

01673

5
2ej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACION**

**EFFECTO DE LA VENTILACION MIXTA (VENTILACION NATURAL
Y VENTILACION POR PRESION POSITIVA) EN POLLOS DE
ENGORDA EN CASETAS DE AMBIENTE NATURAL.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRO EN CIENCIAS DE LA PRODUCCION
Y DE LA SALUD ANIMAL; AVES**

P R E S E N T A

MVZ. DANIEL MARRUFO VILLA

COMITE TUTORAL:

- TUTOR PRINCIPAL: MVZ. MC. DR. CARLOS LOPEZ COELLO.**
- MVZ. MCP. JOSE ANTONIO QUINTANA LOPEZ.**
- MVZ. MSc. ERNESTO AVILA GONZALEZ.**
- QFB. MSc. IRMA TEJADA DE HERNANDEZ.**
- MVZ. MC. PhD. ARIEL ORTIZ MUÑIZ**
- Ing. Agr. PhD. MANUEL CUCA GARCIA**



MEXICO, D. F.

ABRIL 1999.

274266

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

DECLARACIÓN

El autor da consentimiento a la División de Estudios de Posgrado e Investigación de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México para que esta tesis sea disponible para cualquier tipo de reproducción e intercambio bibliotecario.



MVZ. Daniel Marrufo Villa.

El trabajo se llevó a cabo en el Departamento de Producción Animal: Aves de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, en conjunto con la empresa: Reproductoras del Valle de México, S.A. de C.V. y el Departamento de Patología Clínica de la FMVZ-UNAM.

DEDICATORIAS

Dedico este trabajo A MIS PAPAS: José Marrufo Rivera y Emilia Villa Parra, a mis hermanos y a mis sobrinos: Paola, Carlos, José Luis, Luis Enrique, Antonio, Alejandro, Andrea, Cared y Mariana.

AGRADECIMIENTOS

**A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.
A LA FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA.**

A estas instituciones y a todos los profesores quienes contribuyeron en mi formación profesional; como un testimonio de gratitud por todo lo recibido.

Deseo expresar mi agradecimiento a el **Dr. José Antonio Quintana López** por todo el apoyo recibido, por compartir su tiempo y conocimientos para la realización de este trabajo y mi desarrollo profesional, además por su interés en mi superación profesional. GRACIAS

A la Dra. Ma. del Pilar Castañeda Serrano, por todos los conocimientos que me ha trasmitido, por ser antes que todo una buena amiga y que a pesar de la distancia siempre estuvo dispuesta a ayudarme a realizar este trabajo. GRACIAS

AL DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL: AVES y a todos los que laboran en él, especialmente al **Dr. Guillermo Téllez Isaías**.

A la Empresa Reproductoras del Valle de México especialmente a los Doctores **Luis Alejandro Rojas, Felizardo León, Immer Soto Chávez y Rutilio Ruiz** por las facilidades para la realización de la fase experimental de campo.

Al Departamento de Patología Clínica, a la **QFB. Rosalva Salcedo Elisea** y a la **QBP. Delia Arlette Castillo Mata** por su valiosa ayuda en las determinaciones de oxihemoglobina en sangre y al **Dr. Luis Nuñez Ochoa** por las facilidades otorgadas en las pruebas de laboratorio.

A la **Dra. María Teresa Casaubon H.** por su ayuda en las determinaciones de los índices cardiacos.

Al **Dr. Pedro Ochoa** por las asesorías y ayuda brindada durante los análisis estadísticos.

A mi Comité Tutorial: **MCP. José Antonio Quintana López, DCV Carlos López Coello, DCV. Ernesto Ávila González, Dra. Irma Tejada de Hdez, DCV. Ariel Ortiz y Dr. Manuel Cuca González,** por el tiempo dedicado a la revisión de la presente investigación.

A mis maestros del posgrado: **Dra. María Teresa Casaubon H., Dr. Carlos López Coello, Dr. Andrés Romero y Dr. José Antonio Quintana.**

A la **MVZ Blanca Estela Bautista Cruz** por la ayuda brindada durante los análisis de laboratorio.

A mis Amigos y Compañeros: **Roberto Torres, Donají García, Edgar Peña, Cecilia Rosario, Dra. Luz María Charles, Elizabeth Abrego, Felipa Galindo, Roberto Santiago, Ma. Luisa Calderón, Dra. Norma Calderón, Celso López, Héctor Manzanos, Edgardo Soriano, Jesús Cabriales, Krimilda Valle, Lilia Castellanos, Julio Alfaro, Carmen Embriz[†], Rosaura Barranco, Mónica Andrade, Verónica Miranda, Patricia Cabrera e Irma Torres, Avril, Daniel Ortega.**

Un agradecimiento especial a la **Dra. Magdalena Escorcía** por todo el apoyo, amistad y por la confianza que ha depositado en mí.

GRACIAS.

CONTENIDO

	Página
DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTOS.....	II
TABLA DE CONTENIDO.....	IV
LISTA DE CUADROS.....	V
LISTA DE GRÁFICAS.....	VI
RESUMEN.....	1
SUMMARY.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
JUSTIFICACIÓN.....	25
OBJETIVOS.....	26
HIPÓTESIS.....	27
MATERIAL Y MÉTODOS.....	28
RESULTADOS.....	36
DISCUSIÓN.....	44
CONCLUSIONES.....	60
LITERATURA CITADA.....	61

LISTA DE CUADROS

CUADRO	TÍTULO	PAGINA
1	Calendario de ventilación.	29
2	Horario de alimentación.	30
3	Parámetros productivos en la etapa de iniciación (1-21 días de edad).	71
4	Porcentajes de mortalidad total y por SA en las etapas de iniciación, finalización y acumulado a las 7 semanas.	71
5	Parámetros productivos en la etapa de finalización (22-49 días de edad).	72
6	Pesos corporales (kg) de machos y hembras a las siete semanas de edad.	72
7-A	Parámetros productivos acumulados de la parvada mixta a la séptima semana de edad.	73
7-B	Parámetros productivos acumulados de la parvada mixta a la séptima semana de edad.	73
8	Distribución de pesos corporales (Uniformidad de la parvada).	74
9	Concentración semanal de bióxido de carbono (ppm) por horario de medición	74
10	Porcentaje de humedad relativa por horario de medición	75
11	Temperatura ambiental semanal por horario de medición	75
12	Resultados de los análisis de regresión del bióxido de carbono y humedad relativa.	76
13	Concentración semanal de oxihemoglobina en sangre (g/dl).	76
14	Porcentaje semanal de hematocrito.	77
15	Resultados del análisis de regresión de la oxihemoglobina.	77
16	Resultados de índices cardíacos.	78

LISTA DE GRÁFICAS

GRÁFICA	TÍTULO	PAGINA
1	Comportamiento del peso corporal parvada mixta.	79
2	Porcentaje de mortalidad semanal acumulada.	80
3	Porcentaje de mortalidad acumulada por síndrome ascítico.	81
4	Porcentaje de mortalidad por síndrome ascítico que corresponde a la mortalidad total y por sexos a las 7 semanas de edad.	82
5	Distribución de peso corporal de los grupos ventilado y testigo avian farm.	83
6	Distribución de peso corporal de los grupos ventilado y testigo hubbard.	84
7	Distribución de peso corporal de los grupos ventilado y testigo (ambas estirpes).	85
8	Concentración de bióxido de carbono semanal a las 5 a.m.	86
9	Concentración de bióxido de carbono semanal a la 1 p.m.	87
10	Concentración de bióxido de carbono semanal a las 9 p.m.	88
11	Regresión de la concentración de bióxido de carbono dentro de la caseta a las 5 a.m.	89
12	Regresión de la concentración de bióxido de carbono dentro de la caseta a la 1 p.m.	90
13	Regresión de la concentración de bióxido de carbono dentro de la caseta a las 9 p.m.	91
14	Regresión de la humedad relativa a las 5 a.m.	92
15	Regresión de la humedad relativa a la 1 p.m.	93
16	Regresión de la humedad relativa a las 9 p.m.	94
17	Regresión de la concentración de oxihemoglobina en sangre a las 7 semanas de vida.	95

RESUMEN

MARRUFO VILLA DANIEL. Efecto de la ventilación mixta (ventilación natural y ventilación por presión positiva) en pollos de engorda en casetas de ambiente natural.

El experimento se realizó en una caseta de ambiente natural ubicada a 2,470 msnm, la cual se dividió en 2 secciones con 12 lotes de 5.6 m² c/u con una cortina de plástico. Se utilizó ventilación por presión positiva por medio de un ventilador que inyecta alrededor de 300 m³ de aire/ min y un ducto de plástico de 50cm de diámetro con orificios para distribuir uniformemente el aire, colocado a 2.84m del piso, a lo largo y en el centro de la caseta. Se utilizaron 1008 pollos de engorda mixtos de un día de edad de la estirpe Peterson X Avian Farm y 1008 de la estirpe Peterson X Hubbard, las aves se distribuyeron en forma aleatoria para formar 12 lotes de 84 aves cada uno por estirpe, los cuales se dividieron en dos y se alojaron en ambas partes de la caseta. En los grupos experimentales se aplicó ventilación mixta (ventilación natural y por presión positiva) 30 lt de aire /min /kg de peso vivo y a los grupos testigos únicamente ventilación natural. Se administró alimento comercial con restricción alimenticia de la 3^{ra} a la 7^a semana. A las 7 semanas el menor consumo de alimento fue para los grupos Hubbard quienes difirieron estadísticamente (P<0.05) con los Avian Farm, este parámetro no estuvo influenciado por el tipo de ventilación; el mayor peso promedio y la mayor ganancia diaria de peso fueron para los pollos ventilados y Avian Farm que difirieron estadísticamente (P<0.05) con los Testigo y Hubbard. En el índice de conversión no se encontraron diferencias estadísticas entre grupos; el mayor índice de productividad fue para las aves Ventiladas y de la estirpe Avian Farm las cuales mostraron diferencia estadística significativa (P<0.05) con los grupos Testigo y Hubbard respectivamente. Los pollos ventilados y Avian Farm produjeron mas kg de carne/m² y difirieron estadísticamente (P<0.05) con los Testigo y Hubbard. Las aves Avian Farm presentaron los menores porcentajes de mortalidad (P<0.05) con respecto a los grupos Hubbard; el Ventilado Avian Farm tuvo el porcentaje de mortalidad por síndrome ascítico mas bajo y presentó diferencias estadísticas (P<0.05) con el resto de los grupos, de la mortalidad total aproximadamente el 36% correspondió a SA en los ventilados y el 75% en los no ventilados, en los pollos testigo la mortalidad por SA en hembras fue mayor que en machos. Ambos grupos ventilados tuvieron mejor uniformidad de peso y coeficientes de variación menores. Hubo menor concentración de CO₂ (P<0.001) a partir de la tercera semana de vida en los ventilados a las 5 a.m. y 9 p.m., siendo menores las diferencias (P<0.05) a la 1 p.m. El porcentaje de humedad relativa (HR) y las temperaturas ambientales fueron muy similares durante todo el ciclo. Para las determinación de oxihemoglobina, hematocrito, índice de cardiomegalia e índice de hipertrofia cardiaca derecha no se encontraron diferencias estadísticas. En los análisis de regresión para la concentración de CO₂, HR y oxihemoglobina se obtuvieron regresiones altamente significativas y directamente proporcionales a la edad. Los resultados obtenidos muestran que la ventilación mixta en casetas de ambiente natural tiene un efecto positivo sobre la mayoría de los parámetros productivos principalmente en la uniformidad de peso y menor mortalidad, además de que disminuye el CO₂ en el ambiente.

Palabras clave: Ventilación por presión positiva, pollo de engorda, bióxido de carbono, humedad relativa, temperatura, oxihemoglobina, hematocrito, síndrome ascítico.

SUMMARY

MARRUFO VILLA DANIEL. Effect of mixed ventilation systems (natural ventilation and positive pressure ventilation) in broiler chickens on open-sided houses.

The study was made in a open-sided house, which was divided in two sections using a plastic curtain, with 12 units of 5.6 m². The positive pressure ventilation system was produced with a fan injecting a flow of about 300m³/min, through a plastic duct of 50cm of diameter, and which had small holes perforated into it. This was placed at height of 2.84 m and center of the house. 1008 mixed Peterson x Avian Farm one day old chicks were used and 1008 mixed Peterson x Hubbard were also used. The chicks of each strain were randomly divided in two groups and placed in the house units. Each unit was divided into pens and each pen had 84 birds of the same genetic strain. The treated group had mixed ventilation system (natural and positive pressure) with a flow of 30 liters of air/min/Kg. The control group had only natural ventilation. Feeding restriction program was utilized from the 3rd to the 7th week. The minor feed consumption was in the control Hubbard group being statistically different (P<0.05) only with the treated Avian Farm group. This group showed the highest feeding consumption, average weight and weight gain per day, and was statistically different (P<0.05) with the Hubbard groups. Feed conversion did not show statistical difference. The best productivity index was for the treated Avian Farm group, which was statistically different (P<0.05) to the Hubbard groups. The Avian Farm groups produced more kilograms of meat per m² and were statistically different (P<0.05) to the Hubbard groups. The Avian Farm groups showed the lowest mortalities rates (P<0.05) against the Hubbard groups. The treated Avian Farm group showed the lowest mortality rate by Ascites Syndrome and was statistically different (P<0.05) with all of groups. The mortality by Ascites Syndrome was 36% of the total mortality rate in the treated groups and 75% of the control groups being the highest mortality in females. Both treated groups had better weight uniformity and lower variation index. The lower CO₂ concentration began at the 3rd week in both treated and control groups at 5 a.m. and 9 p.m.. The relative humidity and temperature were very similar during the experiment. The measurements of oxyhemoglobin, hematocrit, cardiomegaly and hypertrophy of the right ventricle index did not show differences between treated and control groups. The regression analysis for the CO₂ concentration, relative humidity, oxyhemoglobin and hematocrit were statistically significant. The results show that the mixed ventilation system in both side-open houses has a positive effect in most of the productive parameters mainly in the weight uniformity and less mortality rate moreover the decrease of environmental CO₂.

Key words: Positive pressure ventilation system, Broilers, Carbon bioxide, relative humidity, temperature, oxihemoglobin, hematocrit, ascites syndrome.

INTRODUCCIÓN

DEFINICIÓN

La ventilación en la avicultura se define como el acto de suministrar aire fresco; siendo este proceso uno de los aspectos mas importantes del manejo avícola.¹ Ventilación apropiada significa mover la cantidad de aire correcta en el momento adecuado, con la finalidad de mantener la temperatura, humedad relativa (HR) y concentración de oxígeno óptimo para el desarrollo de las aves;² ya que el pollo actual con su acelerada velocidad de crecimiento necesita un ambiente confortable y saludable para poder manifestar todo su potencial genético.³

La ventilación consiste en introducir aire fresco y limpio del exterior y extraer aire viciado de la caseta; es un proceso continuo e indispensable en la producción avícola.⁴ Un sistema de ventilación requiere mantener el equilibrio entre oxígeno y bióxido de carbono en la caseta y al mismo tiempo conservar la temperatura y humedad del aire de acuerdo a la edad de las aves; puesto que la vida y el desarrollo de estas depende entre otras cosas de la disponibilidad de aire fresco y limpio.⁵

El control ambiental es una parte importante de la producción de aves;⁶ en una caseta avícola se requiere un control de los elementos del micro-clima, como son la temperatura ambiental, la humedad relativa, el movimiento del aire o ventilación y en algunos casos de la luz.⁷

El control ambiental de las casetas avícolas tiene básicamente tres objetivos: el primero de ellos favorecer las condiciones para mantener elevadas densidades de población avícola, el segundo permite lograr un adecuado

desempeño de los trabajadores y por último el uso económico de espacios y del capital disponible.⁸

La ventilación en una caseta de pollos de engorda es un aspecto de manejo al que cada vez se le da mayor importancia. La ventilación adecuada cobra especial importancia cuando los pollos se crían en climas con condiciones ambientales extremas que escapan de los valores considerados aceptables para el normal funcionamiento fisiológico de las aves;³ por lo tanto, la cantidad y calidad de aire que circula en un ambiente de producción de aves debe ser tan cuidado como la calidad y cantidad de alimento y agua de bebida consumidos.⁹ Cuando se engordan pollos en situaciones de alta densidad, también resulta difícil dejar de utilizar algún tipo de ventilación mecánica durante la época de frío o de calor.³

FUNCIONES DE LA VENTILACIÓN

Esta actividad cumple con muchas y variadas funciones; la ventilación correcta abastece de oxígeno necesario para la respiración de las aves, elimina los subproductos de la respiración (bióxido de carbono) y excreción (amoníaco) y además evapora el agua de las deyecciones.¹⁰ También interviene en la regulación de la temperatura y el control de la humedad del alojamiento. En aves en crianza se elimina el monóxido de carbono generado por las criadoras, el polvo y olores extraños; de igual manera disminuye el número de bacterias en el aire y mantiene las camas secas. La renovación permanente de aire previene a las aves contra muchas enfermedades y por último colabora en la eliminación del calor de la caseta.^{9,11,12,13} Si estas funciones no se logran adecuadamente, es causa de la disminución de los rendimientos y coadyuvante en la aparición de enfermedades. Así como la nula ventilación causa problemas, la excesiva ventilación también lo hace; ya que predispone a la presentación de enfermedades respiratorias.¹⁴

TIPOS DE VENTILACIÓN

Las modalidades para ventilar una caseta varían de acuerdo al tipo de construcción y al equipo disponible, pudiéndose clasificar en tres tipos:

a) Estática o natural: Donde la superficie de las ventanas y el movimiento natural de los vientos determinan la entrada o flujo de aire a la caseta.

b) Forzada o dinámica: En donde se introduce mecánicamente aire a la caseta. Este tipo de ventilación no está afectada por los vientos de modo que permite un mayor control de las condiciones ambientales internas y puede ser de dos formas:⁹

- Ventilación por presión positiva o inyección de aire.
- Ventilación por presión negativa o extracción de aire.

c) Ventilación mixta.

VENTILACIÓN NATURAL: Este sistema se utiliza en casetas de ambiente natural; la temperatura y ventilación suelen regularse mediante el cierre o la abertura de las cortinas laterales recurriendo al flujo de aire libre a través de la caseta, este tipo de ventilación está lejos del ideal para mantener condiciones ambientales adecuadas en climas extremos.^{3,4,11} La ventilación natural es el sistema menos tecnificado, pero es el más barato en construcción y mantenimiento; no requiere equipo especial. Lo que necesita es un manejo cuidadoso y mano de obra que esta disponible en países en vías de desarrollo.⁴

Durante la época fría, el calor producido por las aves y el manejo de cortinas son los elementos utilizados para mantener la temperatura y ventilación adecuada de la caseta con la entrada de aire fresco. En condiciones de baja

temperatura exterior y lugares de gran altura sobre el nivel del mar resulta difícil mantener dentro de la caseta condiciones medianamente satisfactorias para el buen rendimiento de los pollos de engorda, empeorándose con la edad y el mayor peso de las aves.^{3,11,15}

Este sistema de ventilación es el mas utilizado en México; en los países con climas extremos ha dejado de usarse por la dificultad de mantener condiciones óptimas dentro de la caseta durante todo el año, principalmente por no poder evitar las grandes fluctuaciones de temperatura.⁷

La ventilación natural puede ser muy eficaz pero es altamente dependiente del movimiento del aire exterior; es ideal cuando la temperatura exterior es cercana a la que las aves necesitan, pero tiene el inconveniente que la tasa de renovación de aire dependerá completamente del viento exterior. Las condiciones óptimas para utilizar ventilación natural es cuando la temperatura exterior es igual o ligeramente inferior (3 - 8°C) a la que se desea en la caseta. El principal problema que plantea este tipo de ventilación en clima con temperatura baja, es que el aire frío y pesado que entra a poca velocidad por aberturas pequeñas, rápidamente desciende a nivel del suelo donde enfría a las aves y causa condensación, con el consiguiente humedecimiento de la cama. Al mismo tiempo, el aire mas caliente se encuentra arriba sale rápidamente de la caseta, lo que produce grandes fluctuaciones en la temperatura interna, corrientes de aire y por consiguiente estrés en la aves. Para que este sistema de ventilación funcione adecuadamente requiere de supervisión personal las 24 horas del día.⁴

VENTILACIÓN POR PRESIÓN POSITIVA: Este sistema consiste en la entrada de aire por inyección a alta velocidad, normalmente bajo el techo de la caseta, en donde no puede tener ninguna obstrucción. Este aire en movimiento origina una serie de corrientes circulares secundarias de movimiento suave que son las que proporcionan la ventilación a las aves. La ventaja de este sistema

reside en que las entradas de aire por aberturas pequeñas reducen los efectos desfavorables de los vientos fuertes, asegurando que el aire tenga un movimiento y distribución uniforme, estable y predecible.⁷

El aire que entra a la caseta en épocas de frío tiene que llegar a las aves a poca velocidad y a una temperatura acorde a la edad de los animales. Se trata de que los cambios de aire dentro de la caseta se hagan en forma que la velocidad del movimiento del aire sea uniforme.^{7,16,17} Cuando el aire dentro de un ambiente esta en reposo, el aire frío por ser mas pesado, se ubica por debajo del aire caliente que es mas liviano. Por este motivo, el aire dentro de la caseta debe estar en constante movimiento de modo que la temperatura sea igual en todos los niveles.^{7,8,11}

En el sistema de ventilación natural el aire que se introduce a la caseta entra en la mayoría de los casos sin una dirección determinada; en el sistema de ventilación por presión positiva en lugar de que grandes volúmenes entren a la caseta a la deriva, los ventiladores lo inyectan al interior a alta velocidad, lo que provoca que se mezcle el aire frío con el caliente encima de los pollos. El aire frío que se introduce dentro de la caseta no cae al piso inmediatamente, se mezcla con el caliente y con ello se incrementa su capacidad de retener humedad.⁴ La diferencia en la presión permite que el aire que se encontraba en el interior de la caseta se mueva hacia afuera a través de salidas.⁶

Se recomienda utilizar ventilación por presión positiva en climas fríos; aún cuando la temperatura exterior sea extremadamente baja. Para hacer mas eficiente el sistema se puede colocar delante de la hélice un quemador circular, de modo que el aire que entra se caliente y pierda humedad, con lo que puede absorber mas humedad del interior. El calefactor únicamente tiene por objeto secar y calentar un poco el aire que entra y no calentar la caseta.¹⁸

VENTILACIÓN POR PRESIÓN NEGATIVA: Este sistema se utiliza en casetas de ambiente controlado o en cualquier caseta de ambiente natural en donde pueda lograrse un vacío parcial; y puede cubrir los requerimientos de ventilación a medida que las aves aumentan de peso, en casetas localizadas en climas extremos.³

Este tipo de ventilación, llamado también ventilación por túnel, consiste en la salida de aire por medio de extractores y requiere que las cortinas laterales estén cerradas sin permitir fugas, así como que las entradas por extracción estén ubicadas en las partes altas de las secciones frontales o laterales, con ello se asegura que el aire frío proveniente del exterior entrará a la caseta a determinada velocidad (184 m/min) mezclándose a cierta altura del piso con el aire interior caliente. Si el aire que entra no alcanza la velocidad mínima (180 m/min.) tenderá a dirigirse hacia el piso de la caseta, poniéndose en contacto con las aves en forma directa.³

La mayor ventaja es que la cantidad y dirección del viento puede ser controlada. El movimiento uniforme del aire permite la pérdida de calor de los pollos mejorando su rendimiento.¹ Se recomienda que este tipo de ventilación no se accione cuando la temperatura exterior es muy baja ya que lejos de solucionar un problema se acarrea otro de mayores dimensiones, ya que introduce a la caseta grandes volúmenes de aire frío repentinamente.⁴

VENTILACIÓN MIXTA: Este sistema consiste en el uso de la ventilación natural y por presión positiva; con la cual se asegura el movimiento de aire a través de la caseta, este sistema facilita los microclimas, dependiendo de la edad, tipo de ave, peso, sexo y estación del año.

Se utilizan cortinas laterales en las casetas las cuales se manejan de acuerdo a las condiciones ambientales externas y la temperatura que las aves

necesitan. Las cortinas sirven para conservar el calor en los primeros días de vida de los pollitos, además de que juegan un papel importante manteniendo la temperatura interna de la caseta óptima cuando el clima es muy frío. Dependiendo de las condiciones climatológicas, las cortinas a ambos lados se dejan abiertas, asegurando un movimiento del aire dentro de la caseta puesto que si no hay suficiente movimiento natural de aire se corrige con la utilización de ventiladores, este se puede utilizar desde el primer día de vida de los pollitos o cuando la temperatura exterior es muy baja; puesto que el sistema evita que el aire frío inyectado por los ventiladores llegue directamente a las aves.^{3,18} En la ventilación mixta las cortinas se combinan con ventiladores o extractores para realizar los recambios de aire de la caseta y se puede hacer uso de ventiladores interiores para la circulación del aire en tiempo cálido.^{3,7.}

VENTILACIÓN FORZADA

Varios autores afirman que el sistema de ventilación forzada por medio de electricidad es el que mas ventajas ofrece en la avicultura, ya que además de favorecer la aireación, posibilita el control absoluto del movimiento de aire.⁹ Lacy y Czarick²⁰ mencionan que la ventilación es el mejor método disponible para todos aquellos que quieran controlar el ambiente en sus casetas en vez de depender de las condiciones del clima.

