

## VARIACION CARDIOPULMONAR Y EN LOS VALORES DE HEMOGLOBINA Y HEMATOCRITO DURANTE LA HIPOXIA EN POLLOS COMERCIALES Y CRIOLLOS\*

Marta Moreno de Sandino, DMW, M.Sc.  
Aureliano Hernández Vásquez, DMVZ, M.Sc.Ph.D\*\*

### RESUMEN

Con el objeto de probar la hipótesis de que existe hiporreactividad a la hipoxia crónica en pollos criollos frente a pollos comerciales, se hicieron estudios morfométricos y hematimétricos. Se observó un síndrome de pobre adaptación a la hipoxia y a otras condiciones medioambientales de Bogotá (2.638 metros sobre el nivel del mar), en pollos de engorde Arbor Acres (pobremente adaptados), por la hipertrofia de la capa media muscular de arteriolas pulmonares ( $\% T = 6.62 \pm 0.35$ ), aumento de la relación peso ventricular derecho comparado con la masa ventricular total ( $PVD/MVT \times 100 = 32.85 \pm 1.21$ ), aumento del hematocrito ( $33.4 \pm 1.93$ ) y de la hemoglobina ( $8.95 \pm 0.82$ ). Por el contrario, los pollos "criollos" (aparentemente mejor adaptados), mostraron pequeño incremento de tales parámetros:  $\% T = 5.92 \pm 0.48$ ;  $PVD/MVT \times 100 = 18.10 \pm 0.70$ ; hematocrito =  $24.95 \pm 0.88$ ; hemoglobina =  $6.62 \pm 0.44$ . Las diferencias entre los dos grupos fueron altamente significativas ( $P < 0.01$ ).

---

\* Resumen del trabajo de grado para optar al título de Magister Scientiae, presentado por la primera autora y dirigido por el segundo autor.

\*\* Respectivamente profesora asistente y profesor titular Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia, Apartado Aéreo 53917, Bogotá.

## INTRODUCCION

Una posible solución al problema patológico denominado "Mal de alturas" o ascitis de origen hipóxico en pollos de engorde, puede ser la selección genética de animales hiporreactivos a las condiciones medioambientales de la Sabana de Bogotá.

Tal entidad es considerada de gran importancia en virtud que causa pérdidas económicas significativas en las explotaciones de pollos de engorde, ubicadas por encima de los 1.300 metros sobre el nivel del mar<sup>(37)</sup>.

Es de esperarse que en las aves, a través de su residencia en la altura durante muchas generaciones presenten un grado de adaptación que puede traducirse en hiporreactividad a la hipoxia.

Existen estudios que resaltan la importancia de los parámetros aumento del hematocrito, hiperplasia e hipertrofia del ventrículo derecho del corazón, así como la hipertensión pulmonar y el engrosamiento de la muscular de las arteriolas ramas de la arteria pulmonar entre otros, como respuesta fisiológica a la hipoxia propia de la altura en pollos de engorde<sup>(3-4-7-9-10-15-16-24-25-26-36)</sup>.

Para medir el grado de reactividad de pollos adaptados a las condiciones medioambientales de la Sabana de Bogotá, frente a pollos comerciales, se diseñó este experimento, con la hipótesis de que en aquellos animales existe un grado de hiporreactividad.

## MATERIALES Y METODOS

Este estudio se realizó en la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia de la Universidad Nacional de Colombia en Bogotá y en el Laboratorio de Investigaciones Médicas Veterinarias (LIMV) del Instituto Colombiano Agropecuario ICA en Bogotá.

Se emplearon 80 animales de ambos sexos entre la 4a. y 5a. semanas de edad procedentes de granjas comerciales y de explotaciones domésticas situadas en la Sabana de Bogotá y escogidas al azar; así mismo, los pollos tomados como objeto de estudio, fueron escogidos al azar.

Se conformaron dos (2) grupos de 40 pollos cada uno: Un grupo de pollos de engorde del cruce comercial de la raza Arbor Acres, los cuales a su vez estuvieron divididos en dos subgrupos de 20 machos y 20 hembras cada uno. Un grupo de pollos "criollos", los que, como en el caso de los pollos comerciales, se dividieron en 2 subgrupos de 20 machos y 20 hembras cada uno.

