b>	1	4	0	0	6	5
<b>Sin causa aparente</b>	0	3	1	0	2	0
<b>Semana 3 (n)</b>	<b>24</b>	<b>48</b>	<b>17</b>	<b>36</b>	<b>68</b>	<b>36</b>
<b>Mortalidad Semanal (total)</b>		4			2	
<b>Presencia de ascitis</b>	2	2	0	0	0	1
<b>Sin causa aparente</b>	0	0	0	0	0	1
<b>Semana 4 (n)</b>	<b>20</b>	<b>42</b>	<b>15</b>	<b>34</b>	<b>64</b>	<b>32</b>
<b>Mortalidad Semanal (total)</b>		2			3	
<b>Presencia de ascitis</b>	1	1	0	0	1	2
<b>Semana 5 (n)</b>	<b>17</b>	<b>37</b>	<b>13</b>	<b>32</b>	<b>59</b>	<b>28</b>
<b>Mortalidad Semanal (total)</b>		2			3	
<b>Sin causa aparente</b>	1	0	0	1	1	0
<b>Aplastado</b>	1	0	0	0	0	1
<b>Semana 6 (n)</b>	<b>13</b>	<b>33</b>	<b>11</b>	<b>29</b>	<b>54</b>	<b>25</b>

Cada semana se va restando la mortalidad y la toma de muestra realizada en la misma.



## XI. GLOSARIO

**Ascitis:** Acumulación patológica de líquido trasvasado del sistema circulatorio pasivo en la cavidad abdominal, producida por las causas generales al edema.

**Cascarón:** Cubierta sólida del huevo, compuesta principalmente de carbonato cálcico.

**Cutícula:** Cubierta proteica que recubre al cascarón.

**Chalaza:** Cordones que fijan la yema al centro del huevo.

**Dámper:** Orificio en la incubadora que permite la entrada de aire del ambiente a la misma.

**Diente del pico:** Estructura queratinosa en el ápice de la rinoteca del pollito que le sirve para romper las estructuras del huevo para poder eclosionar.

**Eclosión:** Proceso mediante el cual el pollito sale del cascaron del huevo.

**Epigenética:** Aquellos factores genéticos no incluidos en el DNA de lectura y que intervienen en la determinación de mecanismos del desarrollo de un organismo

**Exahucio:** Orificio en la incubadora que permite la salida del aire de la incubadora.

**Hipoxia:** Se refiere a una disminución en disponibilidad o cantidad de oxígeno suministrado por la sangre a los órganos o en el ambiente.

**Hipercapnia:** Se refiere al aumento de la presión parcial de dióxido de carbono en sangre arterial produciendo una disminución del pH debido al aumento de la concentración plasmática de dióxido de carbono.

**Incubación** Es el proceso físico principalmente mediante el cual el embrión se desarrolla y se convierte en pollito mediante el suministro a los huevos de temperatura, aire fresco, humedad y volteo.

**Picaje interno:** Acción del pollito mediante la cual rompe con el diente el pico las membranas testáceas con la finalidad de respirar el aire de la cámara de aire.

**Picaje externo:** El pollito pica y rompe el cascarón con la finalidad de eclosionar.

**Saco Vitelino:** Es un anexo membranoso unido al embrión que provee nutrientes y oxígeno a la vez que elimina los desechos metabólicos.

**Síndrome Ascítico (SA):** Es un trastorno cardio-respiratorio circulatorio crónico y progresivo, observado en pollos de engorde de crecimiento rápido.

**Ventilación estándar:** Sistema de ventilación que permite la libre entrada y salida de aire en la incubadora y donde se mantienen constantes los niveles de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>.

**Ventilación restringida (VR):** Sistema de ventilación en el cual los dámper y los exhaucios se encuentran sellados durante la primera mitad de la incubación favoreciendo así la concentración de CO<sub>2</sub> y la disminución no tan aguda de la presión parcial de O<sub>2</sub>.