Las mejoras de los sistemas de ventilación mecánica han hecho posible incrementar la densidad de población en los alojamientos de aves y otras especies.¹⁹ Esto es importante económicamente porque reduce considerablemente los costos de producción y mano de obra.¹

Un ventilador es simplemente un aparato, que sirve para introducir aire a una caseta, por lo tanto la consideración mas importante es su capacidad de moverlo. Después debe tomarse en cuenta la eficacia en términos de consumo de

energía por volumen de aire desplazado.^{15,20,21} En una granja avícola se debe tener planta eléctrica o generador de emergencia; con la capacidad suficiente para que puedan operar todos los sistemas de las casetas.²⁰

Cuando se instrumenta un sistema de ventilación es de suma importancia cómo y dónde se deben instalar los ventiladores,¹ se requieren entradas planeadas para que el aire inyectado a la caseta entre con suficiente velocidad y a su vez se distribuya uniformemente. La cantidad de entradas depende del número y tamaño de los ventiladores y a su vez el número de ventiladores y sus dimensiones dependen de la cantidad de aire en metros cúbicos que se requiere introducir.²²

La localización de los ventiladores, su ángulo y la distancia entre ellos varía dependiendo de la construcción de la caseta, la capacidad de desplazar aire de los ventiladores y del tamaño de las aspas. Los ventiladores colocados en el centro de la caseta deben de tener una separación de 15 m para evitar puntos muertos, que son las zonas en las cuales no llegará el aire, especialmente en los rincones. La falta de planeación reduce el potencial y la eficacia del equipo y repercute en los rendimientos de la parvada.²⁰

Lo mas importante de la ventilación es el movimiento del aire, este debe ser uniforme de arriba hacia abajo y de un lado hacia el otro; lo cual conduce a métodos de ventilación especiales.^{13,15.}

El sistema de ventilación debe tener un programa regular de mantenimiento.²¹ Si los ventiladores están funcionando correctamente y hay suficiente aire fresco, combinado con una temperatura adecuada; se verá reflejado en los rendimientos de la parvada. Esto es muy importante ya que si un ventilador no trabaja bien, entonces los demás tendrán que realizar un trabajo extra para mantener el ambiente deseado.⁴

Las aspas deben mantenerse limpias; cualquier residuo en las correas o acumulación de plumón dentro del motor no solo reduce la eficiencia del ventilador sino que posiblemente causa contaminación microbiana e implicará posibles problemas de salud en la próxima parvada. Otra forma en que el sistema pierde eficacia es cuando las correas están flojas o los motores no estén correctamente calibrados.^{4,6}

VENTILACIÓN EN CLIMA FRÍO

Un mal manejo durante los primeros días de vida tiene un impacto dramático sobre los parámetros productivos de la parvada finalizada,¹⁹ por esta razón se requiere tener un absoluto control sobre el ambiente en la crianza ya que el plumón protege menos al pollito que las plumas de las aves adultas, por lo que hay que evitar exceso en la velocidad del aire a la altura de los animales, puesto que el paso de este a través de la superficie corporal provoca un descenso en la temperatura del ave; esto se denomina sensación térmica o efecto de enfriamiento del viento. A medida que van creciendo las plumas, las aves se hacen más resistentes a los efectos de enfriamiento del aire en movimiento, siendo más resistentes las líneas de emplume rápido.²

Las aves en crecimiento requieren de una amplia reserva de aire fresco sin corrientes; por lo cual debe contemplarse una ventilación que no disminuya ni provoque fluctuaciones de temperatura, pero que además renueve el aire constantemente; sobre todo en climas extremos, ya que la ausencia de ésta, es causa de emplume deficiente, crecimiento anormal, desuniformidad de la parvada y deterioro en la conversión alimenticia; cada uno de estos factores resulta sumamente costoso para el productor.¹¹

En clima frío es difícil ventilar una caseta, sobre todo cuando las aves se encuentran en crecimiento, ya que es necesario conservar calor dentro del

edificio y cambiar el aire todo el tiempo para evitar que se incrementen los niveles de gases contaminantes y humedad relativa. El aislamiento térmico en el techo y la cama seca ayudan en la conservación del ambiente con una temperatura acorde a la edad de las aves.¹¹

Cuando la granja se sitúa en un ambiente frío y de gran altitud sobre el nivel del mar, es aún más importante tener un sistema de ventilación, sobre todo durante la etapa de crianza; puesto que las criadoras utilizan oxígeno en la combustión del gas. Por lo que si el aire tiene menor cantidad de oxígeno, aumenta la incidencia de problemas respiratorios y síndrome ascítico (SA).^{13,22}

REQUISITOS DE VENTILACIÓN

El aire que se introduce a la caseta debe mantener una composición gaseosa lo más cercana posible al aire exterior, con el objeto que la concentración de oxígeno (21%) sea el adecuado para las funciones de respiración de las aves.¹⁷

La cantidad de aire que el sistema de ventilación debe introducir o extraer de la caseta y el equipo usado varían dependiendo de si el clima es caluroso o frío.^{4,22} Ventilar es un desafío, puesto que las casetas avícolas son diferentes y los requisitos de ventilación cambian dependiendo de la hora del día, la estación del año, la temperatura ambiental, la humedad relativa, el movimiento del viento, la edad de los pollos y la densidad de los mismos.^{10,18} Las necesidades actuales de los pollos durante su crecimiento, así como la variabilidad del tiempo en algunas regiones, requieren que los avicultores sean capaces de cambiar la forma de ventilación con gran rapidez.^{4,18}

REQUERIMIENTOS DE AIRE

La cantidad de aire para aportar el oxígeno requerido por las aves y permitir diluir todos los gases contaminantes en la caseta se sitúa entre 15 litros de aire/ minuto/ kg de peso vivo cuando las temperaturas van de 0 a 10 °C y cuando éstas oscilan entre 10 y 25 °C aumenta a 30 litros de aire/minuto/kg de peso vivo.¹⁴ Calvert⁸ indica que la cantidad de aire va de 7 y 13 m³ de aire/hora por cada kilogramo de alimento consumido al día.⁸ Otros autores señalan que la necesidad de aire por hora varía de 0.108 a 2.03 m³ por ave; esto depende de la edad, siendo la menor cifra para la primera semana y el último valor para la octava.^{1,4,9,13.}

VELOCIDAD DE AIRE

La velocidad mínima recomendada para lograr que el aire alcance la mitad de la caseta antes de caer al piso, es de 2-4 metros/segundo.¹⁴ Todas las aves precisan aproximadamente la misma cantidad de aire, de aquí que se debe asegurar una buena distribución del mismo.^{9,12,13.}

En base a lo anterior se puede decir que distintas condiciones climatológicas requieren diferentes cantidades de aire. Por esta razón, el diseño del sistema de ventilación debe adecuarse dependiendo de la región en la que se localice la granja; inclusive puede ser diferente en la misma zona.⁴

GASES CONTAMINANTES

El aire normal a nivel del mar está formado por 78.09% de nitrógeno, 20.95% de oxígeno, 0.93% de argón y 0.03% de bióxido de carbono; los cuales representan el 99.99% de la composición del aire seco normal.²³ Cuando los recambios de aire no se realizan en el medio ambiente en el que se alojan los pollos de engorda, hay una alta concentración de gases contaminantes y polvo capaces de permanecer estables en el aire por periodos relativamente largos y

además contiene agentes infecciosos que al ser inhalados pueden provocar daño al animal.²⁴

Cuando el amoníaco, bióxido de carbono y monóxido de carbono se concentran en la atmósfera, el nivel de oxígeno se reduce lo que resulta en condiciones menos óptimas para el máximo crecimiento y producción.²⁵ Estos gases contaminantes producen efectos primarios y secundarios en las aves. En los primarios se ven afectados los órganos y tejidos que están directamente expuestos al medio ambiente como lo es el sistema respiratorio, la piel y los ojos; los efectos secundarios se manifiestan una vez que los gases nocivos penetran al aparato circulatorio, afectando principalmente a los pulmones.²³

En las casetas avícolas el polvo esta formado por excretas, epitelio de la piel y plumas, alimento, materiales de la cama que pueden contener amoníaco y partículas del medio externo.²⁶ El diámetro de estas partículas varían desde menos de un micrómetro hasta 0.1 milímetro de diámetro, siendo la mayoría superiores a los 10 micrómetros; el tiempo en que una partícula de polvo permanece en el ambiente está determinado por su velocidad de sedimentación y es en promedio de 1 cm/segundo.^{24,26}

El amoníaco (NH_3) se produce por la degradación bacteriana del excremento (pollinaza) sobre todo cuando hay un incremento en la humedad relativa y en la temperatura de la caseta.^{25,27} Es un gas alcalino muy tóxico y pueden encontrarse en el ambiente en 30 ppm incluso con una ligera ventilación. A 20 ppm tiene un efecto irritante en las mucosas del aparato respiratorio²⁵ desde las fosas nasales hasta el tejido pulmonar, lo cual produce un incremento en la secreción de moco, aumento en la frecuencia respiratoria (taquipnea) y constricción bronquial, esto ocasiona un incremento en la resistencia del paso del aire; cuando se encuentra a 40 ppm causa inflamación ocular.^{28,25} El amoníaco es

muy soluble por lo que se absorbe en su totalidad en la parte superior del sistema respiratorio, llegando a los pulmones solo en pequeñas cantidades.^{14,23,24.}

En intoxicaciones agudas por amoníaco se puede solucionar el problema implementando un sistema de ventilación; en los casos crónicos los efectos son variados, de 70 a 200 ppm producen letargia, dificultad para respirar, pobre crecimiento y disminución del consumo de alimento; pero si esta situación continúa, se produce una neumonía aguda y edema pulmonar, concentraciones de 500 ppm provocan rápidamente la muerte del ave.^{14,24.} Estudios recientes indican que concentraciones de amoníaco de 30 a 50 ppm en el ambiente, estaban muy relacionados con la presentación de síndrome ascítico y que estas concentraciones de amoníaco a su vez estaban muy relacionadas con una pobre ventilación.²⁹

El bióxido de carbono (CO₂) es un gas incoloro que se genera por los procesos respiratorios de las aves y en pequeña proporción por la fermentación de la cama¹⁶; este gas se concentra cuando hay una alta densidad de población y una inadecuada ventilación. Cuando el CO₂ llega a concentraciones altas (5%) provoca que las aves respiren mas rápido y profundo, si se concentra en 14% provoca la muerte de las aves, las cuales se caracterizan por presentar una coloración roja oscura en sangre y en zonas de la cara como cresta y barbillas.^{23,24,26.}

El monóxido de carbono (CO) es también un gas incoloro e inodoro el cual se produce por una combustión defectuosa de los sistemas de calefacción y se incrementa en el ambiente cuando hay una nula o incompleta ventilación en la caseta.¹⁴ El monóxido de carbono compite con el oxígeno por los sitios de unión con la hemoglobina; la afinidad de la hemoglobina para el CO es de aproximadamente 250 veces mayor que para el oxígeno. Cuando el CO se une a la hemoglobina se forma la carboxihemoglobina, por lo que la capacidad de la

hemoglobina para transportar oxígeno en la sangre hacia los tejidos se reduce, provocando una falta de oxigenación. La cantidad de carboxihemoglobina en la sangre depende de la concentración de monóxido de carbono en el aire y de la duración de la exposición del pollo al ambiente contaminado con este gas. Cuando el porcentaje de hemoglobina en sangre está presente como carboxihemoglobina en un 20 % las aves presentan movimientos incoordinados o pérdida del control de la locomoción, al 30% aparece letargia y mueren cuando el porcentaje supera el 50%.^{23,24.}

PARÁMETROS AMBIENTALES

La humedad relativa es el cociente porcentual entre la cantidad de vapor presente en el aire a una determinada temperatura y la cantidad máxima de vapor de agua que puede contener.⁸ Los niveles de humedad relativa que deben existir dentro de la caseta varían según la temperatura interior; a temperaturas menores de 25 °C la humedad debe estar de 65-70% y a temperaturas superiores a 25 °C de 45 a 60% de humedad.¹⁴ El exceso de humedad en la cama predispone a enfermedades ya que al haber una humedad relativa (HR) por arriba del 75% hay un mayor crecimiento de la población microbiana y coccidiana con lo cual se incrementan considerablemente los casos de coccidiosis aviar; además genera gases contaminantes (NH₃) y provoca la proliferación de insectos.²² La respiración y la pérdida de calor por evaporación se dificultan a medida que aumentan la temperatura ambiental y la humedad relativa.^{14,22.}

Hay una correlación entre la ventilación y la temperatura, por lo que en los cálculos no sólo interviene la necesidad de renovación del aire sino que también los parámetros de temperatura.²²

Los pollos son animales homeotérmicos, es decir, de sangre caliente. El mecanismo de termogénesis de aves recién nacidas no está completamente

desarrollado, este sistema madura entre los 14 y 21 días aproximadamente. La temperatura corporal del pollo recién nacido es de solo 38.9-39.4 °C, la cual se incrementa gradualmente hasta las dos semanas de edad, que es cuando llega a su pico, siendo para el pollo adulto de alrededor de 40.5-41.6 °C. Por esta razón los pollitos requieren calor adicional y sin fluctuaciones de temperatura hasta que se acostumbren a los extremos.³⁰

En épocas frías se necesita una renovación de aire mas lenta, especialmente con aves jóvenes, ya que producen menos NH₃, CO₂ y consumen menos oxígeno que aves adultas.¹ Aunque la menor ventilación ayuda a conservar calor dentro de la caseta, aún en el tiempo mas frío, es necesario introducir suficiente aire fresco para reponer el oxígeno y extraer el exceso de humedad y gases nocivos.³¹

En las casetas de ambiente natural en época de crianza se tiene que mantener una temperatura lo suficientemente alta para darle al pollito una zona de confort térmico. Esto quiere decir, que se requiere cerrar completamente la caseta durante el tiempo de cría y utilizar ventilación mecánica para darle a las aves el suficiente aire fresco, con la finalidad de asegurar la temperatura constante requerida por los pollitos.²²

El aire tiene un efecto enfriador a velocidades de 2 a 9 km/hora ya que puede reducir de 2 a 5°C la temperatura.¹² En general no se recomienda la ventilación natural y por presión negativa cuando las diferencias de temperatura exterior es 8°C menor que la temperatura dentro de la caseta en regiones frías y cuando se trata de aves pequeñas, las cuales crean menos calor corporal y son mas susceptibles a las corrientes de aire, no debe ser mas de 6°C.⁶

MOVIMIENTO DE LAS AVES EN LA CASETA

Otro problema que implica una deficiente ventilación es la incorrecta distribución del aire dentro de la caseta, que trae como consecuencia el movimiento de pollos a las partes mas agradables. El problema básico de la migración es que cuando hay muchas aves en una área limitada se presenta una falta de comederos, bebederos y espacio. Los pollos dejan de consumir alimento, y tienden a encimarse sobre otros pollos, disminuyendo el rendimiento de la parvada, aumentando los decomisos y la mortalidad.⁴

SÍNDROME ASCÍTICO

En las temporadas frías cuando las casetas permanecen mas tiempo cerradas, aumentan los casos de enfermedades respiratorias y pollos decomisados; esto se debe a que no hay suficiente aire fresco circulando, los gases contaminantes irritan el sistema respiratorio que en este especie es sensible y predispone a la infección microbiana de estos órganos.¹⁸

Un ejemplo de actualidad de las consecuencias de no brindarle a los pollos de engorda condiciones ambientales adecuadas durante su confinamiento, es la manifestación del SA,^{3,25} el cual debido al mejoramiento genético que han sufrido las aves, en la búsqueda de mayor cantidad de masa muscular, el aparato respiratorio se ha visto afectado, ya que no hay un crecimiento proporcional entre ambos;³² además suele presentarse en pollos sometidos a un ambiente frío y de pobre calidad de aire o debido a la presencia de enfermedades respiratorias.^{3,25}

Durante los últimos años, el SA ha representado una de las principales causas de pérdidas económicas por muertes en el sector avícola de México particularmente para las explotaciones de pollo de engorda, la cual representa aproximadamente el 60% de la mortalidad; principalmente en aquellas

explotaciones en donde se lleva a cabo la crianza de las aves a elevadas altitudes.^{24,25,33.}

A través del tiempo, la mayor presentación de SA se ha relacionado con una gran variedad de factores; incluidos aspectos de manejo, nutrición, genética, ambientales e infecciosos.^{24,34,35} Dentro de los factores ambientales para la presentación del SA se presenta con una mayor incidencia en granjas situadas a elevadas altitudes sobre el nivel del mar (a partir de 1,300 msnm). Esta altura está íntimamente relacionada con el clima frío y con cambios de temperatura los cuales agravan el cuadro y una baja en la presión parcial de oxígeno.^{36,33,34}

La presentación de SA a nivel del mar se ha relacionado estrechamente con una pobre o nula ventilación en las casetas.³⁷ Otros autores señalan que la presentación de SA esta influenciado con la calidad del pollito, puesto que en sus estudios encontraron que en los pollos de segunda calidad la mortalidad por SA era considerablemente mayor que en los de primera.³⁸ Los factores de manejo que promueven el SA son las temperaturas altas y bajas o cambios bruscos en está, ventilación inadecuada, alta densidad de población, manejo físico de las aves, mal manejo de bebederos que provocan humedecimiento de la cama y consecuentemente el amoníaco, acumulación de CO₂, polvo y vapores desinfectantes durante la incubación.²⁵

El SA provoca en las aves una acumulación de líquido en la cavidad abdominal, además de producir otras lesiones como son hidropericardio, cardiomegalia, hipertrofia cardíaca derecha, edema pulmonar y congestión cardíaca;^{24,39} la problemática se centra a una condición de hipoxia, que es promovida en gran medida por un desbalance entre las necesidades de crecimiento de tejidos y la capacidad del sistema respiratorio y cardiovascular para cubrir las demandas de oxígeno del organismo.^{40,41.}

Una de las bases que esclarecen el porqué de la mayor susceptibilidad al SA en los pollos de engorda, se encuentra en la gran demanda metabólica de oxígeno por la rápida velocidad de crecimiento, a la mayor cantidad de eritrocitos que se encuentran en la circulación, las cuales se producen para hacer mas eficiente el transporte de oxígeno a los tejidos y que a su vez aumentan la viscosidad de la sangre; y al incremento del flujo sanguíneo para compensar los estados de hipoxia.²⁴ Debido a la menor tensión de oxígeno atmosférico por la baja presión barométrica, el SA se presenta con mayor frecuencia en zonas de elevada altitud, promovido por una hipoxia crónica.^{24,25}

Cualquier factor que predisponga hipoxia a los pollos de engorda como son: crianza en elevada altitud sobre el nivel del mar, inadecuada ventilación de la caseta, aumento en las necesidades de oxigenación de los pollos al criarlos a bajas temperaturas ambientales, rápida velocidad de crecimiento, inadecuada combustión de las fuentes de calor, prácticas inadecuadas de incubación, daño del tejido por reacciones post-vacunales y lesiones cardiacas entre otras pueden desencadenar un cuadro de SA.^{24,42.}

Las aves que son criadas a elevada altitud, pueden presentar una baja saturación de oxígeno en la sangre (hipoxemia) e incluso una deficiencia de oxígeno en los tejidos (anoxia), sobre todo si se encuentra sometido a una alta demanda metabólica de oxígeno para el mantenimiento y producción.⁴⁰ La producción de calor esta relacionada con la disponibilidad de oxígeno. Cuando existe una limitación en el abastecimiento de oxígeno, se puede afectar la regulación de la temperatura por el ave, y esto ocasiona una respuesta similar a la de la hipoxia sobre todo cuando los animales se crían a temperaturas no aptas para su desarrollo.^{24,34,43.}

La reducción significativa en las presiones parciales de oxígeno, acompañada del incremento en las presiones parciales de CO₂ arterial provocan

un estado de hipoxemia en las aves; como respuesta la hormona eritropoyetina estimula la producción de glóbulos rojos, necesarios para el transporte de oxígeno, con lo que se aumenta el hematocrito. Como consecuencia del elevado hematocrito puede ocurrir una marcada dilatación de los vasos linfáticos y venosos, por lo que se reduce la velocidad del flujo de líquidos hacia el ventrículo izquierdo.²⁴ La policitemia aumenta la viscosidad de la sangre y es la principal causa de una mayor resistencia al flujo, por lo que se manifiesta un cuadro de hipertensión, también se ve afectada la forma de los eritrocitos, lo cual agrava el cuadro.⁴⁰

El corazón de las aves no está diseñado para bombear la sangre que tiene mayor presión, por lo que al efectuar un esfuerzo extra, se produce un aumento de tamaño del ventrículo derecho, si la situación continúa, el corazón se torna flácido y se dilata, este trastorno puede o no ser simultáneo a una lesión pulmonar, la cual bloquea el tránsito de la sangre, por lo que se produce una elevación de la presión sanguínea en la arteria pulmonar e impide que las válvulas cardiacas cierren adecuadamente, por ello hay un reflujo de sangre, este retorno produce un aumento de la presión en todo el sistema venoso, los órganos se congestionan por la sangre acumulada y para reducir la presión, sale líquido a partir de los tejidos, principalmente por el hígado e intestino; el líquido, por gravedad, se acumula en cavidad abdominal y en el saco pericárdico presentándose el cuadro característico de SA.^{24,40}

En la presentación del SA se ha descrito una participación importante de la hemoconcentración, que es causante de la salida del plasma sanguíneo como una respuesta para aliviar el estado de alta presión. En las aves con SA hay un incremento en el número de células rojas (hematocrito), volumen celular medio y hemoglobina.^{40,43}

La cardiomegalia y el hidropericardio constituyen hallazgos constantes a la necropsia en casos clínicos de SA; estos cambios se presentan antes de que se acumule fluido ascítico en cavidad abdominal,^{35,43} tomando el peso cardiaco total, del ventrículo derecho, ventrículo izquierdo y el corporal se pueden calcular el índice de cardiomegalia (ICM) y el índice de hipertrofia cardiaca derecha (IHCD) con la finalidad de determinar la severidad del síndrome.^{41,44.}

VERIFICACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE VENTILACIÓN

La evaluación de un sistema de ventilación es difícil, puesto que el aire no se ve; sin embargo, aun así es preciso vigilar que los recambios de aire estén ocurriendo,¹ para lo cual es necesario hacer una serie de pruebas en forma rutinaria⁴

Hay muchas maneras de determinar el funcionamiento de la ventilación y su eficiencia. Observar el comportamiento de las aves indica si están cómodas o no; cuando se alimentan, beben y se distribuyen de manera uniforme en la caseta, quiere decir que se encuentran en estado de confort; cuando se concentran en un extremo o evitan ciertas áreas de la caseta, es indicativo de diferencias de temperatura y una incorrecta distribución de aire o zonas de aire estancado.⁴⁵

Las personas que están en contacto con las aves constantemente pueden detectar si la ventilación no es adecuada; además de observar el comportamiento de las aves, se puede percibir altos niveles de amoníaco por medio del olfato, los ojos se comienzan a irritar, el aire se siente viciado, húmedo y también la cama encuentra húmeda.⁴

Aun cuando es importante interpretar los signos de estrés en las aves, es preferible mantener otros indicadores que permitan corregir las diferencias de ventilación antes de que las aves lo manifiesten; estas herramientas se pueden usar para determinar y evaluar fallas en el sistema con medidas exactas y van a ayudar a establecer datos adecuados para correcciones futuras.^{4,18}

Los medidores de presión estática se utilizan para saber cual es el movimiento del aire. Se pueden colocar trozos de serpentina o generadores de humo para visualizar el movimiento de aire; estos se distribuyen estratégicamente e indican donde está en movimiento el aire y cual es su dirección. Su ubicación depende del sistema de ventilación, pero en general deben estar a nivel de las aves.^{1,4}

Existen equipos detectores multigas que miden: amoníaco (5-130 ppm), bióxido de carbono (0.01-0.50%), monóxido de carbono (10-250 ppm) y oxígeno (2-24%), los cuales son muy precisos e indican directamente la composición gaseosa del aire en el interior de la caseta.⁴

La instalación de termómetros a distintas alturas y áreas dentro de la caseta permite observar si hay estratificación de temperaturas, pero lo mas importante es la temperatura al nivel en que se encuentran las aves. Se necesita por lo menos tres termómetros, uno al inicio, otro intermedio y otro al final de la caseta colocados a nivel de las aves. Los termómetros de máximas y mínimas son los mas recomendables.^{4,6,22} Esto permite saber si se esta ventilando y administrando la temperatura adecuada y uniformemente.⁴⁵

Se debe verificar la humedad relativa con un higrómetro digital o giratorio (10-100% HR). El monitoreo y control de la humedad relativa es indispensable para evitar problemas de amoníaco en invierno y de exceso de calor en verano. De igual forma, se puede examinar la cama para verificar si está mojada y por

consiguiente la producción de amoníaco. La mayoría de las personas que pasan mucho tiempo en las casetas avícolas se habitúan al amoníaco y a otros gases que pueden ser dañinos para las aves, por lo cual resulta de suma importancia vigilar y controlar la humedad dentro de la caseta.⁴⁵

El uso de un tacómetro sirve para verificar la velocidad del abanico, se debe asegurar que el motor del ventilador tenga las revoluciones por minuto especificadas por el fabricante⁴⁵ El anemómetro o turbímetro sirve para medir la velocidad con que se desplaza el aire; estos medidores permiten verificar la velocidad del aire en diferentes puntos de la caseta y además para observar si los ventiladores están funcionando de acuerdo a su programa.⁴ A nivel de piso en verano debe ser lo suficientemente alta como para refrescar a las aves y en invierno debe ser baja, pero capaz de mezclar el aire.^{4,18}

Mediante la evaluación del sistema de ventilación se conoce el buen funcionamiento de los ventiladores y además muestran la uniformidad y distribución del flujo de aire dentro de la caseta y se pueden detectar posibles fallas antes de que estos desencadenen un problema de mayores dimensiones, con lo cual se mejoran los parámetros productivos y se reducen los costos de producción por ave finalizada.⁴

JUSTIFICACIÓN

En la actualidad la mayoría de las empresas avícolas buscan métodos de producción, que los hagan altamente eficientes y económicamente competitivos; mediante la obtención de parvadas sanas criadas bajo condiciones de confort ambiental y con excelentes parámetros productivos; lo cual representa costos de producción bajos y por consiguiente mayores ganancias para el productor.