En el presente estudio, se consideran pollos criollos, a los grupos de aves resultantes de cruces de varias razas realizados al azar, los cuales a través del tiempo y por una selección natural, en un medio ecológico específico, supuestamente han adquirido determinado tamaño, conformación, tipo de plumaje y también se ha especializado su aptitud o género de servicio. Generalmente se cree que son núcleos de animales resistentes a las condiciones medioambientales; estas aves no hacen parte de las explotaciones comerciales, sino que son levantadas por los campesinos sin utilizar ningún tipo de tecnología.

Los pollos Arbor Acres nacieron a baja altitud, así como sus ancestros, y fueron trasladados a la Sabana de Bogotá al día de nacidos.

Mediante punción cardiaca, se tomó de cada animal una muestra de 5 c.c. de sangre y se depositó en tubos de ensayo de 10 c.c. que contenía cada uno dos gotas de anticoagulante (EDTA\*). Cada tubo fue previamente identificado con la raza, el número y el sexo del animal muestreado.

Una vez recolectadas las muestras, fueron mezcladas con rapidez y se procesaron inmediatamente.

Para la determinación de la hemoglobina y del hematocrito (Tabla No. 1) se utilizó un contador de células Coulter Modelo F.N. y un hemoglobinómetro complementario al contador\*\*.

Una vez muertos los pollos, mediante inyección de aire directamente en el corazón, se procedió a extraer los pulmones conjuntamente con el corazón y a depositarlos en recipientes previamente identificados que contenían formalina en solución al 10% de pH neutro.

Después de la fijación, el corazón de cada animal fue liberado de la grasa pericárdica, de las aurículas, los grandes vasos y sus válvulas, lo mismo que de las válvulas auriculoventriculares.

La masa ventricular se sometió a una cuidadosa limpieza liberándola de coágulos y luego se dividió en dos porciones; ventrículo izquierdo más el septo interventricular y la otra porción formada por el ventrículo derecho; luego se procedió a determinar el peso del ventrículo derecho (P.V.D.) y el peso de la masa ventricular total (M.V.T.) utilizando para estas determinaciones una balanza de precisión\*.

Con estos valores se obtuvo una relación P.V.D./M.V.T. X 100 de todos los animales utilizados, según la técnica de Alexander y Jensen<sup>(1)</sup>.

Los pulmones de todos los pollos estudiados se fijaron en una solución de formalina de pH neutro al 10% (fosfato de sodio monobásico: 4 gramos y fosfato de sodio dibásico: 6,5 gramos por cada 1.000 ml. de agua destilada); luego de ser sometidos a un procesador de tejidos, se incluyeron en parafina y se realizaron cortes de un grosor de 5 micrómetros.

Los cortes se colorearon con Hematoxilina y Eosina y con la técnica de Verhoeff-Van Gieson elástica modificada<sup>[36]</sup>; esta segunda coloración se hizo con el fin de poder diferenciar entre el músculo liso y las fibras colágenas y elásticas; con Van Gieson, el músculo tiñe de color amarillo y las fibras de tejidos conectivo, tiñen de color púrpura.

Los cortes se observaron con un microscopio de luz; utilizando un ocular micrométrico y en los cortes coloreados con la técnica de Van Gieson, se midieron para cada animal entre 10 y 15 arteriolas, ramas de la arteria pulmonar, de diámetro externo (D) comprendido entre 20 y 80 micras. En cada vaso el diámetro externo (D) fue tomado como el promedio de dos mediciones en ángulo recto (D), y el grosor de la capa media (T) se obtuvo como un promedio de 4 mediciones (T), (Figura No. 1)<sup>(24-36)</sup>.

Para cada vaso, el grosor de la capa media muscular fue expresado como un porcentaje de diámetro externo ( $T = T/D \times 100$ ). El porcentaje promedio de grosor de la capa media (%T) se calculó para cada pollo totalizando los porcentajes de grosor de la capa media y dividiendo por el número de vasos examinados.

Las arteriolas medidas en cada caso, fueron escogidas al azar, con el único requisito que presentaran contorno redondeado.

La relación  $T = T/D \times 100$ , se calculó en la totalidad de los pollos sometidos al estudio.

Los datos obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza y a pruebas de correlación y regresión<sup>(33-34)</sup>

## RESULTADOS

Los valores de hemoglobina calculados en gr/100 ml., tuvieron en los pollos Arbor Acres, una fluctuación entre 10,26 y 6,32 con un promedio de 8,952 en machos y de 8,204 en hembras (Tabla No. 1).