La realización de este tipo de trabajos no solo busca información acerca del efecto de la ventilación sobre parámetros productivos, sino también su efecto sobre la mortalidad de las parvadas, como es el caso del SA, el cual representa en promedio el 3% de la mortalidad total en México y genera además grandes pérdidas económicas; ya que aproximadamente el 70% de la avicultura mexicana se localiza en zonas donde el SA se presenta con frecuencia, por lo tanto, es necesario contar con información que permita reducir los efectos desfavorables de un medio ambiente viciado, con alta mortalidad por SA y parámetros productivos mediocres. Es importante también evaluar el efecto de la ventilación sobre las constantes hemáticas y observar si tiene efecto benéfico sobre la disminución de la hemoconcentración y el incremento en las concentraciones de oxígeno en la sangre. Así como conocer si la ventilación disminuye la presentación de fallas cardíacas como hipertrofia cardíaca y la dilatación del ventrículo derecho. Estos resultados pueden ser útiles para determinar la severidad o el grado de afección que pueden presentar los pollos sometidos a condiciones predisponentes a la presentación de SA y evaluar las ventajas o desventajas que se pueden obtener con un correcto control ambiental.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

Determinar el efecto de la ventilación mixta (ventilación natural y ventilación forzada por presión positiva) a través de un ducto colocado a lo largo de la caseta durante un ciclo productivo de siete semanas en casetas de ambiente natural en pollo de engorda en casetas de ambiente natural.

OBJETIVOS PARTICULARES:

1.- Determinar el efecto de la ventilación por presión positiva a través de un ducto durante un ciclo productivo de siete semanas mediante la evaluación de los parámetros productivos de una parvada de pollo de engorda.

2.- Determinar el efecto de la ventilación mixta en casetas de ambiente natural en relación a las concentraciones de CO₂ en el ambiente con forme aumenta la edad de las aves.

3.- Medir el efecto de la ventilación mixta en casetas de ambiente natural sobre el hematocrito y la concentración de oxihemoglobina en sangre en pollos de engorda criados a elevada altura sobre el nivel del mar.

4.- Evaluar el efecto de la ventilación mixta sobre la mortalidad general y la presentación del síndrome ascítico en pollos de engorda criados en una caseta de ambiente natural localizadas a 2470 msnm.

5.- Analizar el efecto de la ventilación mixta en casetas de ambiente natural sobre el índice de hipertrofia cardiaca derecha y el índice de cardiomegalia en pollos de engorda criados a 2470 msnm.

HIPÓTESIS

La aplicación de ventilación mixta (ventilación natural mas ventilación por presión positiva) mediante un sistema de ducto colocado a lo largo de la caseta desde el primer día de edad y durante siete semanas en casetas de ambiente natural mejora las condiciones ambientales dentro de la caseta y con ello los parámetros productivos en parvadas de pollo de engorda.

La aplicación de ventilación mixta reduce el porcentaje de mortalidad general y por síndrome ascítico, además de disminuir el índice de hipertrofia cardiaca derecha y el índice de cardiomegalia de pollos susceptibles.

La aplicación de ventilación mixta en casetas de ambiente natural disminuye la concentración de bióxido de carbono en el aire y de otros gases contaminantes.

La aplicación de ventilación mixta disminuye la hemoconcentración y aumenta el porcentaje de oxihemoglobina en sangre.

MATERIAL Y MÉTODOS

La investigación se realizó en una caseta experimental de ambiente natural de 30 m de largo por 6.5 m de ancho, con cortina de plástico y aislamiento térmico de poliuretano con un grosor de 2.5 cm en el techo. La granja se encuentra ubicada en Amecameca, Edo. de México, a una altura sobre el nivel del mar de 2,470 m. La zona presenta una temperatura media anual de 14.4°C, mínima de 0°C y máxima de 29 °C; con un clima C (W "2)(w) big de acuerdo a la clasificación descrita por Köppen y una precipitación pluvial de 1001 mm en época de verano.⁴⁶

La caseta cuenta con 24 divisiones de 5.6 m² (2.25x 2.5), cada una equipada con 3 comederos de tolva manuales de un diámetro de 35 cm, un bebedero automático de campana, criadora de gas de rayos infrarrojos, piso de cemento y cama de paja de 5 cm de profundidad. La caseta se dividió con una cortina de plástico en dos secciones de 12 lotes en cada una, con la finalidad de aislar cada sección. Se utilizó un sistema de ventilación el cual consistía de un ducto de plástico y un ventilador, este último tenía un diámetro de 0.5 metro y era accionado por un motor de 1/3 de caballo de fuerza que producía alrededor de 300 m³ de aire por minuto, colocado en la pared frontal de la caseta a una altura de 2.84 m al igual que el ducto de plástico; este corría a lo largo y al centro de la caseta, teniendo orificios de 2.5 cm de diámetro con la finalidad de distribuir uniformemente el aire a través de la sección ventilada de la caseta.

Se utilizaron 2016 pollos de engorda mixtos de un día de edad, de los cuales 1008 correspondían a las estirpes Peterson X Avian Farm y 1008 a la Peterson X Hubbard. De acuerdo a la estirpe se distribuyeron aleatoriamente para formar 12 lotes de 84 aves cada uno, se asignaron los lotes a 4 tratamientos con 6 réplicas cada uno. La densidad de población fue de 15 pollos/m².

Se formaron los siguientes grupos:

Tratamiento A) Estirpe Peterson X Avian Farm con Sistema de Ventilación Mixto = 504 aves.

Tratamiento B) Estirpe Peterson X Hubbard con Sistema de Ventilación Mixto = 504 aves.

Tratamiento C) Estirpe Peterson X Avian Farm con ventilación natural = 504 aves.

Tratamiento D) Estirpe Peterson X Hubbard con ventilación natural = 504 aves.

Los tratamientos C y D (testigos) se ventilaron naturalmente mediante la apertura de las cortinas de plástico laterales, de acuerdo a las condiciones ambientales externas. A los tratamientos A y B se les aplicó ventilación natural mediante la apertura de cortinas laterales combinada con ventilación por presión positiva por medio de un ducto de plástico, en el Cuadro 1 se muestra el calendario de ventilación.

Cuadro 1
CALENDARIO DE VENTILACIÓN

DÍA	TIEMPO (min/hr)	DÍA	TIEMPO (min/hr)	DÍA	TIEMPO (min/hr)
0-3	5	14-17	25	32-38	45
4-7	10	18-24	30	39-41	50
8-10	15	25-27	35	42-49	continuo
11-13	20	28-31	40		

El alimento se elaboró bajo estándares comerciales con base en sorgo-pasta de soya.⁴⁷ Desde el primer día de edad hasta el término de la tercera semana se les suministró alimento de iniciación con 21% de proteína cruda y 2,900 Kcal de EM/ kg; del día 22 al día 49 se les proporcionó alimento de finalización con 19% de proteína y 3,150 Kcal de EM/ kg de alimento de EM.

Se realizó un programa de restricción alimenticia en el tiempo de acceso al alimento durante todo el ciclo productivo (Cuadro 2) con el siguiente calendario de alimentación:

Cuadro 2
HORARIO DE ALIMENTACIÓN

Semana de vida	Horas de consumo
1	Libre acceso
2	7
3	8
4	8.5
5 y 6	9
7	10

Las horas de consumo se dividieron en dos periodos iguales y se suministró alimento por la mañana a partir de las 7 a.m. y por la tarde empezando a las 3 p.m.. Se utilizó iluminación natural e iluminación artificial en el segundo periodo de alimentación cuando oscurecía, para asegurar que hubiera luz en el horario de consumo.

La vacunación se realizó de la siguiente manera: Al primer día se aplicó la vacuna contra la enfermedad de Marek, al cuarto día la vacuna contra la infección de la bolsa de Fabricio con virus vivo en agua de bebida y al décimo segundo día se vacunó contra la enfermedad de Newcastle por vía ocular con la cepa La Sota y de modo simultáneo se vacunó contra bronquitis infecciosa.

TOMA DE DATOS EN CAMPO:

Mortalidad- Se registró diariamente el número y el sexo de las aves muertas, así mismo se les realizó la necropsia para emitir un diagnóstico clínico. Para realizar los cálculos de los porcentajes de mortalidad se utilizaron las siguientes fórmulas:¹⁴

$$\text{Porcentaje de mortalidad total} = \frac{\text{Número de aves muertas} \times 100}{\text{Aves que iniciaron el periodo}}$$

$$\text{Porcentaje de mortalidad por Síndrome Ascítico} = \frac{\text{Número de aves muertas por SA} \times 100}{\text{Aves que iniciaron el periodo}}$$

Índices Cardiacos - A la cuarta semana de vida se tomó una muestra de 30 pollos al azar de cada grupo (5 por repetición). Se realizó el pesaje individual, se sacrificaron y se registraron los siguientes datos: peso del corazón, del ventrículo derecho y del ventrículo izquierdo. Con la finalidad de obtener el índice de cardiomegalia (ICM) y el índice de hipertrofia cardiaca derecha (IHCD), usando las siguientes fórmulas:⁴⁴

$$\text{ICM} = \frac{\text{Peso cardiaco}}{\text{Peso corporal}}$$

$$\text{IHCD} = \frac{\text{Peso del ventrículo derecho}}{\text{Peso Cardiaco}}$$

Consumo de alimento- Diariamente se registró esta variable para obtener los parámetros productivos semanalmente y acumulados al final del ciclo, así como el consumo total de alimento por ave, mediante las siguientes fórmulas:¹⁴

$$\text{Índice de conversión alimenticia} = \frac{\text{Alimento consumido (kg)}}{\text{Ganancia de peso (kg)}}$$

$$\text{Índice de productividad} = \frac{\text{Ganancia diaria de peso} \times \text{Porcentaje de viabilidad}}{\text{Índice de conversión alimenticia} \times 10}$$

Peso de las aves- Semanalmente se pesó una muestra de 18% de las aves de cada repetición para determinar el peso promedio. A partir del día 35 los pesajes se realizaron de la siguiente manera: 10 machos y 10 hembras de cada repetición, para obtener un total de 120 aves de cada tratamiento. Para determinar la ganancia diaria de peso (GDP) se utilizó la siguiente fórmula:¹⁴

$$\text{GDP} = \frac{\text{Peso del ave} - \text{Peso del ave al nacimiento}}{\text{Número de días de vida}}$$

Uniformidad de la parvada- A la séptima semana de vida se pesó individualmente el 100% de las aves y se anotó el sexo. Se calculó el peso promedio de la parvada; y con base en este se determinaron rangos de los pesos desde -40%, -30%, -20%, -10% y +10%, +20%, +30%, +40%. Una vez establecidos estos, se determinó el número de aves que se encuentran en cada rango de peso y posteriormente se obtuvo el porcentaje.

MEDICIÓN DE PARÁMETROS AMBIENTALES:

Antes de fijar las horas en las cuales se hicieron la toma de datos para estos tres parámetros ambientales, se realizó una prueba piloto durante dos semanas; en las que se efectuaron mediciones cada tres horas durante las 24 horas del día, con la finalidad de determinar si había variaciones en las lecturas. De esto se concluyó que las diferencias no eran significativas ($P > 0.05$); por lo tanto se estableció realizar las mediciones cada ocho horas, en los siguientes horarios: 5 a.m., 1 y 9 p.m.

Temperatura- Se tomaron las temperaturas ambientales utilizando registradores de temperatura: TempRecord™ de sensor interno, los cuales se colocaron a nivel de las aves. Las lecturas de las temperaturas se registraron cada 8 horas diariamente hasta el final del ciclo a las 5 a.m., 1 y 9 p.m.

Humedad relativa- Esta se registró diariamente cada 8 horas utilizando un higrómetro digital TempRecord™ con el mismo horario que las temperaturas; el higrómetro se colocó a nivel de las aves.

™ Registrador de temperatura de sensor interno #8000 (Modelo). Monitor Company. Modesto California.

Bióxido de Carbono- Este gas se midió en todos los grupos cada 8 horas durante todo el ciclo productivo con el aparato: Sistema de monitoreo y control de CO₂ Massalles⁷ y con el mismo horario que la temperatura y humedad relativa.

ANALISIS DE LABORATORIO

Hematología- Se tomaron muestras sanguíneas a 5 aves seleccionadas al azar de cada repetición semanalmente, a la misma hora del día y en el mismo orden de acuerdo a los grupos experimentales, a cada muestra se le determinó el hematocrito (%) individualmente. Las aves se sangraron por punción en la vena braquial (radial) con una jeringa de 3 ml y aguja de calibre 21 que contenía 0.1 ml de EDTA líquido, extrayéndose un mililitro de sangre por ave. Se realizó la técnica de microhematócrito; la muestra de sangre se colocó en un tubo capilar que posteriormente se selló por uno de sus extremos para después ser centrifugado a 12,000 r.p.m. durante 5 minutos. Una vez que se logró la separación del plasma y del paquete globular, se determinó en el lector para microhematócrito (Drummond) el porcentaje del paquete globular con respecto al volumen total de la muestra.^{48,49.}

Oxihemoglobina- La sangre que se utilizó en esta prueba fue la misma que la obtenida para determinar el hematocrito. Se tomaron 5 microlitros de sangre los cuales se diluyeron en 5 ml de solución de amoníaco (N/150). La densidad de la solución se midió a 540 nm utilizando como blanco agua. Se preparó una curva de calibración haciendo mediciones de hierro a tres muestras de sangre; mediante el método de Wong, posteriormente se utilizaron estas muestras en diluciones adecuadas para la preparación de la curva.⁵⁰

⁷ Sistema de Monitoreo y Control de CO₂ Masalles. Comercial Masalles S.A. de C.V. Barcelona España.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se utilizó un diseño experimental factorial al azar 2 X 2; un factor fue el tipo de ventilación y el otro la estirpe genética quedando cuatro grupos:

- A) Estirpe Peterson X Avian Farm con ventilación.
- B) Estirpe Peterson X Hubbard con ventilación.
- C) Estirpe Peterson X Avian Farm testigo.
- D) Estirpe Peterson X Hubbard testigo.

El modelo estadístico fue: $Y_{ijk} = \mu + V_i + E_j + VE_{ij} + e_{ijk}$

Donde:

Y_{ijk} = Observación de la variable dependiente.

μ = Media general.

V_i = Efecto del tipo de ventilación.

E_j = Efecto del tipo de estirpe genética.

VE_{ij} = Interacción tipo de ventilación X estirpe.

e_{ijk} = Error aleatorio.

Para el parámetro de uniformidad se realizó un análisis descriptivo de frecuencias o rangos de peso y se calculó el coeficiente de variación para cada uno de los grupos y se compararon las diferencias gráficamente de la distribución de los pesos entre los tratamientos.¹⁴ Los resultados de los parámetros productivos se analizaron estadísticamente por etapas las cuales fueron: iniciación (0-21 días) y finalización (22-49 días) de acuerdo al sistema de alimentación y acumulados a las siete semanas de edad.

A los parámetros productivos: consumo de alimento, peso corporal promedio, GDP, IC, IP y kilogramos de carne producidos por metro cuadrado, se

evaluaron mediante un análisis de varianza completamente al azar con arreglo factorial 2 X 2, siendo un factor el tipo de ventilación y el otro la estirpe.

Para determinar las posibles diferencias de los pesos corporales se realizó un análisis de varianza factorial 2 X 2 X 2, siendo las variables: tipo de ventilación (mixta y testigo), la estirpe genética (Avian Farm y Hubbard) y el sexo (machos y hembras) a las siete semanas de edad.⁵¹

Se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para determinar diferencias significativas en el porcentaje de mortalidad total entre los grupos y en cada una de las etapas. Del mismo modo se comparó la mortalidad por SA.⁵¹

La temperatura ambiental, HR y concentración de CO₂ se analizaron semanalmente de acuerdo a su horario de medición. Las diferencias entre la concentración de bióxido de carbono, humedad relativa y temperatura ambiental se evaluaron mediante un análisis de varianza factorial, siendo las variables grupo (ventilado y testigo) y estirpe genética. También se realizó un análisis de regresión lineal simple para observar el efecto de los parámetros ambientales sobre los grupos ventilados y testigos; siendo la variable dependiente el parámetro medido (CO₂ y HR) y la variable independiente la semana del ciclo productivo.⁵¹

Para evaluar el comportamiento de los índices cardíacos, hematocrito y concentración de oxihemoglobina de cada uno de los tratamientos se utilizó un análisis de varianza completamente al azar, donde se compararon los cuatro grupos.³¹ Para las mediciones de oxihemoglobina también se realizó un análisis de regresión lineal simple, siendo la variable dependiente el parámetro medido y la variable independiente la semana del ciclo productivo.⁵¹

RESULTADOS

PARÁMETROS PRODUCTIVOS

En el Cuadro 3 se puede observar que en la etapa de iniciación el consumo de alimento promedio por ave estuvo influenciado por la ventilación (ventilación mixta) ya que los que la recibieron presentaron los mayores consumos de alimento y difirieron estadísticamente ($P < 0.05$) de los grupos testigo o de ventilación natural, se puede ver también que entre estirpes no hubo diferencias ($P > 0.05$). En el peso promedio por ave y GDP se encontró interacción entre la estirpe genética por el tipo de ventilación, para el peso promedio por ave se observaron los mayores pesos corporales en los pollos Avian Farm ventilados y Hubbard testigo los cuales difieren ($P < 0.05$) con los grupos restantes. La GDP de los grupos Avian Farm ventilada y testigo Hubbard presentaron las mayores ganancias y difirieron ($P < 0.05$) con el Testigo Avian Farm, pero no con el Ventilado Hubbard. El índice de conversión no mostró diferencias estadísticas entre tratamientos.

Las aves ventiladas y testigo de la estirpe Avian Farm presentaron los porcentajes de mortalidad mas bajos, mostrando diferencias significativas ($P < 0.05$) con los ventilado y testigo Hubbard. Los grupos Avian Farm y el ventilado Hubbard tuvieron con el mismo valor el menor porcentaje de mortalidad por SA, los cuales mostraron diferencias ($P < 0.05$) con el testigo Hubbard (Cuadro 4).

Los resultados de la etapa de finalización se encuentran en el Cuadro 5, en donde se puede observar que el consumo de alimento no se afectó por el tipo de ventilación, pero si por el factor estirpe, puesto que las aves Avian Farm presentaron el mayor consumo de alimento encontrándose diferencias

estadísticas ($P > 0.05$), cabe señalar que en este parámetro no hubo interacción. En esta misma etapa las aves de la estirpe Avian Farm y las aves con ventilación mixta mostraron los pesos promedios mas altos, los cuales difieren ($P < 0.05$) de las aves Hubbard y de las que recibieron ventilación natural respectivamente, tampoco hubo interacción entre el tipo de ventilación y estirpe; es importante hacer resaltar que el grupo testigo Hubbard tuvo un peso corporal 14% menor al grupo ventilado Avian Farm, ambos grupos obtuvieron el menor y mayor peso corporal respectivamente (Gráfica 1). Al igual que el parámetro anterior la GDP presentó el mismo comportamiento en cuanto a diferencias estadísticas se refiere; donde los grupos ventilados y Avian Farm tuvieron la mas alta GDP, con respecto a los grupos testigos y de la estirpe Hubbard; el tratamiento testigo Hubbard fue el que tuvo la mas baja GDP con 9.5 g menos que el que presentó la mayor ganancia.

En la fase de finalización el índice de conversión (Cuadro 5) tuvo un comportamiento similar al de la etapa de iniciación, ya que no se encontraron diferencias ($P > 0.05$) entre tipo de ventilación y estirpe, a pesar de que el grupo Ventilado Hubbard presentó 0.059 puntos menos de IC que el Testigo Hubbard. También el porcentaje de mortalidad total se comportó de manera similar al de la etapa anterior, la estirpe Hubbard registró las mas altas mortalidades y fue aún mayor para el testigo, entre estos dos tratamientos no hubo diferencias ($P > 0.05$), pero si la hubo con los dos grupos Avian Farm, quienes entre si presentaron diferencias ($P < 0.05$), la menor mortalidad fue la de los ventilados. Finalmente la mortalidad por SA fue menor para los pollos ventilados Avian Farm quienes a su vez difirieron estadísticamente ($P < 0.05$) con los demás tratamientos; las aves ventiladas Hubbard y testigo Avian Farm tuvieron un porcentaje de mortalidad similar y por lo tanto no hubo diferencias estadísticas entre ellos, pero si con el testigo Hubbard que fue el que presentó el mayor porcentaje de mortalidad por esta causa; cuyo porcentaje es casi el doble de los pollos ventilados Hubbard y

testigos Avian Farm y seis veces mayor al del porcentaje de mortalidad por SA del grupo Ventilado Avian Farm (Cuadro 4).

Los resultados del análisis estadístico de los pesos corporales de los machos y hembras a las siete semanas de edad se encuentran en el Cuadro 6, donde se aprecia que las aves que recibieron ventilación mixta presentaron los mayores pesos corporales con respecto a las que se ventilaron de forma natural; la estirpe también tuvo un efecto significativo ya que las aves Avian Farm obtuvieron el mayor peso corporal, el cual superó a las Hubbard con 7.2%, y como era de esperarse también el sexo influyó de manera importante ya que los machos superaron con 17% al peso promedio de las hembras; en todos los casos las diferencias fueron significativas ($P < 0.0001$).

En los Cuadros 7-A y 7-B se presentan los resultados acumulados en los parámetros productivos, donde se puede observar que el tipo de ventilación no mostró efecto sobre el consumo de alimento ya que no se observaron diferencias ($P > 0.05$) entre tratamientos; los pollos Hubbard tuvieron los menores consumos de alimento, los cuales difirieron ($P < 0.05$) de los Avian Farm. El mayor peso promedio por ave y GDP fueron los de los grupos ventilados y Avian Farm, los cuales difieren estadísticamente ($P < 0.05$) con las aves testigo y de la estirpe Hubbard respectivamente (Gráfica 1); por lo tanto el tipo de ventilación y estirpe genética tuvieron efecto sobre estos parámetros productivos (Cuadro 7-A).

En el caso del IC acumulado, no se encontraron diferencias estadísticas en ninguno de los grupos. El IP fue mayor para los tratamientos ventilados los cuales mostraron diferencias significativas ($P < 0.05$) con los grupos de ventilación Natural; también el IP de los pollos Avian Farm fue mayor al de los Hubbard con los que difirió estadísticamente; en este parámetro hubo una diferencia de 58 puntos entre los que presentaron el menor y el mayor IP. Con lo que respecta a los kilogramos de carne producidos por metro cuadrado las aves ventiladas y

Avian Farm produjeron mas kilogramos de carne y presentaron diferencias estadísticas ($P < 0.05$) con los grupos testigo y de la estirpe Hubbard (Cuadro 7-B).

Los tratamientos ventilado y testigo Avian Farm tuvieron el menor porcentaje de mortalidad acumulado y difirieron ($P < 0.05$) con los grupos Hubbard. Los porcentajes de mortalidad de los Hubbard duplican y triplican a los obtenidos por los pollos testigo y ventilado Avian Farm respectivamente (Gráfica 2). Al igual que en el porcentaje de mortalidad general, las aves ventiladas Avian Farm fueron las que tuvieron el porcentaje de mortalidad por SA mas bajo, y presentaron diferencias ($P < 0.05$) con el resto de los tratamientos. Los grupos ventilado Hubbard y testigo Avian Farm tuvieron porcentajes de mortalidad por SA similares y por lo tanto no mostraron diferencias ($P < 0.05$), pero si con el testigo Hubbard, quien presentó un porcentaje de mortalidad cercano al 9.5% (Cuadro 4 y Gráfica 3). Aunque los grupos Hubbard tuvieron porcentajes de mortalidad total similares, la mortalidad por ascitis del testigo duplica la mortalidad por la misma causa del grupo ventilado.

En la gráfica 4 se muestran los porcentaje de mortalidad en machos, hembras y total de aves por SA con respecto a la mortalidad total, en donde se puede observar que los grupos ventilados Avian Farm y Hubbard tuvieron los menores porcentajes con 33.3 y 38.3% respectivamente y que los testigos presentaron porcentajes que duplican a los resultados de los grupos ventilados con 77.1% para el Avian Farm y 72.3% para el Hubbard. De esta gráfica resalta que en el caso de los tratamientos ventilados los porcentaje de mortalidad por SA fueron menores en el caso de las hembras y contrario a esto en los testigo la mortalidad de las hembras fue mayor.

En el Cuadro 8 se encuentran los datos de uniformidad de la parvada para cada uno de los tratamientos, en donde se puede observar que los grupos de la estirpe Avian Farm presentaron los menores coeficientes de variación; los pollos

Avian Farm bajo condiciones de ventilación tuvieron el menor porcentaje de pesos por debajo de la media y también el mas alto porcentaje de peso en la media y por arriba de ésta; las aves Hubbard obtuvieron los coeficientes de variación mas altos. En las gráficas 5 y 6 se puede observar el comportamiento de los pesos corporales o uniformidad de la parvada de los cuatro grupos. En la gráfica 7 se muestra un resumen de la distribución de pesos en los grupos: ventilados y testigos (ambas estirpes) en donde se aplicó ventilación existió distribución de pesos mas uniformes y con una tendencia hacia la derecha.

PARÁMETROS AMBIENTALES

Los parámetros ambientales se analizaron semanalmente formando dos grupos (ventilado y testigo), de acuerdo a su horario de medición (5 a.m., 1 y 9 p.m.). Se observa que en el horario de las 5 a.m. y 9 p.m. las concentraciones de CO₂ en el ambiente durante las dos primeras semanas fueron similares y por consiguiente no hubo diferencias estadísticas; en las siguientes semanas se encontraron diferencias entre los dos grupos ($P < 0.01$) (Gráficas 8 y 10). Para el horario de la 1 p.m. (Gráfica 9) hubo diferencias ($P < 0.05$) de la quinta semana en adelante. Los valores numéricos se presentan en el Cuadro 9.

En el Cuadro 10 se encuentran los porcentajes de humedad relativa semanal promedio de todo el ciclo, que en general fueron similares; únicamente existió diferencias ($P < 0.05$) en la quinta y séptima semana dentro del horario de las 5 a.m., en el caso de las lecturas realizadas a las 9 p.m., la diferencia ($P < 0.05$) ocurrió en la segunda y séptima semana, donde hubo mayor humedad en los grupos no ventilados y en la quinta semana de la 1 p.m., ya que aumentó la humedad en los grupos ventilados. Con lo que respecta a la temperatura ambiente no se observaron diferencias en la mayoría de las semanas, las lecturas del mismo horario son semejantes con diferencias menores a 1°C; únicamente se encontraron diferencias ($P < 0.05$) en la primera semana de las cinco de la mañana

y una de la tarde y en la segunda semana del horario de las nueve de la noche (Cuadro 11).

Se realizó un análisis de regresión para los valores de bióxido de carbono de acuerdo a su horario de medición (5 a.m., 1 y 9 p.m.); en los tres horarios y en los dos tratamientos (ventilado y testigo) se encontraron regresiones altamente significativas ($P < 0.001$) y con valores de regresión altos; donde la pendiente indica que se trata de regresiones directamente proporcionales, es decir, la concentración de CO_2 aumenta por cada cambio de x (semana) (Gráficas 11, 12 y 13). Por lo tanto el efecto del tratamiento (ventilación) disminuye las concentraciones de bióxido de carbono en los horarios de 5 a.m. y 9 p.m. en el ambiente dado las diferencias en los valores de las pendientes para cada uno de los grupos experimentales. A la 1 p.m. el efecto de la ventilación aunque disminuye las concentraciones de bióxido de carbono en el ambiente, no se observa una diferencia mayor en los valores de las pendientes para cada uno de los grupos (ventilado y testigo) (Cuadro 12).

Similar al bióxido de carbono, se hizo un análisis de regresión para los valores de humedad relativa de acuerdo a su horario de medición. En este parámetro ambiental también se obtuvieron en todos los casos regresiones altamente significativas ($P < 0.001$), con valores de regresión altos y las pendientes que indican que se trata de regresiones directamente proporcionales al porcentaje de HR, donde éste se incrementa por cada cambio en x (semana) (Gráfica 14, 15 y 16). La ventilación forzada no ejerció efecto sobre el porcentaje de HR en el ambiente, puesto que la diferencia entre los valores de las pendientes para cada uno de los grupos experimentales es mínima (Cuadro 12).

PRUEBAS DE HEMATOLOGÍA

Los resultados de las pruebas para determinar las cantidad de oxihemoglobina en sangre (g/dl) pueden observarse en el Cuadro 13, en donde se encontró que son similares entre todos los tratamientos; por lo que no presentaron diferencias entre ninguno de los grupos ($P>0.05$) a excepción de la 3ª semana en el grupo testigo Avian Farm que fueron menores. En forma simultánea a la oxihemoglobina en sangre, semanalmente se determinó el hematocrito de cada uno de los grupos, como aconteció con los resultados de análisis de la oxihemoglobina; no se encontraron diferencias, excepto a la tercera semana entre el tratamiento ventilado Avian Farm con los demás grupos ($P<0.05$) (Cuadro 14).

En los resultados del análisis de regresión para los valores de oxihemoglobina en sangre se encontró que ambos grupos fueron altamente significativas ($P<0.01$) y con un valor de regresión de 0.8323 y 0.9043 para los ventilados y testigos respectivamente, la pendiente indica que se trata de regresiones directamente proporcionales, donde la cantidad de oxihemoglobina en sangre se incrementa por cada cambio en "X" (semana)(Cuadro 15). Se observó que el efecto del tratamiento (ventilación) mantiene las concentraciones de oxihemoglobina en sangre altas desde las primeras semanas y no sufre un incremento semanal como lo hace en el grupo de los no ventilados (Gráfica 17).

ÍNDICES CARDIACOS

Para el índice de cardiomegalia (ICM) no se encontraron diferencias ($P>0.05$) entre ninguno de los tratamientos; este dato representa el porcentaje del tamaño del corazón con relación al peso corporal del ave, aunque se encontró que el tamaño fue similar en los grupos ventilado y testigo Avian Farm y testigo

Hubbard, el grupo ventilado Hubbard presentó el valor mas alto (Cuadro 16). En el mismo cuadro se puede observar el resultado obtenido del Índice de Hipertrofia Cardiaca Derecha, en donde los pollos ventilados Avian Farm y Hubbard presentaron un IHCD similar; para el testigo Avian Farm el valor fue ligeramente menor al de los dos grupos anteriores; en cambio en el tratamiento testigo Hubbard fue de 29.84%, el cual supera con 6% al grupo que obtuvo el menor valor, sin embargo en estos datos tampoco se encontraron diferencias entre grupos ($P>0.05$).

DISCUSIÓN

PARÁMETROS PRODUCTIVOS

El consumo de alimento promedio por ave durante el ciclo productivo fue mayor para los grupos Avian Farm, por lo que se supone que la ventilación forzada no tuvo un efecto tan importante sobre este parámetro, puesto que es entre estirpes donde se observan las diferencias estadísticas y no entre el tipo de ventilación, aunque también se puede observar que los pollos que recibieron ventilación mixta presentaron un consumo mayor de alimento que las aves testigo; sin embargo no se detectaron diferencias estadísticas.

Es importante resaltar que los altos consumos de alimento, no se tienen que tomar como un mal parámetro productivo, puesto que están relacionados con una mayor ganancia de peso. Swartzlander y col.⁵² realizaron un estudio en el que midieron el efecto de dos concentraciones de O₂ (20.6 y 17%) encontrando entre otras cosas que los consumos de alimento así como la ganancia de peso eran mayores en los grupos que tuvieron una mayor disponibilidad de O₂, lo cual concuerda con este experimento, ya que los grupos no ventilados consumieron 164 y 72g menos de alimento que los ventilados; Marrufo y col.⁵ difieren con estos resultados, ya que observaron que pollos no ventilados tenían mayores consumos de alimento que las aves ventiladas.

Con lo que respecta al peso promedio por ave y la ganancia diaria de peso, se presentaron diferencias ($P < 0.05$) entre grupos. La estirpe genética tuvo un efecto significativo, puesto que las aves Avian Farm fueron los que tuvieron los mayores pesos corporales con respecto a los pollos Hubbard, aunque hay que tomar en cuenta que en los Avian Farm los porcentajes de mortalidad fueron considerablemente menores por lo tanto hubo un mayor número de aves por

metro cuadrado al final del ciclo, en las cuales la competencia por alimento debió ser mayor, lo cual se incrementa debido al sistema de restricción alimenticia, por lo tanto los consumos de alimento y los pesos corporales debieron ser mayores a los encontrados.

El tipo de ventilación también tuvo efecto sobre estos parámetros, puesto que los grupos que recibieron ventilación mixta presentaron los mayores pesos corporales en relación a los testigos; probablemente porque la ventilación les proporcionó mayor cantidad de oxígeno y una menor concentración de gases nocivos, los cuales definitivamente debieron haber influido en los pesos y por lo tanto en las ganancias de peso. Maxwell⁵³ en 1990 realizó un estudio en el que sometió pollos a un sistema de ventilación y los comparó con aves que no fueron ventiladas, este autor encontró que los pollos criados en un medio ambiente deficiente tenían una reducción significativa en el peso corporal comparada con los que se les aportó ventilación.

Los resultados del presente experimento coinciden con los observados en 1994 por Bottcher y col.⁵⁴ quienes demostraron que en casetas ventiladas las aves tenían de 9 a 15 g mas de ganancia diaria de peso al final del ciclo que las aves que no se ventilaron y Qureshi⁵⁵ encontró que la GDP era mayor en un 7% en los grupos ventilados que en los no ventilados. También concuerda con lo informado por Loot y col.⁵⁶ quienes evaluaron dos caudales de ventilación, 125 y 15 m/min de aire en un sistema de ventilación por túnel, encontrando que en los grupos en los que había una mayor velocidad del aire presentaron 227 g mas de peso corporal que aquellos que se ventilaron a 15m/seg. Yersin y col⁵⁷ realizaron un estudio en el que determinaron el efecto de la altura sobre el nivel del mar, relacionado con las presiones parciales de O₂, encontrando que los pesos corporales iban disminuyendo conforme se incrementaba la altura sobre el nivel del mar, obteniendo el mayor efecto en aves alojadas a 2132 msnm. Konjufca y

col⁵⁸ y Marrufo y col⁵ no indican diferencia en los pesos corporales en aves bien y mal ventiladas.

La ventilación por presión positiva como ya se mencionó resultó ser benéfica sobre los pesos corporales, ya que los pollos que la recibieron así como las aves de la estirpe Avian Farm obtuvieron los mejores pesos corporales, por lo tanto el efecto estirpe genética también tuvo una influencia importante para este parámetro. En el caso del sexo de las aves, como era de esperarse los machos obtuvieron pesos corporales superiores a los de las hembras con 438 g (17%), observándose diferencias estadísticas entre grupos; por lo tanto brindarles a las aves un ambiente mas confortable, con una concentración alta de oxígeno y baja de gases contaminantes, repercute en mejor peso corporal.

Con relación al índice de conversión no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, debido a que las aves que consumieron mas alimento fueron las que alcanzaron los pesos corporales mas altos, por lo tanto los valores de IC se igualan entre grupos. Es importante hacer resaltar que aunque no hay diferencias estadísticas es este parámetro, los grupos con ventilación mixta presentaron un índice de conversión mayor en 0.020 puntos. Aunque no se observan diferencias entre los grupos, en un sistema de producción comercial una diferencia de tan solo 0.020 puntos en el IC entre una parvada y otra representa una considerable disminución en los costos de producción. Los resultados de este estudio coinciden con lo descrito por Konjufca y col⁵⁸, Marrufo y col⁵ y Jones³⁷ quienes encontraron que las concentraciones ambientales de oxígeno no tenían efecto sobre el IC y difiere con lo descrito por Bottcher⁵⁴, el cual indica que en las aves ventiladas el IC se reduce de 0.005 a 0.018 puntos; en otros estudios realizados por Veldkamp y col.⁵⁹ demostraron que en aves ventiladas el IC disminuye en 1% con respecto a aves no ventiladas; Qureshi⁵⁵ menciona que los pollos ventilados tienen un índice de conversión 25% menor que las aves no ventiladas, finalmente Loot y col.⁵⁶ encontraron que los grupos

con ventilación tenían un IC menor por 0.014 puntos que grupo ventilados inadecuadamente ($P < 0.05$).

El Índice de productividad entre tratamientos, mostró diferencias ($P < 0.05$), el grupo Ventilado Avian Farm presentó una diferencia de 58 puntos mayor que el testigo Hubbard, de 41 puntos con el ventilado Hubbard y de 20 puntos con el testigo de su misma estirpe; estos datos se encontraron como resultado de una mayor viabilidad y una GDP mas alta en el tratamiento ventilado Avian Farm, ya que los índices de conversión fueron similares, aunque las diferencias entre grupos en este parámetro tiene un efecto sobre el IP. Los valores de los grupos ventilado y testigo Avian Farm son considerado como excelentes y para los Ventilado y Testigo Hubbard como buenos, de acuerdo a la descripción hecha por Quintana.⁶⁰ Estos resultados coinciden con los encontrados por Marrufo y col⁵ en 1997, quien señala que el IP fue mayor en grupos de aves ventiladas en comparación con los testigos no ventilados.⁵

Los kilogramos de carne por metro cuadrado presentaron diferencias entre tratamientos ($P < 0.05$). El grupo Ventilado Avian Farm tuvo 7.473 y 6.197 kg de carne mas que los Testigo y Ventilado Hubbard respectivamente y 2.367 kg mas que el Testigo Avian Farm, debido a una menor mortalidad y un mayor peso promedio por ave al finalizar el ciclo, hay que recordar que la densidad de población inicial fue la misma para todos los tratamientos (15 aves/m²). El factor estirpe volvió a influenciar este parámetro, aunque se puede observar que los tratamientos ventilados fueron mas productivos, ya que no se encontraron diferencias estadísticas entre grupos de la misma estirpe. Estos resultados coinciden con los descritos por Biebra⁶¹ quien menciona que utilizando una adecuada ventilación en pollos de engorda se pueden obtener hasta 40 kg de carne por metro cuadrado al poder alojar hasta 18 pollos/m²; Veldkamp y col.⁵⁹ indican que se pueden obtener de 40 a 50 kg de carne con un sistema de ventilación acorde al tipo de explotación y al clima de la misma y con Marrufo y

col⁵ que obtuvieron mas kilogramos de carne en grupos con un sistema de ventilación por presión positiva.

Martrenchar y col.⁶² en 1997 realizaron un estudio para determinar el bienestar de las aves con diferentes densidades de población, encontrando que con altas densidades (16 pollos/m² = 35kg de carne/m²) las pérdidas económicas eran mayores que con una densidad de 12 pollos; con la cual se producen alrededor de 27 kg de carne/m² en casetas de ambiente natural. Yurica y col.⁶³ en 1994 efectuaron un estudio similar, en el cual llegaron a la conclusión de que al aumentar la densidad de población de 10 a 14 aves/ m² se afectan notablemente los parámetros productivos. En el presente estudio se puede observar que utilizando un sistema de ventilación se pueden producir hasta 36 kilogramos de carne/ m² sin tener bajo rendimiento de la parvada y alta mortalidad como consecuencia de una elevada densidad de población.

Como se puede observar en las gráficas 5,6 y 7 de distribución de pesos corporales, los grupos Ventilado y Testigo Avian Farm, fueron los que tuvieron una distribución de pesos mas uniforme puesto que los valores se aproximan hacia el peso promedio y además tiene una tendencia a mayor peso, su coeficiente de variación fue de 12.93 y 14.41 respectivamente; siendo para los grupos Ventilado y Testigo Hubbard de 16.76 y 18.79. La uniformidad de la parvada estuvo influenciada por la estirpe genética básicamente, ya que las aves Avian Farm presentaron parvadas mas uniformes; sin embargo, el efecto ventilación volvió a ser benéfico, puesto que si se compara a los tratamientos ventilados con los testigos por estirpe se puede observar que las mejores uniformidades de la parvada la presentan los ventilados. Los grupos testigo debieron presentar pesos mas uniformes que los ventilados, ya que estos últimos tuvieron una mortalidad menor, por lo tanto la competencia por espacio y equipo de alimentación fue mayor a la de las aves Hubbard, si se toma en cuenta que se

llevó a cabo un sistema de restricción alimenticia, este problema debió acentuarse aun mas.²⁴

Por lo que respecta al porcentaje de mortalidad total, se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los grupos Avian Farm y los Hubbard. En general es importante hacer notar que la mortalidad se afectó por dos factores: la estirpe y el tratamiento. En los tratamientos ventilado y testigo Hubbard se observó una mayor mortalidad general durante todo el ciclo, los cuales rebasan por mucho los parámetros de mortalidad normales que se esperan para que una parvada de pollo de engorda sea realmente productiva, y son hasta 6 veces mayor al del Ventilado Avian Farm. La mortalidad total fue mas alta en los pollos testigo si se compara únicamente entre el mismo tipo de estirpe, aunque no hubo diferencias estadísticas; posiblemente la mortalidad fue mas alta como consecuencia de no tener condiciones ambientales óptimas, las cuales se ven reducidas sobre todo en las primeras semanas de vida por el uso de las criadoras que empeoran la calidad del aire y a una elevada altura sobre el nivel del mar en la cual la presión de oxígeno se reduce; lo que predispone a cierto tipo de padecimientos como el SA y enfermedades respiratorias. Las diferencias en la mortalidad de los Avian Farm fue de 2.15%, mientras que para los grupos Hubbard fue de 1%. Estos resultados coinciden con Bottcher y col.⁵³ quienes mencionan que la ventilación reduce la mortalidad entre en 0.2 a 1.2%; Veldkamp y col.⁵⁸ encontraron que la mortalidad se reduce en 10%, Qureshi⁵⁵ menciona que la mortalidad disminuye hasta en 40% utilizando un adecuado sistema de ventilación, Marrufo y col⁵ encontraron una reducción del 4.86% en el porcentaje de mortalidad total en grupos ventilados.

En el caso de la mortalidad por SA se encontraron diferencias ($P < 0.05$), el grupo ventilado Avian Farm fue el que presentó el porcentaje de mortalidad mas bajo; la diferencia con el Testigo Hubbard fue de 7.87%, y de 3.5 y 3.72% con los pollos ventilado Hubbard y testigo Avian Farm respectivamente. En este caso, la

ventilación fue la que presentó el efecto mas importante, puesto que los tratamientos ventilados fueron los que mostraron los menores porcentajes de mortalidad por SA, el factor estirpe no tuvo una participación determinante ya que dentro de los grupos experimentales los mayores porcentajes de mortalidad los mostraron los testigo. Esto se puede explicar porque la ventilación renovó al aire viciado, proporcionando una mayor cantidad de oxígeno a las aves y eliminó los gases nocivos producidos en la caseta,^{64,65} ya que como se puede observar en las gráficas de bióxido de carbono las concentraciones de este gas en el grupo testigo son notablemente mayores que las del ventilado, con lo cual se disminuye el efecto de uno de los factores predisponentes a la presentación del SA (hipoxia), Arce²⁵ menciona que el factor desencadenante de este síndrome es una hipoxia crónica; la cual se puede presentar por una nula o deficiente ventilación. Marrufo y col⁵ encontraron una reducción de 3.5% en la mortalidad por SA entre grupos de aves ventiladas y no ventiladas. Vanhooser³⁶, Owen⁶⁶ y Konjufca⁵⁸ observaron que pollos criados a temperatura adecuada y alta concentración de oxígeno ambiental (20.6%) presentaron porcentajes de mortalidad por SA que pueden ser del 0% a diferencia de aves criadas con una baja concentración de O₂, las cuales tuvieron mortalidad por arriba del 30%.

Owen⁶⁷ y Yersin⁵⁷ mencionan que la altura sobre el nivel del mar tiene un efecto determinante sobre la presentación del SA, la cual se incrementa a medida que aumenta la altura debido a que se reducen las presiones parciales de oxígeno. En el presente estudio las aves se alojaron a 2470 msnm, el porcentaje de mortalidad por SA en uno de los grupos fue de 1.5%, por lo tanto, la altura sobre el nivel del mar tuvo efecto pero no tan importante como el proporcionarles aire con una cantidad suficiente de oxígeno por medio del sistema de ventilación.

Los resultados obtenidos de la mortalidad por SA coinciden con los descritos por Anthony y col.⁶⁸ quienes indican que el no ventilar una caseta o hacerlo deficientemente puede inducir la presentación de SA en 30% mas que en

casetas ventiladas, por la presentación de gases nocivos y por una elevada humedad relativa dentro de la caseta. En contraparte Shlosberg y col.²⁹ y Bendheim y col.⁶⁹ observaron que una ventilación deficiente no tenía influencia con la presentación del síndrome ascítico en el pollo de engorda.

PARÁMETROS AMBIENTALES

Los mayores efectos de la ventilación sobre la concentración de bióxido de carbono en el ambiente se observa a partir de la tercera semana de vida de las aves, aunque es de la cuarta semana en adelante cuando se encuentran diferencias ($P < 0.05$) en los horarios de 5 a.m. y 9 p.m. En el horario de la 1 p.m. las diferencias entre el grupo ventilado y testigo se observan a partir de la quinta semana y además dichas diferencias son notablemente menores a las que se encontraron en los otros dos horarios, puesto que a esta hora del día las cortinas laterales están abiertas, por lo tanto la ventilación forzada perdió su efecto, ya que la ventilación natural ayuda a eliminar parte de los mencionados gases en el grupo testigo, pero aún así es importante resaltar que la ventilación natural no fue capaz de disminuir la concentración de CO_2 al nivel en que se encontraba en el grupo ventilado en las últimas semanas de vida.

En una caseta avícola normalmente las cortinas laterales permanecen cerradas durante la noche y la madrugada, lo cual coincide con los horarios de medición de las 5 a.m. y 9 p.m., por lo tanto, no se efectúan recambios de aire por parte de la ventilación natural en el grupo testigo, con lo que se incrementan las concentraciones de CO_2 y otros gases durante este periodo. Es aquí donde la ventilación forzada tuvo un papel importante puesto que en el tratamiento ventilado realizó recambios de aire constantemente y no permitió que se acumulen gases contaminantes, por lo tanto se presentan diferencias en las concentraciones de CO_2 entre ambos grupos. De aquí surge la necesidad de implementar un sistema de ventilación, el cual asegure que durante las 24 horas

del día se esté renovando el aire, pero sobre todo durante la noche y madrugada que es cuando la ventilación por presión positiva mostró su mayor efecto.

Wathes y col. en 1997²⁸ realizaron un estudio en el que determinaron cada hora las concentraciones de gases contaminantes en el ambiente en invierno y en verano, durante el día y la noche; utilizando un sistema de ventilación que inyectaba a la caseta 0.908 m³/hr por kilogramo de peso vivo, y encontraron que durante el día las concentraciones de CO₂ oscilaban entre 1400 y 3100 ppm y durante la noche de 1900 a 3250 ppm. Estos resultados coinciden con los encontrados en este estudio puesto que también se determinó que las concentraciones de CO₂ eran más altas durante de la noche que en el día aun utilizando un sistema de ventilación y que en estas condiciones no es posible eliminar o disminuir la cantidad de CO₂ por que es un gas que se está generando constantemente y además se incrementa a medida que aumenta la edad de las aves, de esto se puede concluir que las concentraciones de CO₂ y otros gases contaminantes se reduce por cada incremento en la ventilación. Anthony y col⁶⁸ midieron la concentración de CO₂ encontrando que del primero hasta el decimocuarto día se incrementa de 1000 a 3500 ppm y que de la segunda a la sexta semana se mantiene en un rango de 2000 a 3000 ppm, también observaron que las concentraciones disminuyen porque las cortinas permanecían abiertas para favorecer la ventilación natural.

En las gráficas 8, 9 y 10 se puede observar que las concentraciones de CO₂ siempre fueron menores en los grupos ventilados con respecto a las testigo, esto también se encontró en los resultados de la regresión, donde los valores para las concentraciones de CO₂ son menores en los grupos ventilados con respecto a los testigo; inclusive en las primeras semanas de vida en donde no hubo diferencias estadísticas; posiblemente no se encontraron dichas diferencias debido a que la crianza se efectuó en rodetes y no se utilizó el sistema de túnel, por lo tanto el CO₂ producido por las aves se diluyó en un ambiente grande y por

lo tanto no resultó en un incremento en las concentraciones del mismo en ninguno de los dos tratamientos, además es importante recordar que los pollitos liberan menos calor corporal y desechos orgánicos, como es el caso del CO₂ y heces fecales que posteriormente producen amoníaco; por lo tanto las concentraciones de CO₂ no fue alta durante las tres primeras semanas de vida en ningún tratamiento.