Los valores de la hemoglobina de los pollos "criollos", calculados como en el caso de los pollos Arbor Acres, en gr/100 ml., fluctuaron entre 8,56 a 6,10 con un promedio de 7,238 en machos y de 6,6215 en hembras (Tabla No. 1).

Los valores del hematocrito calculados en porcentajes fluctúan entre 30 y 40 con un promedio de 27,55 en machos y de 24,95 en hembras (Tabla No. 1).

El examen microscópico de los cortes de pulmones coloreados con Hematoxilina y Eosina, de los pollos Arbor Acres y de los pollos criollos, no reveló diferencias apreciables en cuanto al número, al tamaño y/o disposición de los vasos sanguíneos pulmonares. Así mismo, no se observó evidencia de procesos patológicos, ni otro tipo de cambio en los cortes pulmonares de todos los animales sometidos al estudio.

Los valores de la relación PVD/MVT X 100 de los Pollos Arbor Acres presentaron una fluctuación entre 34,8 y 28,35 con un promedio de 32,85 en machos y 30,968 en hembras (Tabla No. 1).

Los valores de la relación PVD/MVT X 100 de los pollos criollos, fluctuaron entre 28,3 y 16,75 con un promedio de 22,2355 en machos y 18,10 en hembras (Tabla No. 1).

Los valores del % de grosor de la túnica media muscular de las arteriolas pulmonares de los pollos Arbor Acres, presentaron una fluctuación entre 6,05002 y 7,20762 con un promedio de 6,399107 en las hembras y de 6,62 en machos (Tabla No. 1).

Los valores del % del grosor de la capa media muscular de las arteriolas pulmonares de los pollos "criollos" variaron entre 4,98745 y 6,822988 con un promedio de 5,97376 en machos y de 5,9250 en las hembras (Tabla No. 1).

Los resultados de las regresiones realizadas por raza y sexo para los parámetros hematocrito, peso del ventrículo derecho, dividido por el peso ventricular total, multiplicado por 100 (P.V.D./M.V.T. X 100), y grosor de la capa media muscular de arteriolas pulmonares se encuentran resumidas en las Figuras Nos. 2, 3, 4, 5, donde aparecen las ecuaciones de regresión con los respectivos coeficientes de determinación ( $r^2$ ) y de correlación ( $r$ ).

**TABLA No. 1**

**Promedios de los parámetros analizados en pollos Arbor Acres y criollos**

Parámetros	Grupos	Hematocrito X ± D.E.	Hemoglobina X ± D.E.	PVD/MVT X 100 X ± D.E.	% T X ±
Arbor	Machos	33,4 ± 1,93	8,95 ± 0,82	32,85 ± 1,21	6,62 ± 0,35
Acress	Hembras	31 ± 2,27	8,20 ± 0,91	30,9 ± 1,48	6,39 ± 0,19
	Machos	27,55 ± 1,43	7,23 ± 0,73	22,23 ± 3,31	5,97 ± 0,50
Criollos	Hembras	24,95 ± 0,88	6,62 ± 0,44	18,10 ± 0,70	5,92 ± 0,48

—  
X = Promedio

D.E. = Desviación Estándar

PVD/MVT X 100 = Peso de la masa del ventrículo derecho/Peso de la masa ventricular total.

%T = Promedio del grosor de la media muscular.

Para los 4 parámetros estudiados, hubo diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ), entre los pollos Arbor Acres y los criollos.

En todos los casos, los ajustes fueron lineales simples y se observó un alto grado de correlación positivo entre las variables comparadas (nivel de significancia = 1%).

**DISCUSION**

Con base en los resultados obtenidos y mediante el análisis estadístico se pudo confirmar la validez de la hipótesis planteada al iniciar el trabajo experimental, es decir, que hay un comportamiento diferente de los pollos Arbor Acres en comparación con los pollos "criollos", a las condiciones de baja presión de oxígeno ambiental existentes en la Sabana de Bogotá, siendo los animales Arbor Acres hiperreactivos y los animales "criollos" hiporreactivos.