Existen explotaciones en donde las crianzas se realizan con un sistema de túnel, que en ocasiones está herméticamente cerrado y donde no se permiten recambios de aire, por el temor a provocar cambios bruscos en la temperatura; aun cuando es importante que esto no ocurra, también lo es renovar constantemente el aire, ya que los efectos desfavorables de una inadecuada ventilación se pueden hacer manifiestos a una edad mas temprana y tener fuertes repercusiones durante el resto del ciclo productivo. Si la ventilación se hace de una manera planeada y utilizando el tipo de sistema acorde al clima en el que se localiza la explotación, no tienen que ocurrir cambios severos en la temperatura ambiente.

Es importante resaltar la relación que se presentó entre la mortalidad por SA y las concentraciones de CO₂ en el ambiente, ya que a pesar de que la mortalidad por esta causa se empezó a presentar desde la primera semana de vida, es mas marcada a la tercera semana en los grupos testigos y que es cuando aumentan las concentraciones de CO₂ en estos grupos, sobre todos en las últimas semanas de vida, donde ambos parámetros aumentan simultáneamente. En los tratamientos ventilados siempre fueron menores las concentraciones de CO₂ y también la mortalidad por SA, con respecto a los grupos testigos; esto se puede explicar porque a las aves que se les aplicó ventilación por presión positiva, tuvieron una renovación constante de aire, por lo tanto la disponibilidad de oxígeno fue mayor, reduciendo el efecto indeseable de los gases nocivos y menor número de muertes por SA.^{64,65} En este caso, el factor estirpe también tuvo un

efecto sobre la presentación de dicho síndrome, puesto que además de haber diferencias estadísticas entre los grupos ventilado y testigo de la misma estirpe genética, también se encontraron diferencias entre las estirpes (Avian Farm y Hubbard) en ambos tratamientos (ventilados y testigos), ya que la mortalidad de los grupos Hubbard fue mayor en relación a la que se presentó con los pollos Avian Farm.

En la humedad relativa no se observaron cambios en los tratamientos, sin embargo, hay cierta tendencia a un menor porcentaje en el grupo ventilado y a un incremento en la HR conforme aumenta la edad de las aves; inclusive en las semanas y horarios en los que se encontraron diferencias estadísticas se observan que los menores porcentajes son los del grupo ventilado. Por lo que se describe anteriormente se puede deducir que la ventilación por presión positiva en este experimento no tuvo un efecto sobre este parámetro ambiental. El porcentaje de humedad relativa se mantuvo durante todo el ciclo dentro de los rangos considerados como normales en ambos tratamientos (30-70%). Probablemente no se encontraron cambios porque el experimento no se realizó en época de lluvias, que es cuando en el ambiente hay más humedad, además la granja se localiza en una zona de clima frío y la caseta cuenta con recubrimiento de poliuretano, lo que disminuye la probabilidad de que se presenten problemas debidos a una elevada humedad relativa. Cabe mencionar que no hubo condensación de agua sobre estructuras de la caseta o sobre el equipo y la cama no presentó un alto contenido de humedad.

Los resultados de HR concuerdan con lo observado por Whates y col.²⁸ quienes encontraron que no había diferencia en el porcentaje de HR en casetas ventiladas por presión positiva y casetas testigo, también señalan que entre el día y la noche los porcentajes máximos no presentaban diferencia, pero si lo hacían los porcentajes mínimos que durante el día eran menores en un 5% en las aves ventiladas. Anthony y col⁶⁸ indican que utilizando ventilación; los porcentajes de

puesto que no se encontraron diferencias durante el día y la noche. Vanhooser y col³⁶ en 1995 realizaron un estudio en el que relacionaron el efecto de la temperatura y las concentraciones de O₂ en el ambiente en pollos de engorda, ellos informan que si a los pollos se les cría bajo temperaturas acorde a su edad y con alta concentración de O₂ ambiental (20.6%) se obtenían pesos corporales altos, incluso que duplicaban a los del grupos testigo, criados a bajas temperaturas y con una concentración pobre de O₂ (17.6%).

Lacy y col²⁰ mencionan que al utilizar ventilación natural hay variaciones de temperatura, aunado a la reducción en la calidad del aire por el aumento en las concentraciones de amoníaco y HR, lo cual fue asociado con una reducción de 5 a 10% en el peso corporal y un aumento en el IC de 2-4%.

PRUEBAS DE HEMATOLOGÍA

La medición de las concentraciones de oxihemoglobina en sangre no mostraron diferencias importantes entre los grupos, aunque se puede observar que en promedio en grupos ventilados fue ligeramente mayor dicha concentración con respecto a los testigos; quizás se hubiera encontrado diferencias incrementando el número de muestras analizadas, ya que como se explicó hay una tendencia a ser mas alta en el grupo ventilado. La tasa de unión del oxígeno a la hemoglobina (formación de oxihemoglobina) esta influenciada entre otras cosas a las presiones parciales de oxígeno, ya que a presiones crecientes de oxígeno se van uniendo mas moléculas a la subunidad hemo,²⁸ aunque ambos tratamientos estuvieron sometidos a la misma presión atmosférica, hay que recordar que el ambiente en el que se alojaron las aves ventiladas tuvo una mayor concentración de oxígeno, lo cual se puede corroborar si se observan las concentraciones de bióxido de carbono en el ambiente. La unión del oxígeno a la hemoglobina también esta influenciado por la afinidad de la hemoglobina por el oxígeno dependiendo de la especie, a la capacidad de difusión del oxígeno a

través del pulmón y a su vez del grado de saturación de la hemoglobina.²⁷ Julian y col⁷¹ encontraron que en pollos criados en condiciones de confort ambiental el peso corporal influye en la saturación de la hemoglobina con oxígeno, este autor determinó que los pollos de menor peso tenían un grado de saturación mayor que aquellos con pesos corporales altos y que los pollos con SA tenían 29.5% menos saturación de hemoglobina con respecto a los pollos ligeros.

Vanhooser y col³⁶ observaron que aves con un buen aporte de O₂ ambiental tenían 2.5 g/dl menos de oxihemoglobina en sangre que pollos con una pobre ventilación, lo cual difiere a lo encontrado en este estudio, ya que no se detectaron diferencias entre ellos.

El porcentaje de hematocrito considerado como normal en las aves oscila entre el 33 y 55%⁷², en las aves se encontró que todos los grupos están muy por debajo de este porcentaje (31.6, 30.9, 29.5 y 30.1% en promedio por grupo), estos porcentajes caen en un cuadro de anemia; de estos datos resalta que el porcentaje de hematocrito no se afectó por la estirpe, ni por el efecto ventilación y que probablemente estos resultados se debieron a que los pollos a los que se les tomaron las muestras estaban clínicamente sanos, hay que recordar que el hematocrito se incrementa cuando hay presentación de SA y que en este estudio si hubo importantes diferencias en cuanto a la mortalidad por SA se refiere, pero no se observaron cambios en el porcentaje de hematocrito en los grupos.

Estos resultados difieren de los encontrados por Shlosberg y col²⁹ quienes mencionan que en las tres primeras semanas el porcentaje de hematocrito era mayor en los grupos bien ventilados, pero de la cuarta a la séptima semana era mayor en los grupos no ventilados. Maxwell y col^{73,74}, Vanhooser y col³⁶, Swartzlander y col.⁵² y Konjufca y col⁵⁸ encontraron que aves que contaban con una reserva de oxígeno mayor tuvieron un porcentaje de hematocrito menor (29-32.6%) que aves con menos cantidad de O₂ (36-38.8%). Maxwell y col⁷⁴ además

explican que los valores encontrados en el grupo con pobre cantidad de O₂ el valor del hematocrito es similar a la de pollos con SA. Bond y col⁴³ observaron que a medida que se incrementaban las concentraciones de hemoglobina es indicativo que también lo hace el hematocrito y que a su vez éste aumenta a medida que se eleva la altura sobre el nivel del mar, lo cual es indicativo de policitemia.

ÍNDICES CARDIACOS

En el índice de cardiomegalia (ICM) e índice de hipertrofia cardiaca derecha (IHCD) no se encontraron diferencias entre grupos; de lo anterior se puede deducir que la ventilación por presión positiva no tuvo efecto sobre los ICM y el IHCD, aunque la presentación del SA en los grupos testigos fue considerablemente mayor que la de los ventilados. Las aves que se utilizaron para realizar este experimento fueron tomadas al azar de cada uno de los grupos, por lo tanto, no necesariamente fueron las aves que posteriormente iban a padecer SA, probablemente eran aves clínicamente sanas y esta sea la causa de que no se presentaran dichas diferencias.

Vanhooser y col³⁶ observaron que pollos sometidos a una temperatura adecuada y con una alta concentración de oxígeno ambiental presentan un ICM de 0.25%, en comparación con aves en condiciones adversas (baja temperatura ambiental y concentración de O₂) con 0.39%; en el presente estudio los índices de cardiomegalia oscilaron entre 0.46 y 0.51% por lo tanto sobre este índice influye la altura sobre el nivel del mar y la ventilación no tuvo un efecto importante, ya que no se redujo dicho índice en los grupos ventilados. Shlosberg y col²⁹ encontraron que los índices cardiacos eran similares en grupos bien y mal ventilados hasta la tercera semana de vida, pero en las últimas semanas eran mayores en las aves mal ventilados, lo cual estaba acompañado por SA.

Vanhooser y col³⁶ y Martínez y col³⁸ observaron que el IHCD en aves sanas y con un adecuado aporte de O₂ es de 25%, los primeros autores mencionan que en aves con baja temperatura ambiental y concentración de O₂ es de 35% y Martínez *et al*³⁸ mencionan que en aves con SA puede ser de hasta 40%. En este estudio se encontró que los IHCD se localizaban entre 24.7 a 29.83%, los cuales se aproximan mas a los valores de los grupos de aves normales y con un buen aporte de oxígeno. Se sugiere que la estirpe Hubbard es mas susceptible a la dilatación del ventrículo derecho, ya que el grupo testigo presentó un 5.1% mas en el IHCD que el grupo ventilado, por lo tanto la ventilación forzada si mostró efecto en la reducción de la dilatación del ventrículo derecho en esta estirpe en particular. Wilson y col⁷⁵ y Bond y col⁴³ informaron que el IHCD es mayor conforme se incrementa la altura sobre el nivel del mar.

Es recomendable instalar este sistema de ventilación en las casetas de ambiente natural, con la finalidad de cubrir satisfactoriamente las condiciones ambientales requeridas por las aves y con ello incrementar la productividad de la parvada, sobre todo si la granja se localiza en regiones bajo condiciones ambientales que salen de los valores considerados aceptables para el normal funcionamiento fisiológico de las aves. Se sugiere la vigilancia permanente del funcionamiento del sistema de ventilación con el objetivo de minimizar costos a futuro y maximizar la productividad.

La ventilación mecánica implica una inversión inicial, pero este costo se cubre rápidamente al poder incrementar la densidad de población, disminuir la mortalidad y obtener aves de mayor peso y uniformidad; por lo tanto se puede decir que el no ventilar correctamente puede aumentar los costos.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este estudio muestran las ventajas de suministrar ventilación mixta desde el día de edad en casetas de pollo de engorda, se vieron favorecidos la mayoría de los parámetros productivos, sobre todo la disminución de la mortalidad total y por síndrome ascítico, así como, las concentraciones de bióxido de carbono.

1.- La ventilación forzada durante la noche (cuando las cortinas están cerradas), ayuda a disminuir la concentración de CO₂ en el ambiente.

2.- El peso corporal, ganancia diaria de peso e índice de productividad mejoran con ventilación forzada.

3.- La mortalidad por síndrome ascítico disminuye con ventilación forzada sobre todo en hembras.

4.- Las concentraciones de bióxido de carbono disminuyen al incrementar la ventilación.

5.- No se observó aumento en el hematocrito en aves con SA.

6.- Hay una tendencia a mayor concentración de oxihemoglobina en sangre en aves con ventilación forzada.

7.- La ventilación forzada no tiene efecto sobre el índice de cardiomegalia.

LITERATURA CITADA.

1. Nilipour AH. Ventilación adecuada. *Industria Avícola* 1995; 42:20-25.
2. Guía de manejo de la ventilación para mayor rendimiento de las aves. *Sistemas de calefacción y ventilación agrícola. Fundamentos de ventilación en galpones avícolas.* Alabama: Hired-Hand, 1996.
3. Amerio A. Alternativas de ventilación para pollos de engorde. *Industria Avícola* 1996; 43:12-14.
4. Donald JPE. El ABC de la ventilación. *Industria Avícola* 1997; 15:37-40.
5. Marrufo VD. Quintana LJA. Castañeda SMP. Efecto de la ventilación por presión positiva sobre los parámetros productivos de pollo de engorda durante siete semanas en casetas de ambiente natural. *Vet Mex* 1999; 30:99-103
6. Vest L. Sugerencias para el control ambiental. *Industria avícola* 1993; 40:16-18.
7. Nilipour AH. Como ayudar a las aves a sobrevivir en un clima caliente. *Industria Avícola* 1993; 40:22-24.
8. Calvert J. Climatización de gallineros. Zaragoza: Acribia, 1978.
9. Plano CM. *Aves comerciales y su medio ambiente.* Argentina: Pegasus Gráfica, 1995.

10. Donald J. Maintaining cold weather ventilation "the minimum way". Poultry Digest 1997; 55:44-45.
11. North MO, Bell DD. Manual de producción avícola. 3a ed, México: El manual moderno, 1993.
12. Quintana LJA. Actualidades en el manejo del pollo de engorda. VIII Ciclo de Conferencias Internacionales sobre avicultura. 1987; México, D.F., México (DF): Asociación Mexicana de Especialistas en Nutrición Animal, 1987:131-136.
13. Reyes PDA. Ventilación en casetas avícolas. Memorias III Jornada Médico Avícola de la Fac. de Med. Vet. y Zoot. 1992 agosto 14-18; México D.F., México (DF): Universidad Nacional Autónoma de México, 1992.
14. Quintana LJA. Avitecnia: Manejo de las aves domésticas mas comunes. 3ª ed. México (DF): Trillas, 1999.
15. Jolly P. Poultry house ventilation is more complicated that you may think. Word Poultry-Misset 1996; 12:30-38.
16. Marrufo VD. Resultados productivos de pollo de engorda a la séptima semana en casetas de ambiente natural con ventilación por presión positiva. Memorias de las VII Jornadas Médico Avícolas de la Fac. de Med. Vet. y Zoot. 1998 marzo 11 y 12; México D.F., México (DF): Universidad Nacional Autónoma de México, 1998.
17. Goyne D. Casetas de alta tecnología. Industria Avícola 1996; 45:8-10.

18. Nilipour AH. Técnicas de Producción. *Industria Avícola* 1992; 11:34-38.
19. Donald J. Environmental control options under different climatic conditions. *Word Poultry-Elsevier* 1998; 14:22-27.
20. Lacy M, Czarick M. La economía de ventilar mecánicamente. *Industria avícola* 1993; 40:6-10.
21. Donald J. Choosing fans for tunnel ventilation. *Poultry Digest* 1997; 55:20-21.
22. Donald JPE. La ventilación en galpones avícolas. *Industria Avícola* 1997; 15:35-42.
23. López CC. Peñalva GG. Ramos LF. Arce JM. Ávila GE. Hargis MB. Participación de gases contaminantes y polvo como factores predisponentes a problemas respiratorios y su relación con la presentación del síndrome ascítico. *Memorias del XIV Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias*; 1994 octubre 9-15; Acapulco (Guerrero) México. México (DF): PANVET, 1994:468-470.
24. López CC. Susceptibilidad al síndrome ascítico de diferentes estirpes genéticas de pollos de engorda (Tesis de Doctorado). México (DF): Universidad Nacional Autónoma de México, 1997.
25. Arce MJ. López CC. Ávila GE. El efecto del medioambiente sobre la presentación del síndrome ascítico en pollos de engorda. *Vet Mex* 1998; 29:221-225.

26. Madelin MT. Wathes CM. Air hygiene in a broiler house: comparison of deep litter with raised netting floors. *British Poult Sci* 1989; 30:23-37.
27. García SA. Castejón MF. Cruz PLF. González GJ. Murillo LS. Galindo RG. *Fisiología Veterinaria*. 1^{ra} de. España: McGraw-Hill-Interamericana, 1995.
28. Wathes CM. Holden MR. Sneath RW. White RP. Phillips VR. Concentration and emission rates of aerial ammonia, nitrous oxide, methane, carbon dioxide, dust and endotoxin in UK broilers and layer houses. *British Poult Sci* 1997; 38:14-28.
29. Shlosberg A, Zadikov I, Bendheim U, Handji V, Berman E. The effects of poor ventilation, low temperatures, type of feed and sex of bird on the development of ascites in broilers. *Physiopathological factors. Avian Pathol* 1992; 21:369-382
30. Sturkie DP. *Fisiología Aviar*. Zaragoza: Acribia, 1968.
31. Van BG. Beeking FFE. A simple steady state model of the distribution of vertical temperature in broilers houses without internal air circulation. *British Poult Sci* 1995; 36:341-356.
32. Shlosberg A, Bellaiche M. Hanji V. Nyska A. Lublin A. Shemesh M. Shore L. Perk S. Berman E. The effect of acetylsalicylic acid and cold stress on the susceptibility of broilers to the ascites syndrome. *Avian Pathol* 1996; 25:581-590.
33. López CC. Odom TW. Wideman RF. Ascites major cause of mortality in broilers. *Poultry Digest* 1985; 43:284-288.

34. Balog JM. Anhony NB. Wall RD. Walker RD. Rath NC. Huff WE. Effect of a urease inhibitor and ceiling fans on ascites in broilers. 2. Blood variables, ascites scores, and body and organ weights. *Poult Sci* 1994; 73:810-816.
35. Martínez DA. Díaz GJ. Effect of graded levels of dietary nickel and manganese on blood hemoglobin contents and pulmonary hypertension in broilers chickens. *Avian Pathol* 1996; 25:537-549.
36. Vanhooser SL. Beker A. Teeter RG. Bronchodilator, oxygen level, and temperature effects on ascites incidence in broilers chickens. *Poult Sci* 1995; 74:1586-1590.
37. Jones GPD. Response of broilers susceptible to ascites when grown in high and low oxygen environments. *British Poult Sci* 1995; 36:123-133
38. Martínez SM. Pró MA. Herrera HJ. Cuca GM. Calidad del pollito, forma física y contenido de nutrientes del alimento en la manifestación de ascitis en pollo de engorda. *Agrociencia* 1996; 30:47-53.
39. Kanti BN. Bhowmik MK. Ascites syndrome in broilers birds: epizootiology, clinicohaematological, biochemical and pathological studies. *Indian Journal of Veterinary Psychology* 1996; 20:74.
40. López CC. Peñalva GG. Ramos LF. Arce JM. Ávila GE. Hargis MB. Panorama del síndrome ascítico en Latinoamérica. (Investigación, prevención y control). *Memorias del XIV Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias*; 1994 octubre 9-15; Acapulco (Guerrero) México. México (DF): PANVET, 1994:466-468.

41. Paasch ML. Desarrollo de algunas investigaciones sobre el síndrome ascítico en México. Memorias del XIV Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias; 1994 octubre 9-15; Acapulco (Guerrero) México. México (DF): PANVET, 1994:462-466.
42. Domínguez JP. Paasch ML. Barrios R. Estudio histopatológico y ultraestructural del pulmón de pollo de engorda con síndrome ascítico. Vet Mex 1990; 21:29-33.
43. Bond JM. Julian RJ. Squires EJ. Effect of dietary flax oil and hypobaric hipoxia on right ventricular hypertrophy and ascites in broilers chickens. British Poult Sci 1996; 37:731-741.
44. Moreno CR, editor. Ciencia veterinaria-5. México (DF): Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México-FMVZ, 1991.
45. Krevinghaus B. Environmental parameters and measuring equipment. Poultry Digest 1997; 55:20-22.
46. García E. Modificación al sistema de clasificación climática de Kopenn. México D.F.: Instituto de geografía. Universidad Nacional Autónoma de México, 1981.
47. Cuca GM. Ávila GE. Pró MA. Alimentación de las aves. México: Colegio de Postgraduados, 1990.
48. Schalm WO. Veterinarian hematology. México: UTHEA, 1964.

49. Campbell WT. Avian hematology and cytology. United States of America: Iowa State University Press/Ames, 1992.
50. Lynch MJ, Stanley SR, Mellor LD, Spare PD, Hills P, Inwood MJH. Medical Laboratory Technology. México: Interamericana, 1965.
51. Steel GDR, Torrie HJ. Bioestadística: Principios y procedimientos. 2a ed. México: McGraw-hill, 1996.
52. Swartzlander JH. Beker A. Vanhooser S. Teeter RG. Ration composition effects on broiler oxygen need and ascites incidence. Nineteenth Annual Meeting of the Southern Poultry Science Society and the 39th annual meeting of the Southern Conference on Avian Disease; 1998 enero 19-20; Atlanta (Georgia) Estados Unidos de Norteamérica. Georgia (EUA): Southern Poultry Science Society and Southern Conference on Avian Disease, 1998:40.
53. Maxwell MH. Haematological and histopathological findings in young broilers reared in poorly and well ventilated environments. Res Vet Sci 1990; 48:374-376.
54. Bottcher WR, Bisesi SP, Brake J, Pardue SL, Etheredge MA. Reducing mixing fan thermostat setpoints in naturally ventilated broilers housing during hot weather. Poult Sci 1994 ; 3:289-296.
55. Qureshi AA. Effective ventilation can reduce medication. Poultry-Misset 1990; 6:16-17.
56. Lott BD. Simmons JD. May JD. Air velocity and high temperature effects on broilers performance. Poult Sci 1998; 77:391-393.

57. Yersin AG. Huff WE. Kubena LF. Elissalde MH. Harvey RB. Witzel DA. Giroir LE. Changes in hematological, blood gas, and serum biochemical variables in broilers during exposure to simulated high altitude. *Avian Dis* 1992; 36:189-196.
58. Konjufca VK. Teeter RG. An examination of the influence of dietary lead on ascites under conditions of varying oxygen levels. Nineteenth Annual Meeting of the Southern Poultry Science Society and the 39th annual meeting of the Southern Conference on Avian Disease; 1998 enero 19-20; Atlanta (Georgia) Estados Unidos de Norteamérica. Georgia (EUA): Southern Poultry Science Society and Southern Conference on Avian Disease, 1998:41.
59. Veldkamp T, Middlekoop JH. Ventilated floors for broilers, turkeys. *Poultry Digest* 1997; 55:28-29.
60. Quintana LJA. Producción de pollo de engorda en sus diferentes etapas: Hernández VX, Bächtold GE, Garza MV, editores. Sistema de producción animal 1. México: Sistema de Universidad Abierta, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, 1998:21-32.
61. Biebra V. Ventilación natural en granjas de broilers: control del medio ambiente. *Selecciones avícolas* 1996; 38:484.
62. Martrenchar A. Morisse JP. Huonnic D. Cotte JP. Influence of stocking density on some behavioural, physiological and productivity traits of broilers. *Vet Res* 1997; 28:473-480.

63. Yurica MI. Nicolao FNA. Waine PJ. Avaliacao de diferentes tipos de camas e densidades populacionais sobre a produtividade de duas linhagens comerciais de frangos de corte. *Semina Ci. Agr.* 1994;15:40-47.
64. Albers G. Barranor A. Zurita B. Ortiz C. Correct feed restriction prevents ascites. *Poultry* 1990; 6:22-23.
65. Julian RJ. The effect of increased sodium in the drinking water on right ventricular hypertrophy, right ventricular failure and ascites in broilers chickens. *Avian Pathol* 1987; 16:61-71.
66. Owen RL. Wideman RF. Leach RM, Cowen BS. Dunn PA. Ford BC. Physiologic and electrocardiographic changes occurring in broilers reared at simulated high altitude. *Avian Dis* 1995; 39:108-115.
67. Owen RL. Wideman RF. Hattel AL. Cowen BS. Use of a hypobaric chamber as a model system for investigating ascites in broilers. *Avian Dis* 1990; 34:754-758.
68. Anthony NB, Balog JM, Staudinger FB, Wall CW, Walker RD, Huff WE. Effect of a urease inhibitor and ceiling fans on ascites in broilers. 1. Environmental variability and incidence of ascites. *Poult Sci* 1994 ; 73: 801-809.
69. Bendheim U, Berman E, Zadikov I, Shlosberg A. The effects of poor ventilation, low temperatures, type of feed and sex of bird on the development of ascites in broilers. Production parameters. *Avian Pathol* 1992 ; 21:383-388.

70. Weaver WD. Meijerhof R. The effect of different levels of relative humidity and air movement on litter conditions, ammonia levels, growth, and carcass quality for broilers chickens. *Poult Sci* 1991; 70:746-755.
71. Julian RJ. Mirsalimi SM. Blood oxygen concentration of fast-growing and slow-growing broilers chickens, and chickens with ascites from right ventricular failure. *Avian Dis* 1992; 36:730-732.
72. Coles CH. Diagnóstico y patología veterinaria. 4ª ed. Mexico: Interamericana, 1990.
73. Maxwell MH. Spence S. Robertson GW. Mitchell MA. Haematological and morphological responses of broilers chicks to hypoxia. *Avian Pathol* 1990; 19:23-40.
74. Maxwell MH. Robertson GW. Spence S. Studies on an ascitic syndrome in young broilers. 1. Haematology and pathology. *Avian Pathol* 1986; 15:511-524.
75. Wilson JB. Julian RJ. Barker IK. Lesions of right heart failure and ascites in broilers chickens. *Avian Dis* 1988; 32:246-261.

CUADRO 3
PARÁMETROS PRODUCTIVOS EN LA ETAPA DE
INICIACIÓN (1-21 días de edad).

Tipo de Ventilación	PARÁMETRO PRODUCTIVO											
	Consumo de Alimento (kg)			Peso / ave (kg)			GDP (g)			IC		
	Avian Farm	Hubbard		Avian Farm	Hubbard		Avian Farm	Hubbard		Avian Farm	Hubbard	
Mixta	0.755	0.751	0.753 a	0.561 a	0.538 b	0.549	26.7 a	25.6 ab	26.1	1.347	1.397	1.372 a
Natural	0.722	0.743	0.732 b	0.527 b	0.554 a	0.540	25.1 b	26.4 a	25.7	1.372	1.345	1.358 a
	0.738 a	0.747 a		0.544	0.546		25.9	26		1.359 a	1.371 a	

Letras distintas en renglón o columna indican diferencias entre grupos ($P < 0.05$).

CUADRO 4
PORCENTAJES DE MORTALIDAD TOTAL Y POR SA EN LAS
ETAPAS DE INICIACIÓN, FINALIZACIÓN Y ACUMULADO A LAS 7
SEMANAS.

GRUPO	ETAPA				ACUMULADO	
	Iniciación		Finalización		Total	SA
	Total	SA	Total	SA		
Ventilado Avian Farm	1.76 a	0.20 a	2.94 a	1.37 a	4.71 a	1.57 a
Ventilado Hubbard	4.62 b	0.20 a	7.43 c	4.42 b	12.05 b	4.62 b
Testigo Avian Farm	1.18 a	0.20 a	5.69 b	5.10 b	6.86 a	5.29 b
Testigo Hubbard	4.22 b	1.20 b	8.84 c	8.23 c	13.05 b	9.44 c

Letras distintas en columna indican diferencias entre grupos ($P < 0.05$).

CUADRO 5
PARÁMETROS PRODUCTIVOS EN LA ETAPA DE
FINALIZACIÓN (22-49 días de edad).

Tipo de Ventilación	PARÁMETRO PRODUCTIVO											
	Consumo de Alimento (kg)			Peso / ave (kg)			GDP (g)			IC		
	Avian Farm	Hubbard		Avian Farm	Hubbard		Avian Farm	Hubbard		Avian Farm	Hubbard	
Mixta	3.651	3.297	3.474 a	1.933	1.752	1.842 a	69	62.6	65.8 a	1.889	1.881	1.885 a
Natural	3.520	3.233	3.376 a	1.856	1.666	1.761 b	66.3	59.5	62.9 b	1.898	1.940	1.919 a
	3.585 a	3.265 b		1.894 a	1.709 b		67.6 a	61.05 b		1.893 a	1.910 a	

Letras distintas en renglón o columna indican diferencias entre grupos (P<0.05).

CUADRO 6
PESO CORPORAL (kg) DE MACHOS Y HEMBRAS A LAS
SIETE SEMANAS DE EDAD.

Estirpe	TIPO DE VENTILACIÓN				
	MIXTA		NATURAL		
	Machos	Hembras	Machos	Hembras	
Avian Farm	2.707	2.278	2.574	2.166	2.431 a
Hubbard	2.517	2.071	2.450	1.983	2.255 b
	2.393 a		2.293 b		
	Machos 2.562 a				
	Hembras 2.124 b				

Letras distintas en renglón o columna indican diferencias entre grupos (P<0.05).
No hubo interacción entre el tipo de ventilación, sexo y estirpe genética.

CUADRO 7-A
PARÁMETROS PRODUCTIVOS ACUMULADOS
PARVADA MIXTA A LA SÉPTIMA SEMANA.

Tipo de Ventilación	Parámetro Productivo								
	Consumo de alimento (kg)			Peso / ave (kg)			GDP (g)		
	Avian Farm	Hubbard		Avian Farm	Hubbard		Avian Farm	Hubbard	
Mixta	4.406	4.048	4.227 a	2.494	2.291	2.392 a	50	45.9	47.9 a
Natural	4.242	3.976	4.109 a	2.383	2.220	2.301 b	47.8	44.4	46.1 b
	4.324 a	4.012 b		2.438 a	2.255 b		48.9 a	45.1 b	

Letras distintas en renglón o columna indican diferencias entre grupos ($P < 0.05$).

CUADRO 7-B
PARÁMETROS PRODUCTIVOS ACUMULADOS
PARVADA MIXTA A LA SÉPTIMA SEMANA.

Tipo de Ventilación	Parámetro Productivo								
	IC			IP			Kg de carne / m ²		
	Avian Farm	Hubbard		Avian Farm	Hubbard		Avian Farm	Hubbard	
Mixta	1.798	1.800	1.799 a	265	224	244 a	36.065	29.868	32.966 a
Natural	1.813	1.825	1.819 a	245	207	226 b	33.698	28.592	31.145 b
	1.805 a	1.812 a		255 a	215 b		34.881 a	29.230 b	

Letras distintas en renglón o columna indican diferencias entre grupos ($P < 0.05$).

CUADRO 8
DISTRIBUCIÓN DE PESO CORPORAL
(Uniformidad de la parvada).

GRUPO	Porcentaje de Peso Corporal			
	Arriba de la media	Media*	Abajo de la media	CV
Ventilado Avian Farm	37.4	51.5	11.1	12.93
Ventilado Hubbard	24.4	45.7	29.9	16.76
Testigo Avian Farm	29.5	51.2	19.3	14.41
Testigo Hubbard	18.5	43.6	37.9	18.79

*Corresponde a los pesos de las aves que se encuentran entre el -10 y +10% del peso promedio por ave de cada grupo.

CUADRO 9
CONCENTRACIÓN SEMANAL DE BIÓXIDO DE CARBONO
(ppm) POR HORARIO DE MEDICIÓN

Semana	5 am		1 pm		9 pm	
	Ventilado	Testigo	Ventilado	Testigo	Ventilad o	Testigo
1	1059	1136	982	1000	1016	1029
2	1417	1534	1230	1270	1429	1512
3	1931 a	2077 b	1345	1475	2010 a	2195 b
4	2995 a	3615 b	2697	2683	3129 a	3453 b
5	3544 a	4594 b	3586 a*	3900 b*	3571 a	4688 b
6	3717 a	4916 b	3814 a*	4054 b*	3970 a	4670 b
7	3849 a	4991 b	3555 a*	3869 b*	3917 a	4999 b

Letras distintas en reglón y por horario de medición representan diferencias estadísticas altamente significativas ($P < 0.01$) y diferencias significativas ($P < 0.05$)*

CUADRO 10
PORCENTAJE DE HUMEDAD RELATIVA POR HORARIO
DE MEDICIÓN

Semana	5 am		1 pm		9 pm	
	Ventilado	Testigo	Ventilado	Testigo	Ventilado	Testigo
1	35	37	37	36	39	39
2	44	45	47	46	45 a	48 b
3	50	52	54	53	55	56
4	62	63	59	59	6	60
5	61 a	64 b	61 a	57 b	65	65
6	66	66	62	65	68	68
7	71 a	73 b	68	66	71 a	74 b

Letras distintas en región y por horario de medición representan diferencias ($P < 0.05$)

CUADRO 11
TEMPERATURA AMBIENTAL SEMANAL POR HORARIO
DE MEDICIÓN

Semana	5 am		1 pm		9 pm	
	Ventilado	Testigo	Ventilado	Testigo	Ventilado	Testigo
1	31.7 a	30.9 b	33.7 a	32.9 b	31.2	30.7
2	30.0	29.6	29.5	29.8	30.2 a	29.0 b
3	29.6	29.1	28.0	28.5	29.2	29.1
4	27.1	26.9	26.3	26.2	27.6	27.3
5	26.0	25.6	25.6	25.7	25.3	25.5
6	23.5	23.8	23.3	23.5	22.7	23.0
7	22.0	21.9	21.7	22.5	21.7	21.6

Letras distintas en región y por horario de medición representan diferencias ($P < 0.05$)

CUADRO 12
RESULTADOS DE LOS ANALISIS DE REGRESIÓN DEL BIÓXIDO
DE CARBONO Y HUMEDAD RELATIVA.

GRUPO	PARÁMETRO	HORARIO	VALOR DE REGRESIÓN	FÓRMULA	SIGNIFICANCIA
Ventilado	CO ₂	5 am	0.9475	$Y_{EST} = 587.72 + 511.59x$	P<0.001
Testigo	CO ₂	5 am	0.9519	$Y_{EST} = 339.72 + 728.87x$	P<0.001
Ventilado	CO ₂	1 pm	0.9126	$Y_{EST} = 346.04 + 526.79x$	P<0.001
Testigo	CO ₂	1 pm	0.9134	$Y_{EST} = 304.42 + 583.31x$	P<0.001
Ventilado	CO ₂	9 pm	0.9423	$Y_{EST} = 529.27 + 543.35x$	P<0.001
Testigo	CO ₂	9 pm	0.9525	$Y_{EST} = 252.14 + 737.72x$	P<0.001
Ventilado	HR	5 am	0.8709	$Y_{EST} = 31.77 + 5.86x$	P<0.001
Testigo	HR	5 am	0.8673	$Y_{EST} = 33.73 + 5.83x$	P<0.001
Ventilado	HR	1 pm	0.7890	$Y_{EST} = 36.43 + 4.70 x$	P<0.001
Testigo	HR	1 pm	0.8202	$Y_{EST} = 35.54 + 4.83x$	P<0.001
Ventilado	HR	9 pm	0.8909	$Y_{EST} = 34.91 + 5.74x$	P<0.001
Testigo	HR	9 pm	0.8814	$Y_{EST} = 35.82 + 5.61x$	P<0.001

CUADRO 13
CONCENTRACIÓN SEMANAL DE OXIHEMOGLOBINA EN
SANGRE (g/dl).

EDAD EN SEMANAS	TRATAMIENTO			
	Ventilado Avian Farm	Testigo Avian Farm	Ventilado Hubbard	Testigo Hubbard
1	10.54	9.87	10.96	9.93
2	10.76	10.60	11.37	10.92
3	11.50 a	10.04 b	10.46 ab	10.47 ab
4	10.79	10.48	10.59	10.60
5	11.03	11.14	11.54	11.29
6	11.37	11.45	11.81	11.38
7	11.30	11.76	12.13	11.41

Valores con distinta literal por renglón son estadísticamente diferentes (P<0.05).

CUADRO 14
PORCENTAJE SEMANAL DE HEMATOCRITO.

EDAD EN SEMANAS	TRATAMIENTO			
	Ventilado Avian Farm	Testigo Avian Farm	Ventilado Hubbard	Testigo Hubbard
1	27.33	26.72	24.83	27.38
2	32.61	30.33	30.78	30.33
3	38.28 a	29.28 b	34.56 ab	30.94 b
4	31.17	28.28	32.67	28.83
5	29.56	29.83	31.38	30.28
6	31.28	30.33	31.33	31.89
7	30.78	31.61	31	31

Valores con distinta literal por renglón son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$).

CUADRO 15
RESULTADOS DEL ANALISIS DE REGRESIÓN
DE LA OXIHEMOGLOBINA.

GRUPO	VALOR DE REGRESIÓN	FÓRMULA	SIGNIFICANCIA
Ventilado	0.8323	$Y_{EST} = 10.54 + 0.152x$	$P < 0.001$
Testigo	0.9043	$Y_{EST} = 9.76 + 0.26x$	$P < 0.001$

CUADRO 16
RESULTADO DE ÍNDICES CARDIACOS.

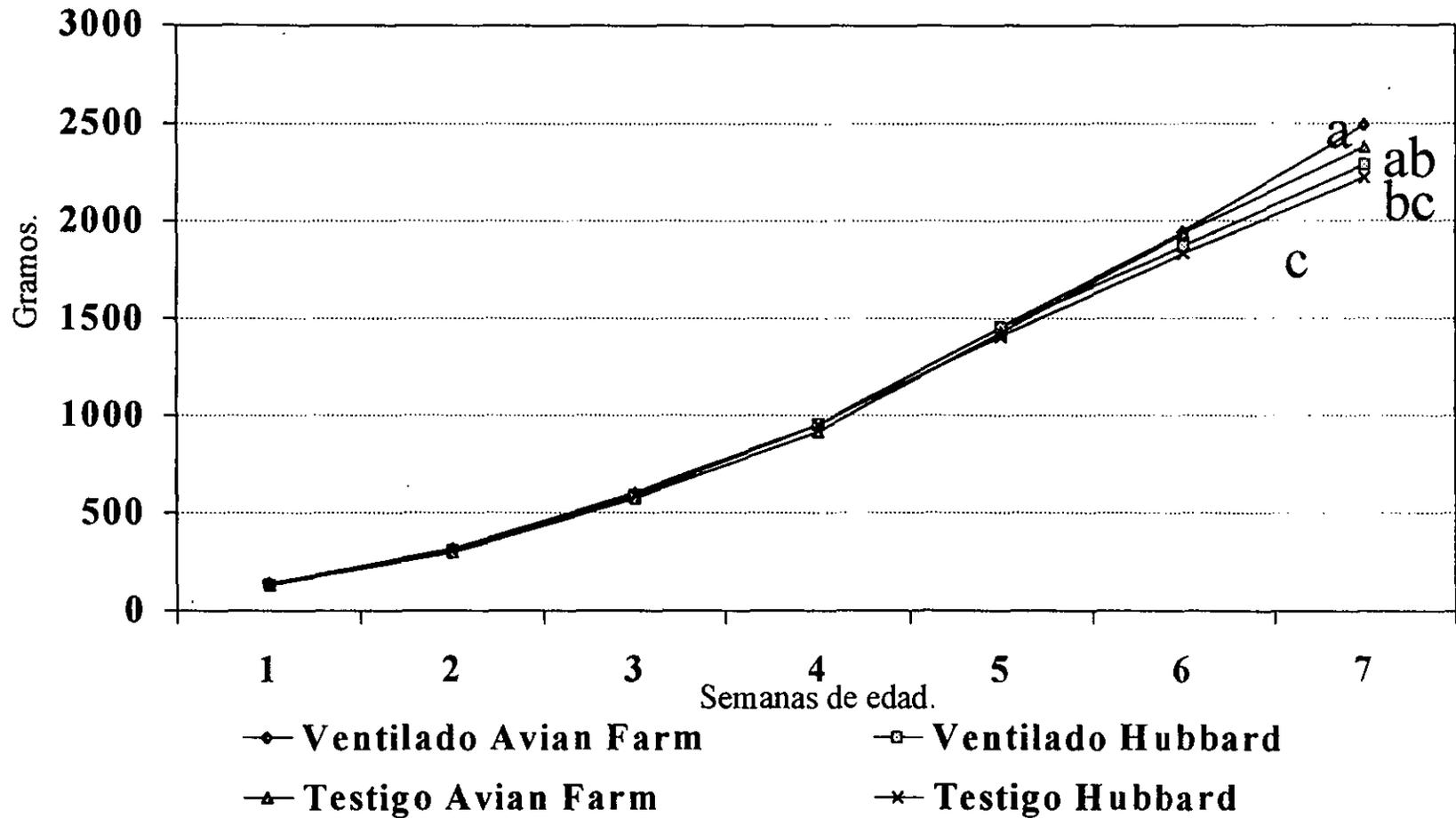
EDAD EN SEMANAS	TRATAMIENTO			
	Ventilado Avian Farm	Ventilado Hubbard	Testigo Avian Farm	Testigo Hubbard
ICM	0.463	0.507	0.465	0.468
IHCD	24.83	24.70	23.857	29.836

(P>0.05).

ICM= Índice de Cardiomegalia.
IHCD= Índice de Hipertrofia Cardiaca Derecha.

GRÁFICA 1

COMPORTAMIENTO DEL PESO CORPORAL PARVADA MIXTA

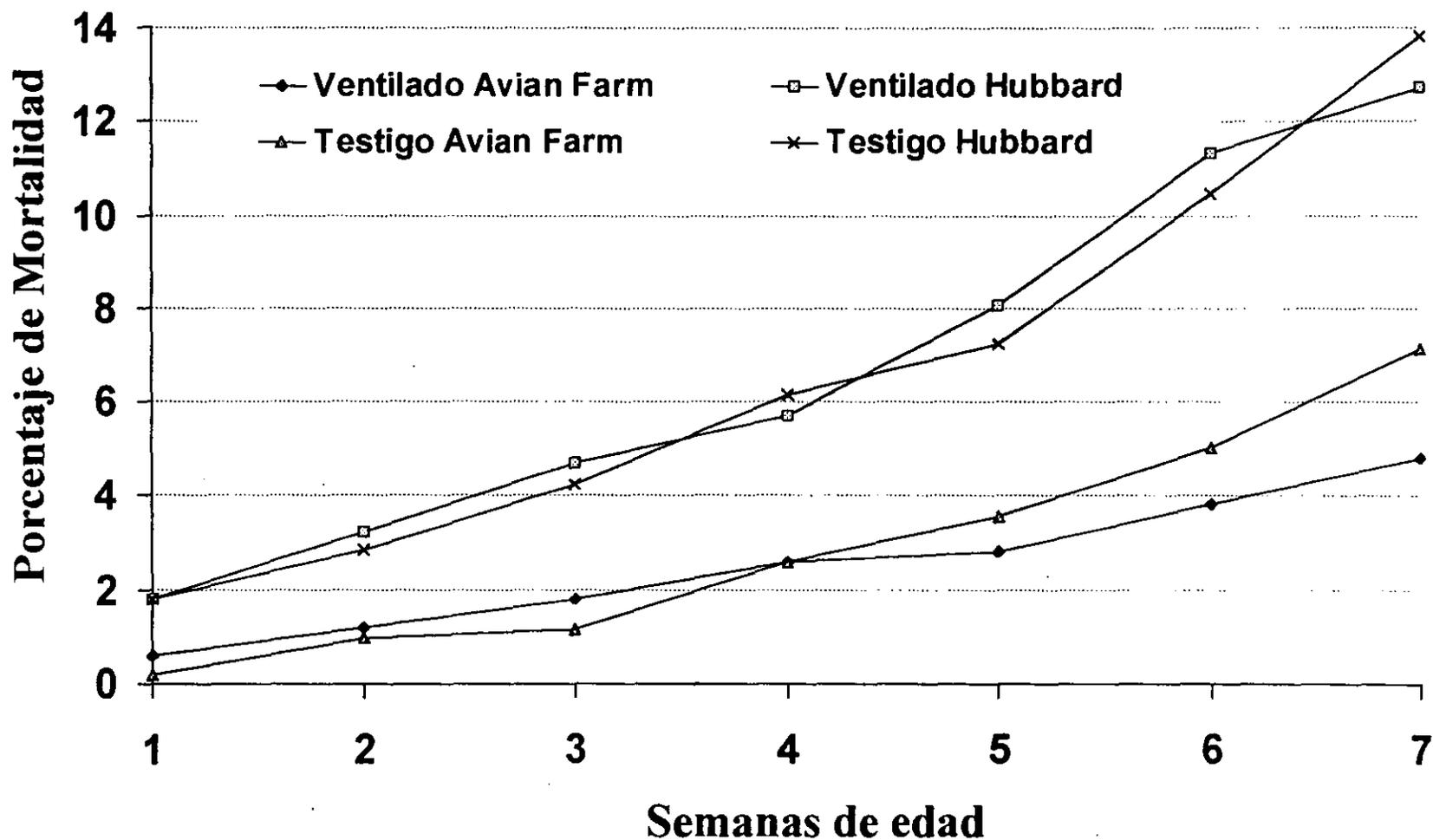


Letras distintas indican diferencia estadística significativa entre grupos ($P < 0.05$).
 Nota: Estas mismas diferencias se presentaron a partir de la cuarta semana de edad.