Los valores de las const hematólogicas analizadas: hematocrito y hemoglobina en el grupo de los animales Arbor Acres fueron mayores en comparación con los encontrados en los pollos "criollos"; los primeros presentaron valores promedios de hemoglobina y hematocrito mayores que los machos criollos, siendo esta diferencia altamente significativa ( $P < 0.01$ ); igual comportamiento se observó al comparar los valores promedios del hematocrito y la hemoglobina de las hembras Arbor Acres con los de las hembras "criollas", donde las hembras Arbor Acres presentaron mayores valores promedios de tales parámetros en comparación con las hembras "criollas", y tales diferencias fueron como en caso de los machos altamente significativas ( $P < 0.01$ ).

El diferente grado de adaptabilidad a la altura que tienen los pollos "criollos" y los pollos Arbor Acres, podría explicar éstos hallazgos de la hemoglobina y del hematocrito en uno y otro grupo.

En 1961 Deaton y colaboradores (11) concluyeron que la hemoglobina y el hematocrito variaban con el estímulo hipóxico, encontrándose un incremento de tales constantes fisiológicas al aumentar la altura sobre el nivel del mar.

La hemoglobina aumenta con el fin de incrementar la capacidad de captación de oxígeno, la cual se disminuye por el pH sanguíneo alcalino debido a la hiperventilación que sucede durante la hipoxia (16-32), lo cual determina una menor afinidad de la hemoglobina por el oxígeno (7-30).

Al comparar los valores de la hemoglobina y del hematocrito obtenidos en el presente experimento en pollos Arbor Acres a 2.638 metros con los resultados reportados por otros autores a menor altura (225 metros), (7), se observa el valor más elevado de tales constantes hematológicas en pollos a mayor altitud (2.638 metros); si se comparan los valores de estas constantes hematológicas de los pollos "criollos" obtenidos en el presente estudio con los de tales constantes de pollos Arbor Acres obtenidos por otros autores en experimentos realizados a la misma altura, se aprecian menores valores en pollos criollos en comparación con los pollos de cruces comerciales (6-7); tal diferencia podría atribuirse a la rusticidad que poseen los animales "criollos" la cual determina una mayor adaptabilidad a la hipoxia crónica haciendo los hiporreactivos a tal condición ambiental.

Entre pollos de un mismo grupo ya sea Arbor Acres o criollos, también se observó que el hematocrito y la hemoglobina fueron mayores en los machos de cada grupo en comparación con las hembras de su respectivo grupo. Tales diferencias para el parámetro hemoglobina, fueron altamente significativas, mientras que para el hematocrito no lo fueron.

Esta diferencia entre machos y hembras de un mismo grupo podría ser explicada por la acción de los andrógenos que tienen propiedades eritropoyéticas determinando mayores valores de hematocrito y de hemoglobina en pollos machos en comparación con las hembras de su mismo grupo racial, edad y condiciones medioambientales (4).

Ploog (27) observó que las hembras para producción de carne inyectadas con andrógenos, mostraron valores de hematocrito y hemoglobina significativamente mayores en comparación con los controles inyectados con un placebo; así mismo, se observó mayor incidencia de "edema aviar" y una mayor mortalidad por esa enfermedad en pollos inyectados con testosterona, debido al efecto anabólico que ejerce esta hormona sobre el organismo, el cual lógicamente determina un mayor consumo de oxígeno.

Se ha demostrado que la hipoxia y los andrógenos llevan a policitemia en pollos, codornices y pavos (11, 15), lo mismo que en humanos (12-13-19) y bovinos (14).

Varios autores han observado mayor incidencia del "edema aviar" en machos en comparación con las hembras de la misma raza y en las mismas condiciones medioambientales (23, 28, 36).

En estudios que sobre adaptación a la altura realizaron Smith y Abbot en 1968 (31) comprobaron que aves colocadas en cámaras hipobáricas que simulaban una altura de 3.000 metros presentaban un aumento en sus valores del hematocrito y de la masa cardíaca, en comparación con aves controles situadas a nivel del mar; tales hallazgos fueron corroborados más tarde por Burton y Smith en 1967 (5).

Los valores de la relación PVD/MVT X 100 hallados en los pollos comerciales Arbor Acres, fueron mayores que los calculados para los pollos criollos; los machos Arbor Acres presentaron mayor valor de la relación PVD/MVT X 100 que los machos criollos; la diferencia de los promedios de la relación PVD/MVT X 100 fue altamente significativa ( $P < 0.01$ ); el mismo comportamiento se observó al comparar los valores de la relación PVD/MVT X 100 en las hembras Arbor Acres con las hembras criollas, presentando éstas menor valor promedio del PVD/MVT X 100 que las hembras Arbor Acres y la diferencia del promedio fue estadísticamente significativa.