ESTA TESIS NO SALE
 DE LA BIBLIOTECA

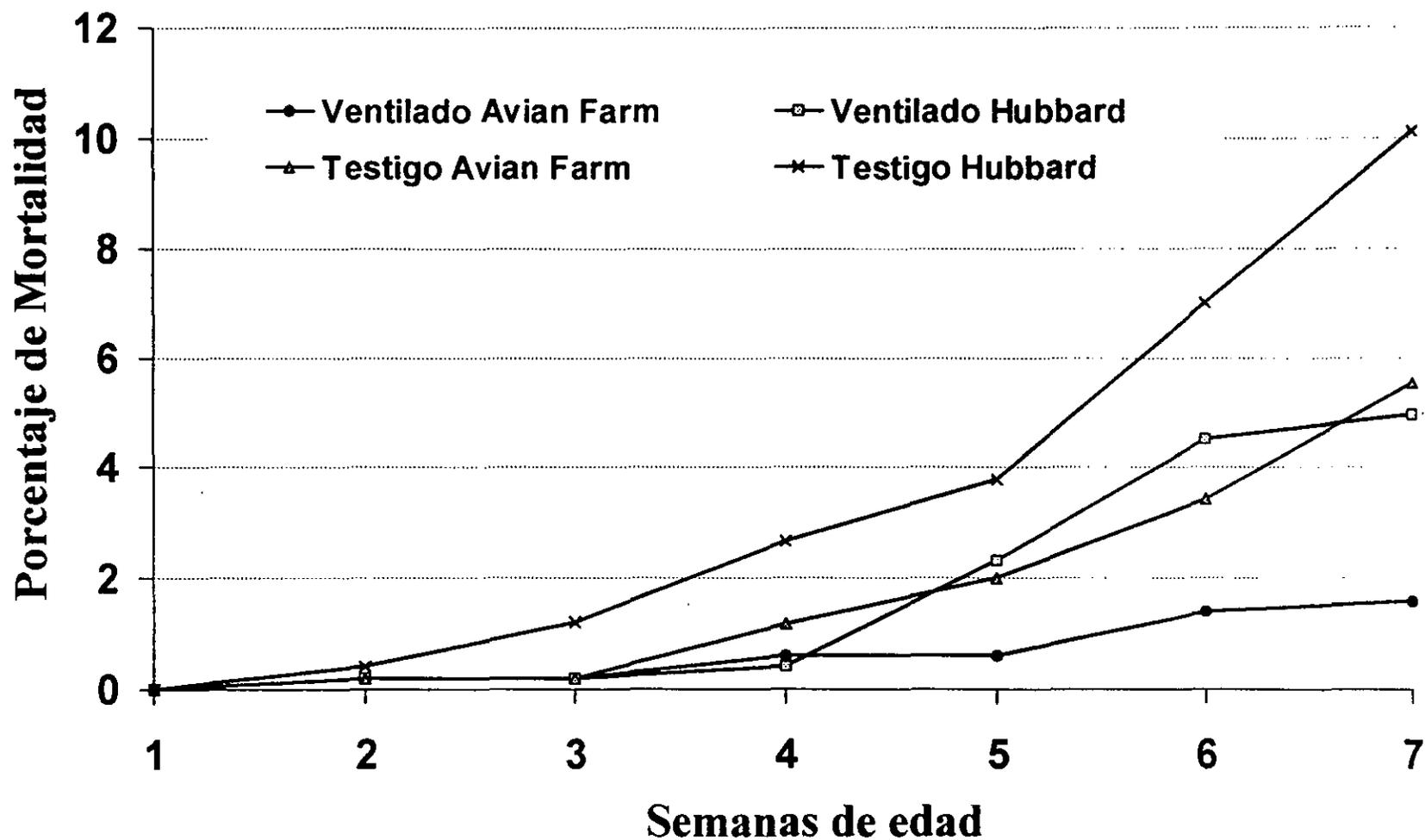
GRÁFICA 2

PORCENTAJE DE MORTALIDAD SEMANAL ACUMULADA



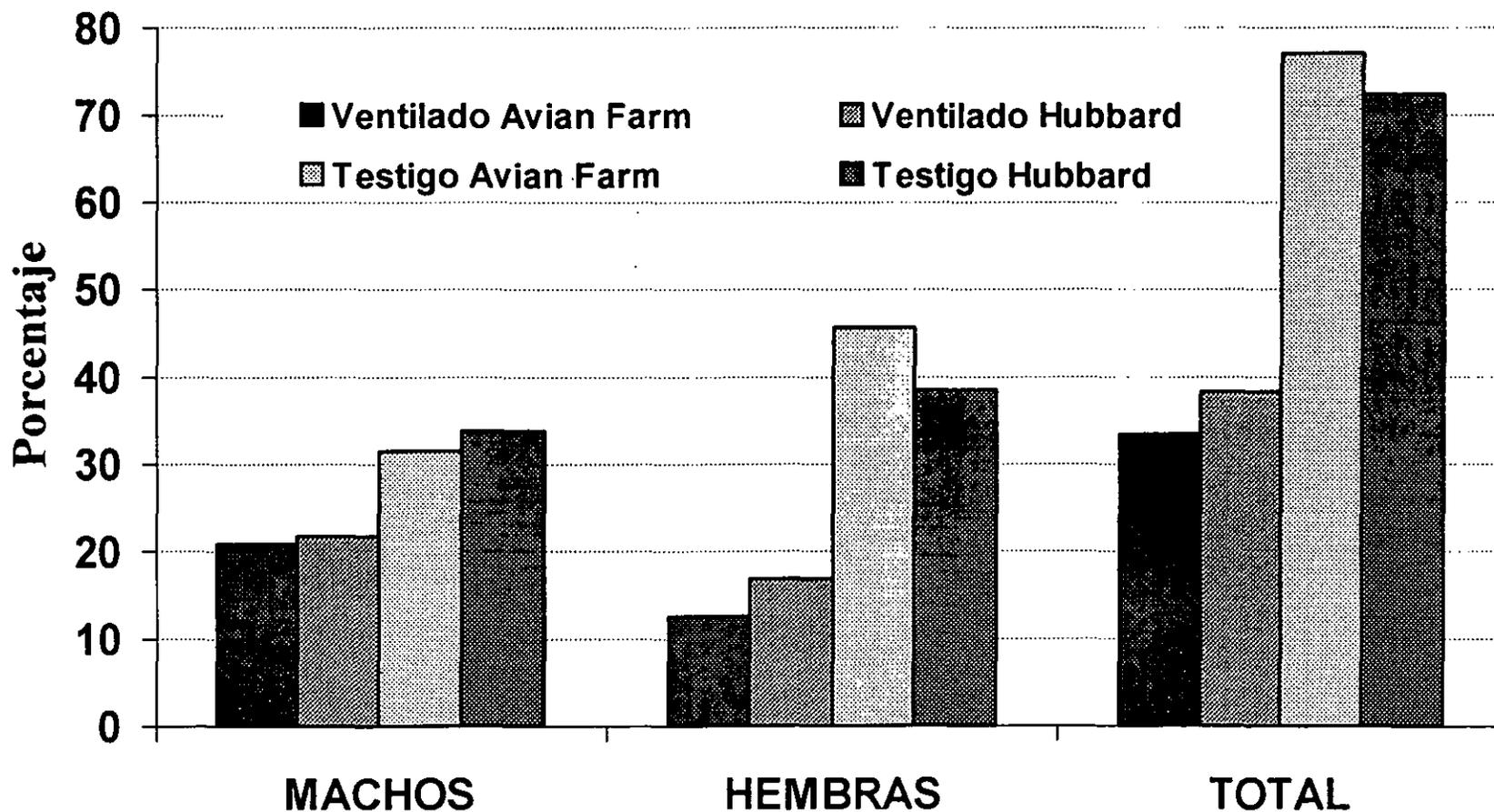
GRÁFICA 3

PORCENTAJE DE MORTALIDAD ACUMULADA POR SÍNDROME ASCÍTICO

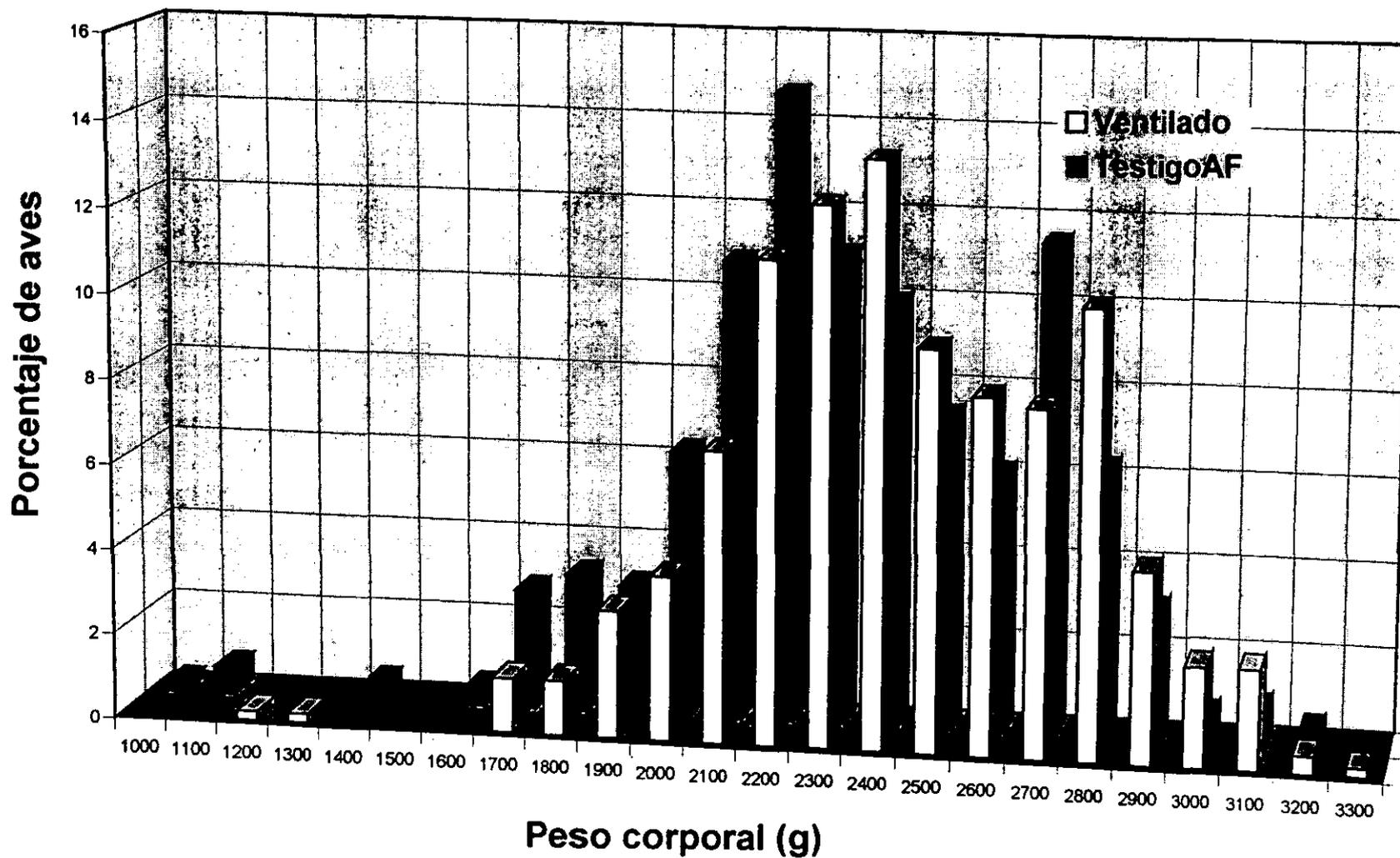


GRÁFICA 4

PORCENTAJE DE MORTALIDAD POR SÍNDROME ASCÍTICO QUE CORRESPONDE A LA MORTALIDAD TOTAL Y POR SEXOS A LAS 7 SEMANAS DE EDAD.

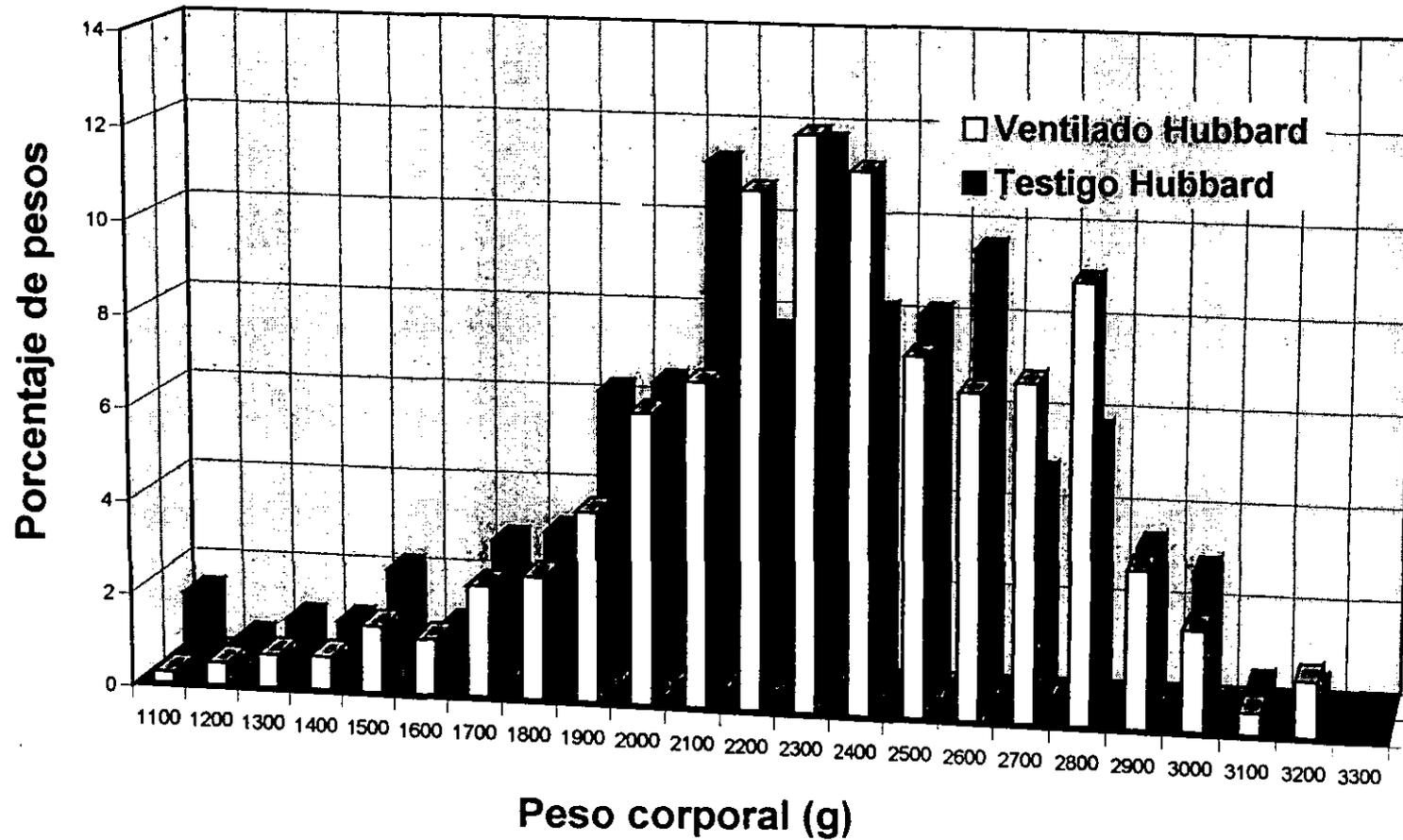


GRÁFICA 5
DISTRIBUCIÓN DE PESO CORPORAL DE LOS
GRUPOS VENTILADO Y TESTIGO AVIAN FARM



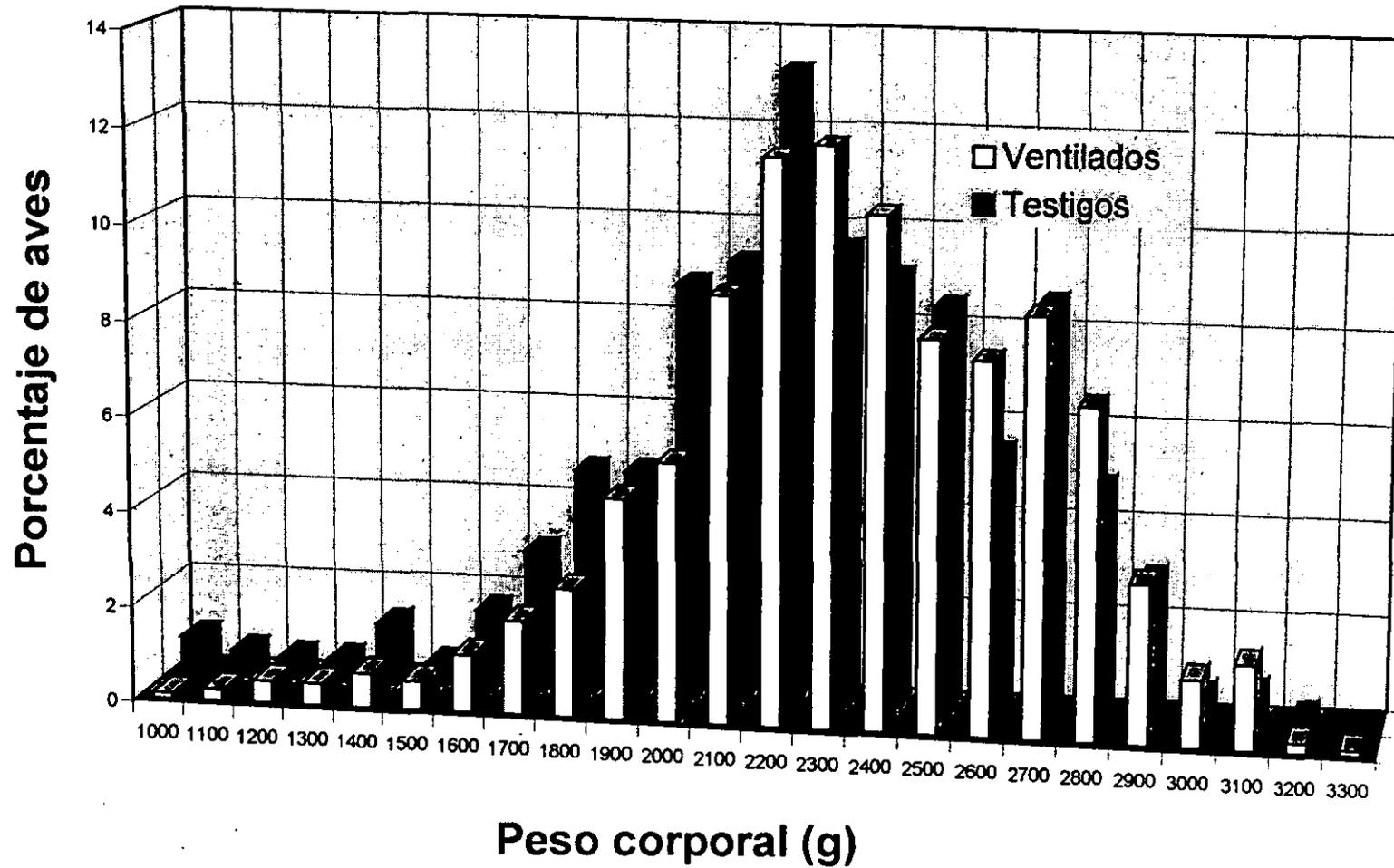
GRÁFICA 6

DISTRIBUCIÓN DE PESO CORPORAL DE LOS GRUPOS VENTILADO Y TESTIGO HUBBARD



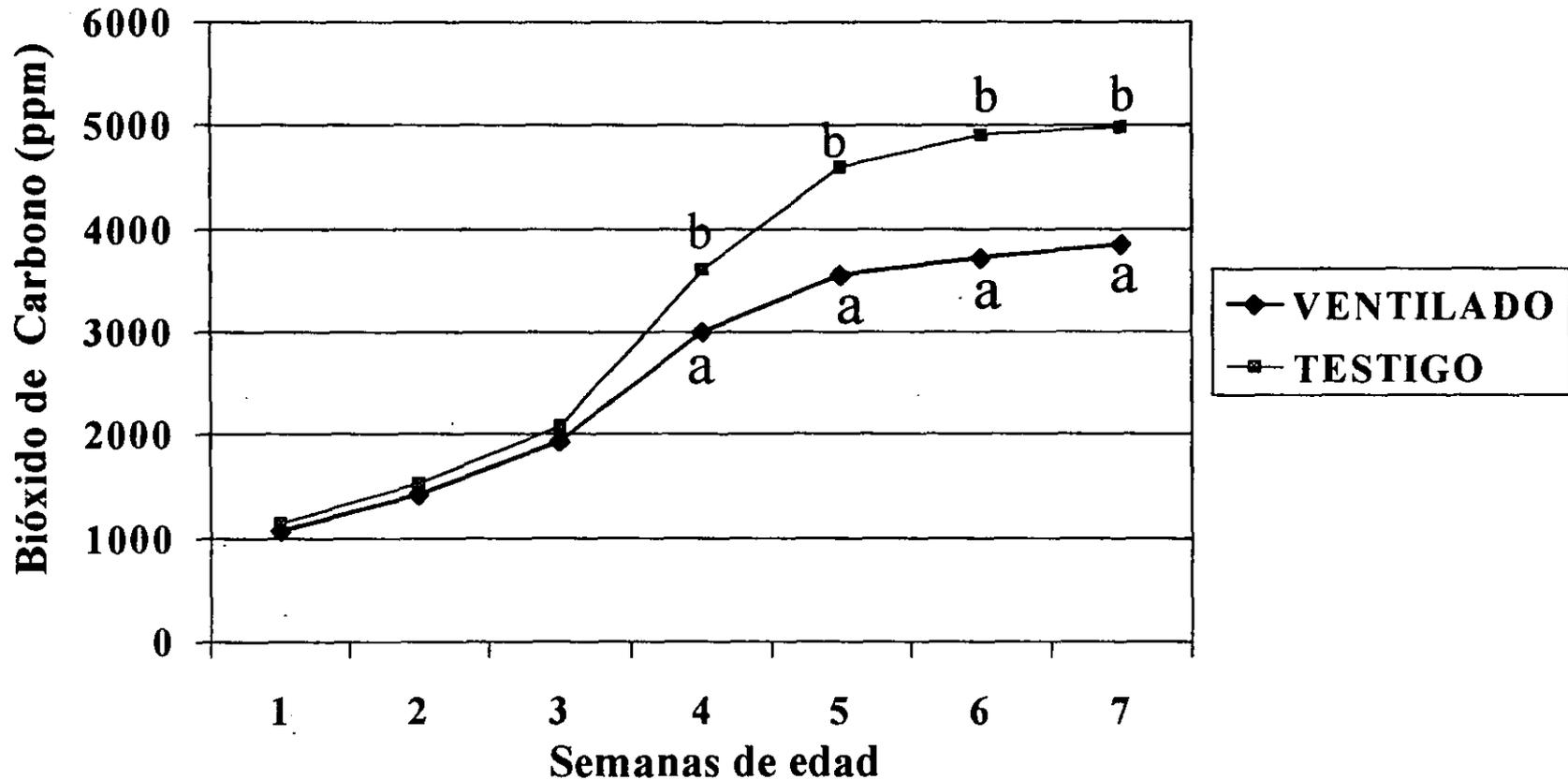
GRÁFICA 7

DISTRIBUCIÓN DE PESO CORPORAL DE LOS GRUPOS VENTILADO Y TESTIGO (AMBAS ESTIRPES)



GRÁFICA 8

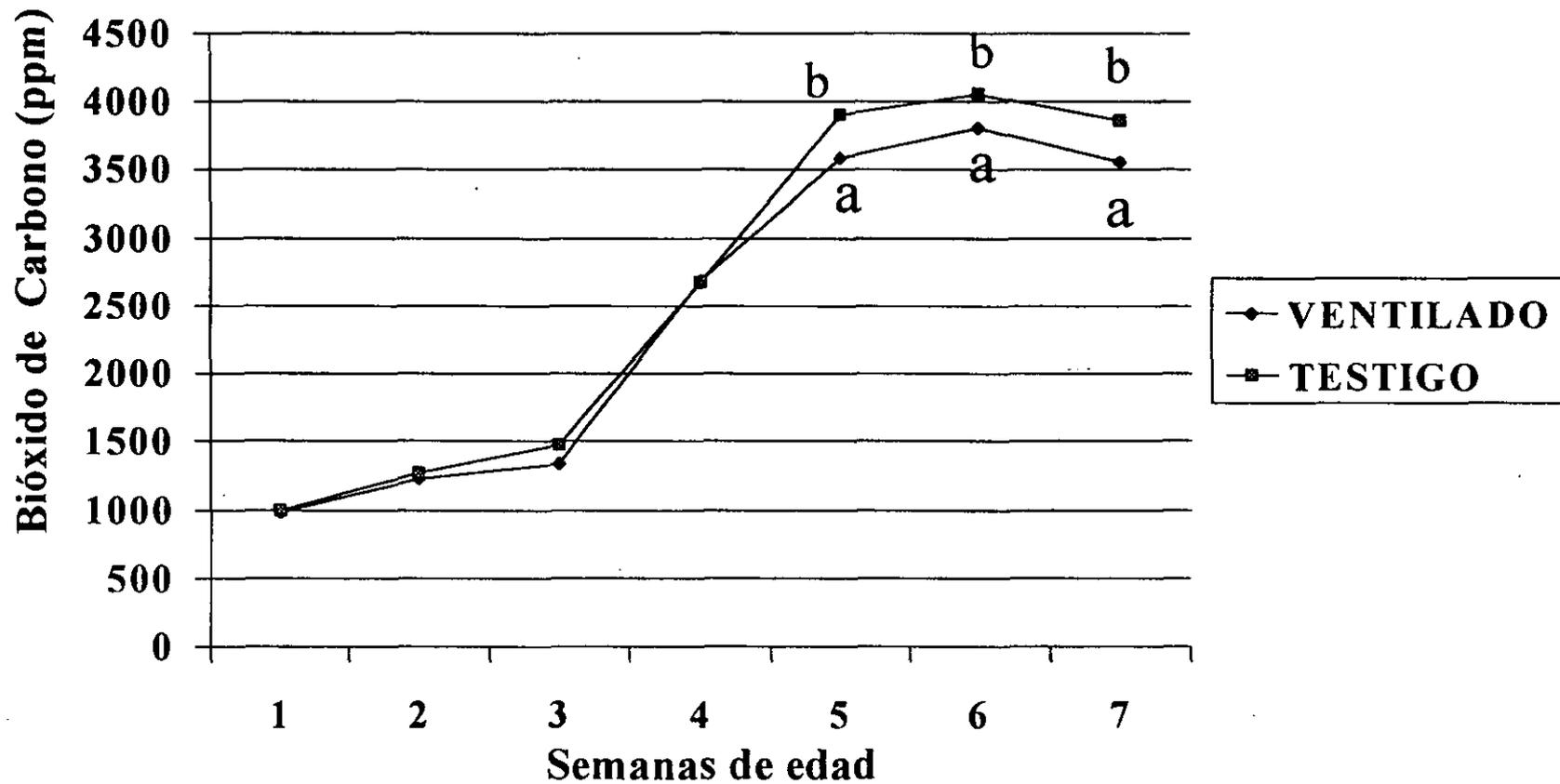
CONCENTRACIÓN DE BIOXIDO DE CARBONO SEMANAL A LAS 5 a.m.



Letras distintas indican diferencia estadística significativa entre grupos ($P < 0.01$).

GRÁFICA 9

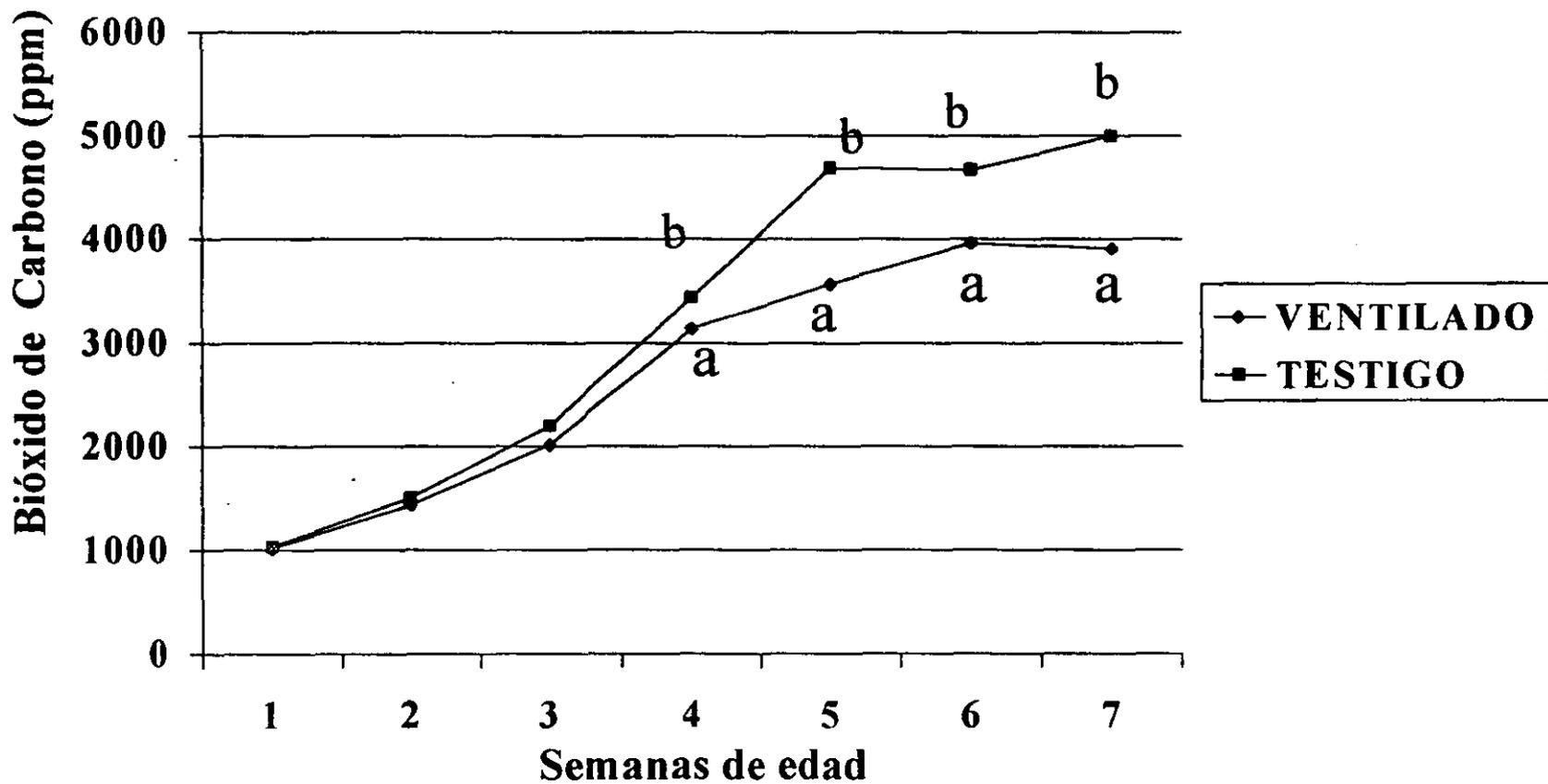
CONCENTRACIÓN DE BIOXIDO DE CARBONO SEMANAL A LA 1 p.m.