Dentro de la misma raza Arbor Acres y dentro del grupo de pollos "criollos" los machos tuvieron valores mayores para la relación PVD/MVT X100 que las hembras; esta diferencia fue altamente significativa ( $P < 0.01$ ) en el caso de los animales "criollos" pero en el caso de los Arbor Acres tal diferencia no fue estadísticamente significativa.

Estos hallazgos indican que los pollos comerciales Arbor Acres reaccionan a la hipoxia ambiental crónica propia de la Sabana de Bogotá desarrollando hipertrofia ventricular derecha que se detecta por el aumento de la relación PVD/MVT X 100, mientras que los pollos "criollos" debido a la hiporreactividad que poseen a la hipoxia posiblemente como consecuencia de la permanencia durante múltiples generaciones en las condiciones ambientales de la Sabana de Bogotá no desarrollan tal hipertrofia, quizás por una menor sensibilidad a la hipoxia crónica o no se produce la respuesta hipertensora pulmonar que se observa en los pollos Arbor Acres; tal resistencia puede haber sido heredada de una generación a las siguientes, durante el proceso adaptativo.

Al comparar los promedios de la relación PVD/MVT X 100 obtenidos en el presente experimento en pollos "criollos" criados a la misma altura también se observó un menor valor del PVD/MVT X 100 en pollos "criollos".

Ploog <sup>(27)</sup> observó que los andrógenos tenían efectos magnificativos sobre la respuesta hipertrofica ventricular derecha en aves a 3.300 metros, presentando los machos una mayor presión arterial pulmonar e hipertrofia cardiaca derecha en comparación con las hembras.

Ayon y colaboradores <sup>(2)</sup>, observaron una mayor incidencia del "edema aviar" y una mayor mortalidad por el mal de alturas en pollos inyectados con testosterona, debido al aumento del peso del ventrículo derecho y de la relación PVD/MVT X 100 que la testosterona ocasiona, debido a que produce hipertensión arterial pulmonar.

En 1973 Hung y colaboradores <sup>(18)</sup>, realizaron estudios comparativos en cuanto a la hematólogía y al peso de las porciones cardiacas en 40 gallinas de Guinea (Numida meleagris) a 3.320 metros y a 20 metros encontrando que los valores del peso del ventrículo derecho (PVD) y de la masa ventricular total (MVT) se incrementaban en la altura debido a una hipertrofia ventricular derecha en este grupo de aves, resultante de la hipertensión arterial pulmonar de origen vasoconstrictivo.<sup>(18)</sup>

Igualmente Hung y colaboradores <sup>(18)</sup>, reportaron que las gallinas de Guinea a 3.320 metros desarrollaron una menor hipertrofia ventricular derecha que los pollos de engorde criados a la misma altura, por una mayor capacidad de adaptación de las gallinas de Guinea a la hipoxia crónica propia de la altura.

Estudios realizados por Sillau y colaboradores <sup>(29)</sup>, concluyeron que animales con gran adaptabilidad a la altura no tienen en relación con las otras especies, ninguna variable morfológica

importante en su sistema cardiopulmonar y plantean que la gran adaptabilidad a la altura de animales tales como la alpaca es debida a la mayor afinidad de su hemoglobina por el oxígeno.

En este estudio comparativo realizado entre pollos comerciales Arbor Acres y pollos criollos de ambos sexos, se observó un mayor promedio del grosor de la capa media muscular (% T) en los pollos Arbor Acres en comparación con los pollos criollos y tal diferencia fue altamente significativa ( $P < 0.01$ ).

Al comparar los promedios de % T entre machos y hembras Arbor Acres se observó que los machos presentaron mayor valor promedio de % T en comparación con las hembras y tal diferencia fue altamente significativa ( $P < 0.01$ ).

La misma comparación de los promedios de % T entre machos criollos y hembras criollas permitió observar que los machos criollos presentaron mayor valor promedio % T que las hembras, aunque la diferencia no fue estadísticamente significativa ( $P < 0.01$ ).

El aumento del grosor de la capa media muscular de los pequeños vasos arteriales del pulmón como factor determinante de la mayor respuesta presora a condiciones hipóxicas ha sido ampliamente aceptado como expresión morfológica de la hipertensión arterial pulmonar<sup>(24, 35)</sup>.

La hipoxia alveolar crónica conduce a hipertensión arterial pulmonar asociada con una hipertrofia ventricular derecha y muscularización de la porción terminal del árbol arterial pulmonar<sup>(32)</sup>. La hipertensión puede ser potenciada por el frío y hay evidencia de que la ascitis de origen hipóxico puede ser controlada por el aumento de la temperatura en los galpones<sup>(17-21)</sup>.

Se ha atribuido que el efecto metabólico de los andrógenos tiende a incrementar la resistencia vascular periférica al aumentarse el área total de la red capilar, lo cual resulta en un aumento de la presión arterial pulmonar por constricción de pequeños vasos pulmonares; tales hormonas también tienen propiedades eritropoyéticas determinando un aumento de la viscosidad sanguínea; estos dos factores fisiológicos aparentemente determinan que en pollos machos haya una mayor incidencia de ascitis hipóxica<sup>(5-16-23-31 y 36)</sup>.

Para algunos parámetros sometidos a estudio en el presente experimento no se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre machos y hembras de la misma raza o grupo y tal comportamiento no sería estrictamente correcto atribuirlo a la falta de madurez sexual de los pollos utilizados, aunque no podría concluirse nada al respecto sin conocer concentraciones de esteroides para pollos de engorde de 5 semanas de edad en Bogotá.

Los valores del grosor de la capa media muscular encontrados en el presente estudio para pollos Arbor Acres fueron similares a los reportados por Useche y colaboradores<sup>(36)</sup> para pollos de la misma raza y situados en la misma altura. Al comparar los valores promedios del grosor de la capa media muscular de pollos obtenidos en este trabajo, con los reportados por Useche y colaboradores<sup>(36)</sup> para pollos Arbor Acres a baja altitud (225 metros) se observó una gran similitud de tales valores entre pollos Arbor Acres y pollos criollos.

En el análisis de regresión y correlación de las variables estudiadas, se encontraron coeficientes de correlación<sup>(4)</sup> que variaron entre 0,64 y 0,99, los cuales indicaron el alto grado de correlación existente entre las variables analizadas (Ver figuras Nos. 2, 3, 4, 5).

Marín en 1980<sup>(20)</sup> concluyó que la línea genética tiene una relación muy significativa con la presentación del edema aviar, encontrando 7% más casos en la raza Arbor Acres que en todas las demás razas que se sometieron al estudio epidemiológico, lo cual es un indicativo de la influencia del factor genético ligado a la raza.

En 1982<sup>(16)</sup> se reportó la influencia que tiene el factor raza en la mayor o menor incidencia del edema aviar.

En especies tales como los bovinos se ha probado que factores genéticos influyen la hipertensión arterial pulmonar en ganados localizados a grandes alturas, como consecuencia de la diferente respuesta vascular pulmonar a la hipoxia crónica.<sup>(38)</sup>

Estudios realizados en humanos, han demostrado que los individuos que nacen y viven en las grandes alturas, poseen una mayor respuesta ventilatoria a la hipoxia aguda que los habitantes que han nacido a nivel del mar.<sup>(13-19-22)</sup> Este hallazgo ha sido atribuido a la pérdida de la sensibilidad de los quimiorreceptores centrales que son los responsables de la respuesta ventilatoria ante el descenso del pH.<sup>(7-3)</sup> por incremento del ácido carbónico circulante.<sup>(8)</sup> Esta menor sensibilidad de los quimiorreceptores centrales a la hipoxia crónica es heredable y de carácter irreversible, pues no se altera con la residencia prolongada a nivel del mar de las personas que han nacido en la altura.<sup>(8-19)</sup>

En el hombre se ha estudiado la respuesta ventilatoria a la hipoxia en varias razas, comparando grupos raciales amarillos, mestizos, negros y blancos, encontrándose que los amarillos y los mestizos presentan una respuesta ventilatoria a la hipoxia significativamente más baja que los blancos y los negros, lo cual demuestra que hay diferencia en la sensibilidad de los quimiorreceptores centrales a la hipoxia crónica.<sup>(8)</sup> Igualmente los mestizos y amarillos presentan una respuesta ventilatoria similar a la hipoxia, probablemente por la vinculación existente entre estas dos razas puesto que el ancestro del hombre americano proviene del Asia.<sup>(8)</sup>

Los resultados obtenidos en este trabajo permiten postular que existen pollos hiporreactores a la hipoxia crónica, condición que han logrado gracias a un proceso adaptativo mediante la permanencia prolongada en grandes alturas sobre el nivel del mar, y, tal resistencia ha sido heredada en sucesivas generaciones. En consecuencia, la respuesta de los pollos a condiciones ambientales hipóxicas varía de acuerdo con el distinto grado de adaptación que tales animales tengan a la gran altura.