Letras distintas indican diferencia estadística significativa entre grupos ($P < 0.05$).

GRÁFICA 10

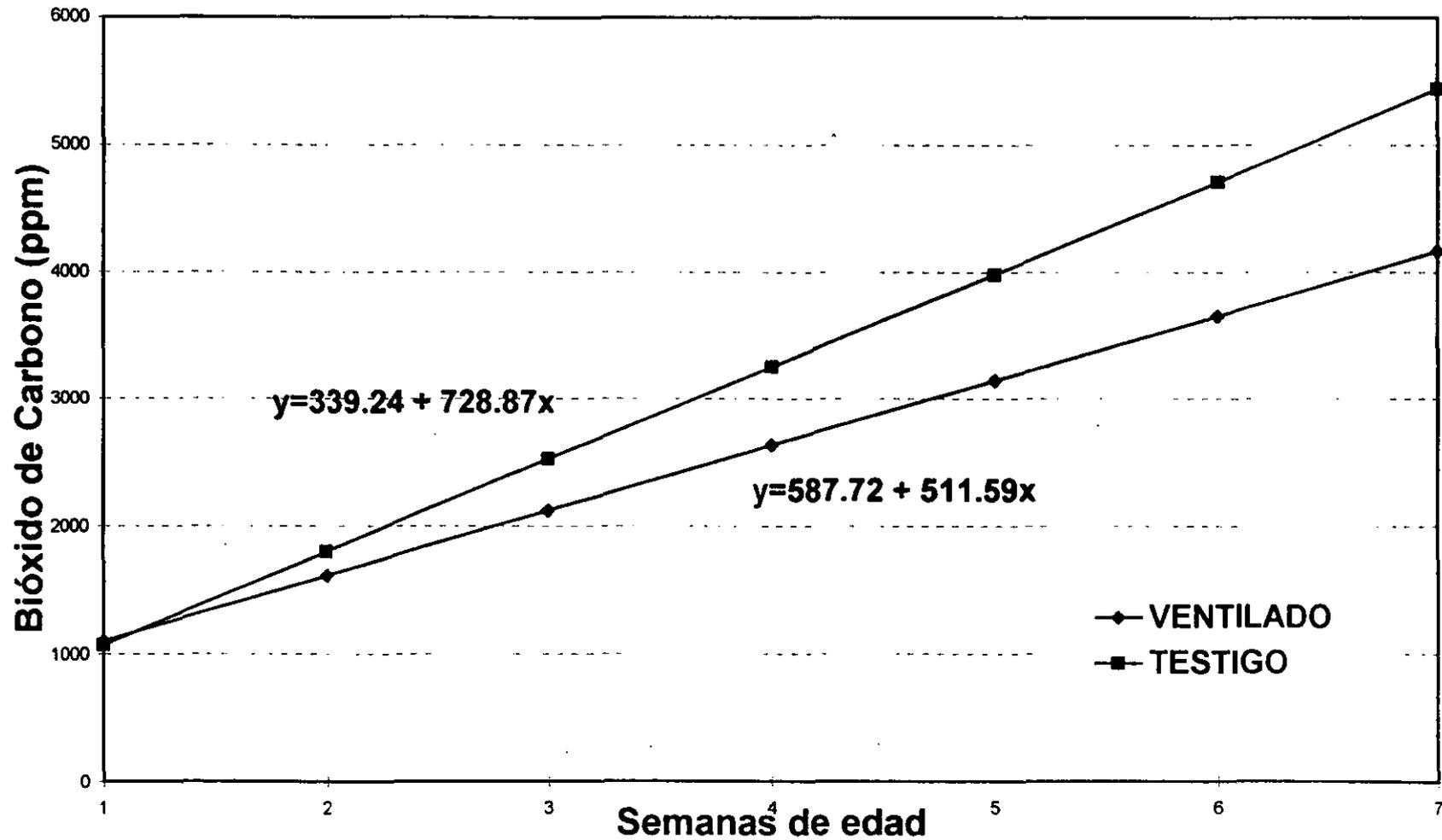
CONCENTRACIÓN DE BIOXIDO DE CARBONO SEMANAL A LAS 9 p.m.



Letras distintas indican diferencia estadística significativa entre grupos ($P < 0.01$).

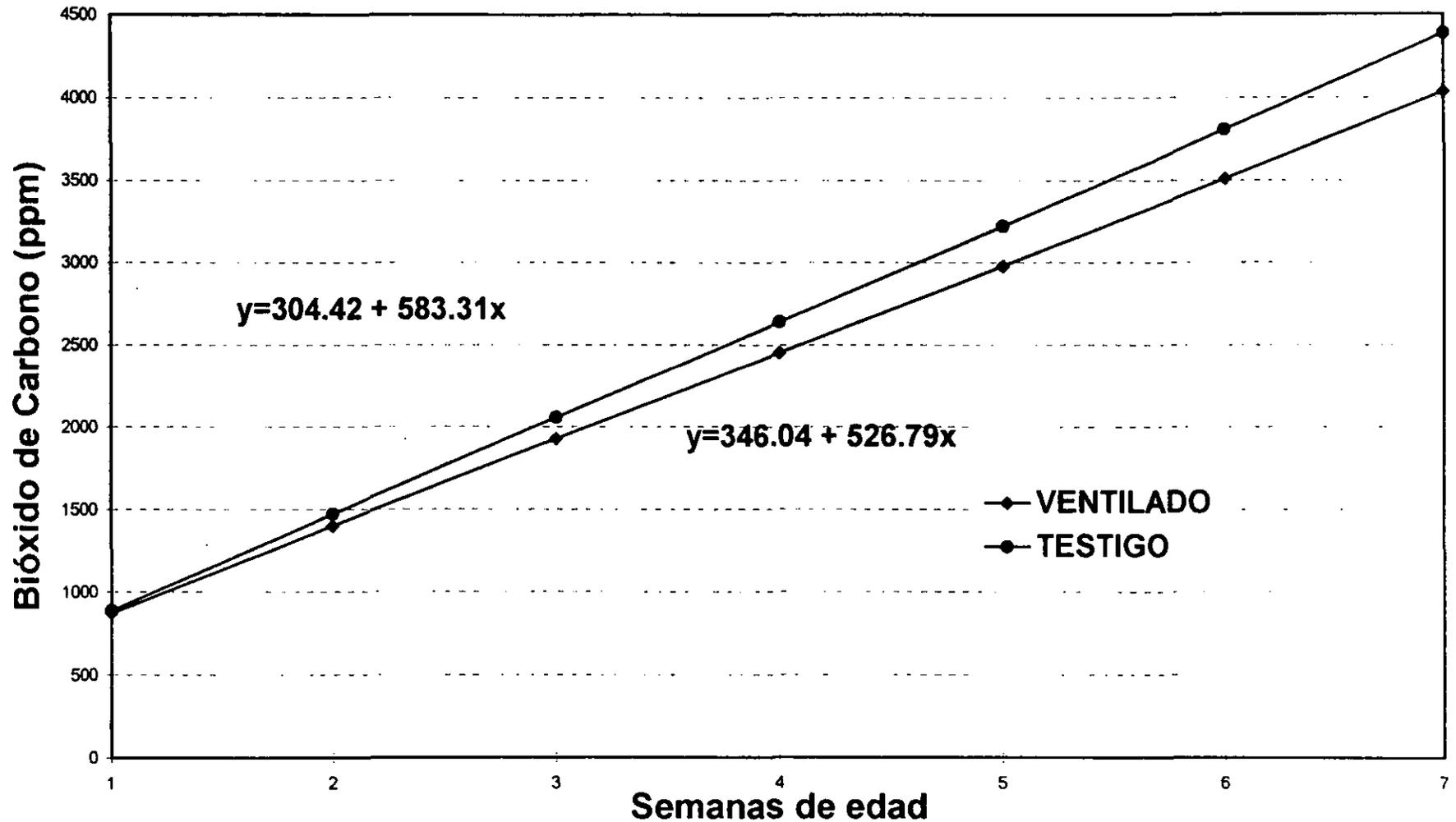
GRÁFICA 11

REGRESIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE BIÓXIDO DE CARBONO DENTRO DE LA CASETA A LAS 5 am



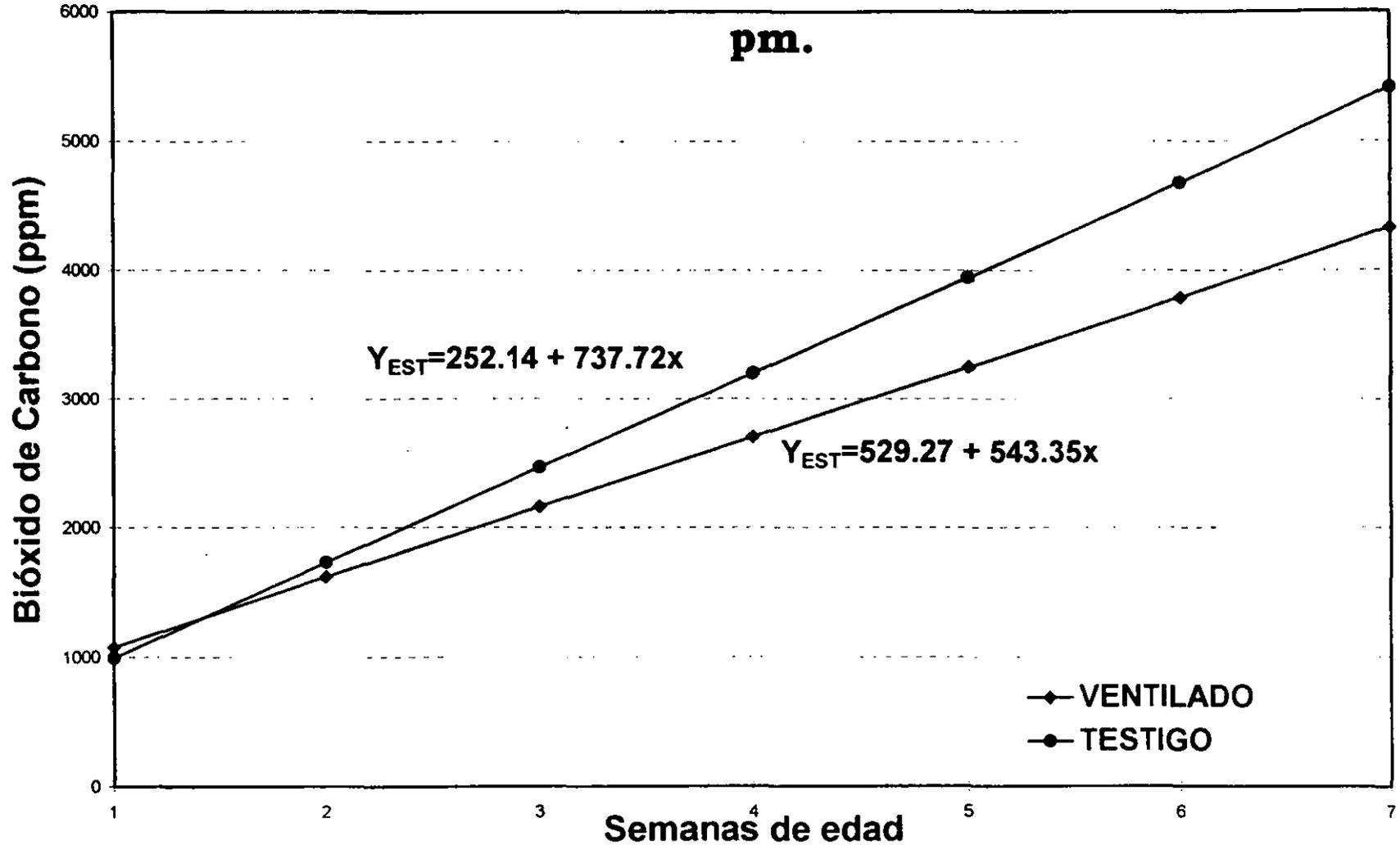
GRÁFICA 12

REGRESIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE BIÓXIDO DE CARBONO DENTRO DE LA CASETA A LA 1 pm



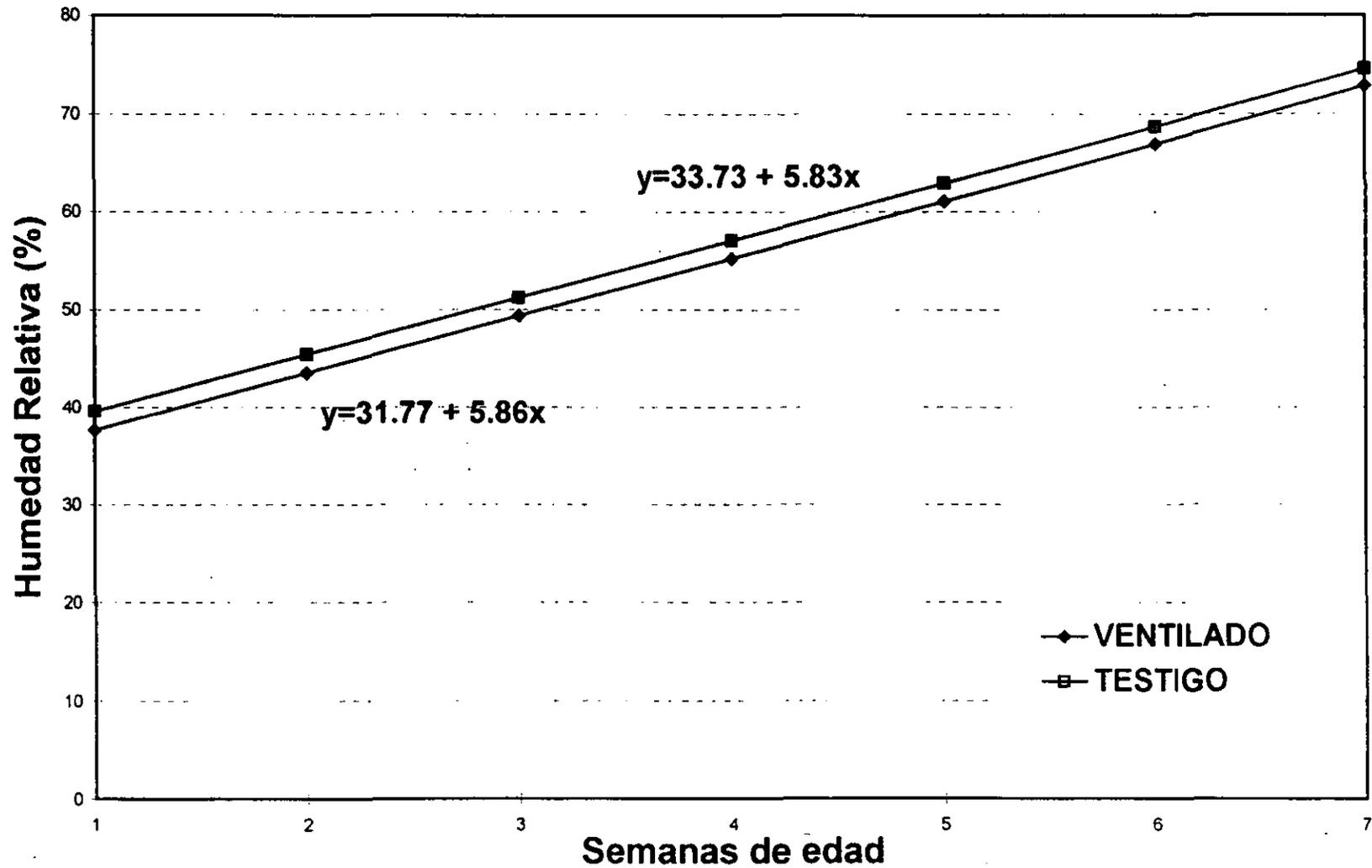
GRÁFICA 13

REGRESIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE BIÓXIDO DE CARBONO DENTRO DE LA CASETA A LAS 9



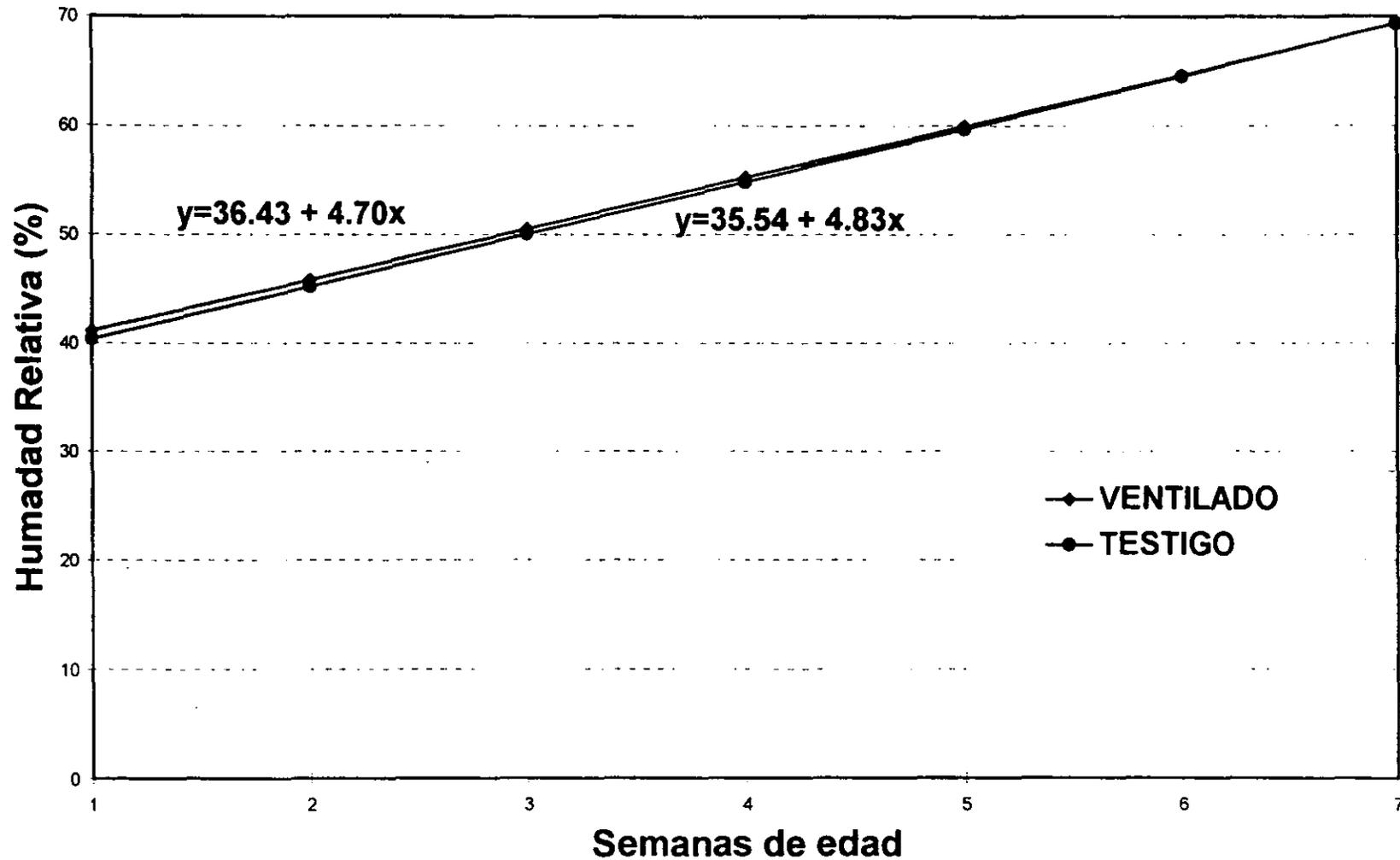
GRÁFICA 14

REGRESIÓN DE LA HUMEDAD RELATIVA A LAS 5 am.



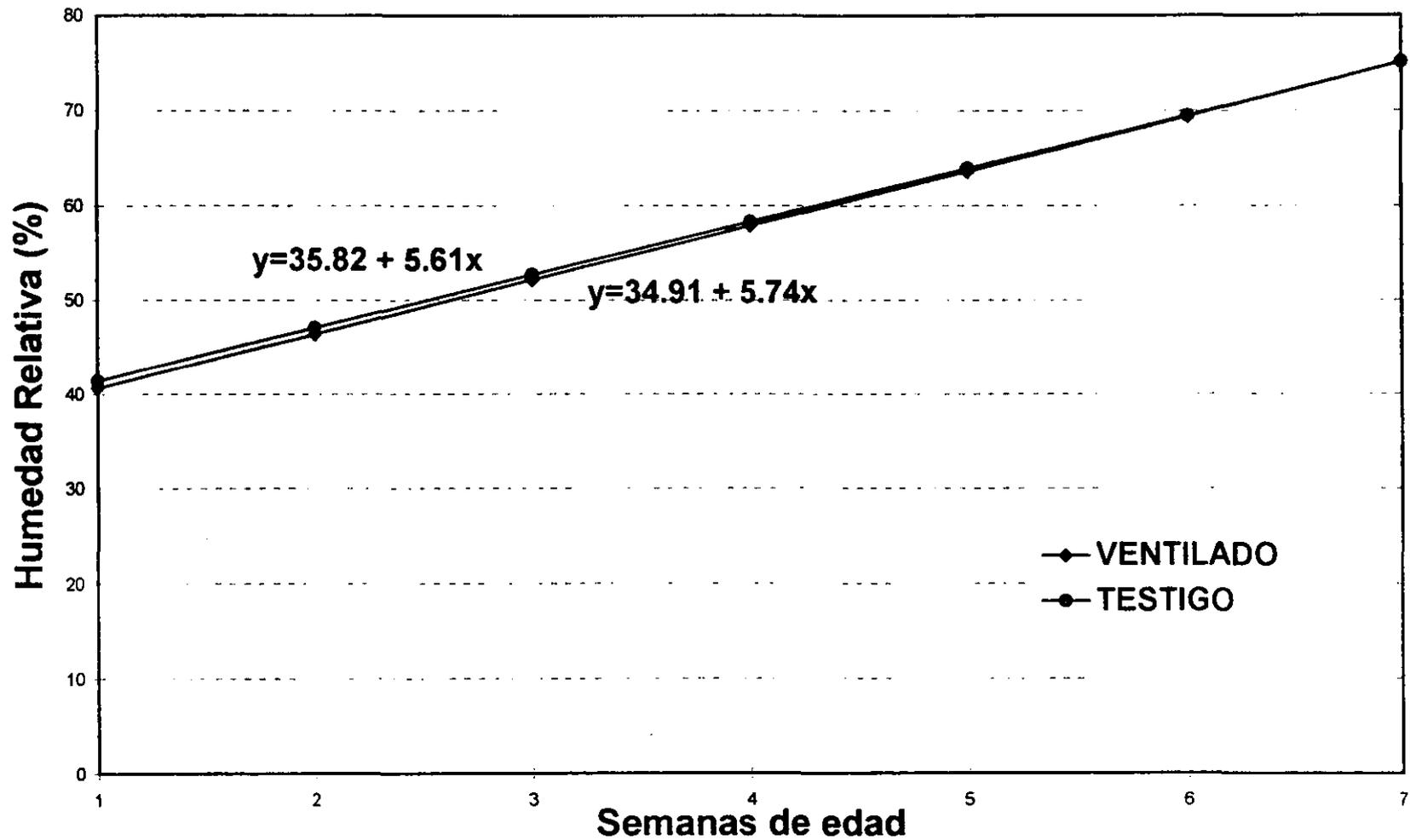
GRÁFICA 15

REGRESIÓN DE LA HUMADAD RELATIVA A LA 1 pm.



GRÁFICA 16

REGRESIÓN DE LA HUMEDAD RELATIVA A LAS 9 pm.



GRAFICA 17

REGRESIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE OXIHEMOGLOBINA EN SANGRE A LAS 7 SEMANAS DE VIDA