De acuerdo con la incidencia del edema aviar en la Sabana de Bogotá, de un 6-8%, se puede deducir que hay aproximadamente un 92% de animales resistentes a la hipoxia crónica propia de la altura y por lo tanto, se debe buscar extender las poblaciones resistentes identificando las aves susceptibles para poder realizar una adecuada selección.

Algunos autores han sugerido que para solucionar el problema del edema aviar, sería conveniente introducir nuevos tipos de aves tales como la gallina de guinea (*Numidia meleagridis*) una de cuyas características es la rusticidad.<sup>(3)</sup>

La posibilidad de realizar en pollos cruces mejorantes de "razas criollas" por razas especializadas para la producción de carne tal como se ha hecho en bovinos, obteniendo descendencia resistente a la limitación de la hipoxia, podría intentarse, ya que los animales criollos aportan genes de resistencia a la altura que han desarrollado por un largo período de permanencia en ese medio ambiente y los animales especializados en producción de carne aportan genes que impulsan un mayor desarrollo corporal.

En el presente trabajo se asumió que a la altura de la Sabana de Bogotá 2.638 metros, existe hipoxia ambiental y por consecuencia hipoxia alveolar, puesto que no se midieron presiones parciales de  $O_2$  y  $CO_2$  en la sangre o en los alvéolos. Por muchos años se hay aceptado que la consecuencia de cambios de la fisiopatología consecuente a la exposición a la altura son: la hipertensión arterial pulmonar, el aumento del gasto cardiaco e hipertrofia cardiaca derecha consecuencial, así como el éstasis en la circulación de retorno; además, el aumento del hematocrito y de la hemoglobina entre otros cambios, son derivados de la hipoxia alveolar. Los cambios mencionados, fueron analizados en el presente trabajo como la resultante de exposición a la hipoxia ambiental aguda o crónica propia de la altura de Bogotá, y quizás de otros factores que determinan múltiples condiciones de stress en estos animales.

Cabe destacar, que se trabajó con pollos clínicamente sanos y sin lesiones histopatológicas pulmonares que evidenciaran alguna lesión que pudiera simular hipoxia crónica como trombosis, embolias pulmonares y/o enfermedades respiratorias agudas o crónicas.

Aunque la madurez sexual en pollos se reporta entre las 10 y las 13 semanas, en el presente estudio no se determinó el grado de desarrollo sexual por cuanto se presume que en pollos al igual que en las demás especies animales existen diferencias en la edad en la cual hay madurez sexual dependiendo de la raza.

## SUMMARY

To test the hypothesis that there exists hyporeactivity in "criollos" breeds as compared to commercial broilers, morphometric and hematimetric studies were undertaken.

Poor adaptation syndrome to hypoxia and other environmental conditions is observed in Arbor Acres broilers exposed to the condition by pulmonary arterioles hypertrophy ( $\% T = 6,62 \pm 0,35$ ), elevated weight of the right ventricle ( $PVD/MVT \times 100 = 32,85 \pm 1,21$ ) as well as high hematocrit ( $33,4 \pm 1,93$ ) and hemoglobin ( $8,95 \pm 0,82$ ) values.

Control observations in "criollo" breeds (apparently more adapted), show smaller increments:  $\% T = 5,92 \pm 0,48$ ;  $PVD/MVT \times 100 = 18,10 \pm 0,70$ ; Hematocrit =  $24,95 \pm 0,88$ ; Hemoglobin =  $6,62 \pm 0,44$ .

The differences observed between the two groups are highly significant ( $P < 0.01$ ).

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen altamente la asesoría en el análisis estadístico de la Profesora Nhora Martínez, y la orientación científica del doctor Mario Ruiz, a la doctora Marta Moreno de Sandino, durante el desarrollo de la tesis, al señor Jorge Bustos su colaboración en el trabajo histotécnico y a la señora Azucena de Alzate en la parte mecanográfica.

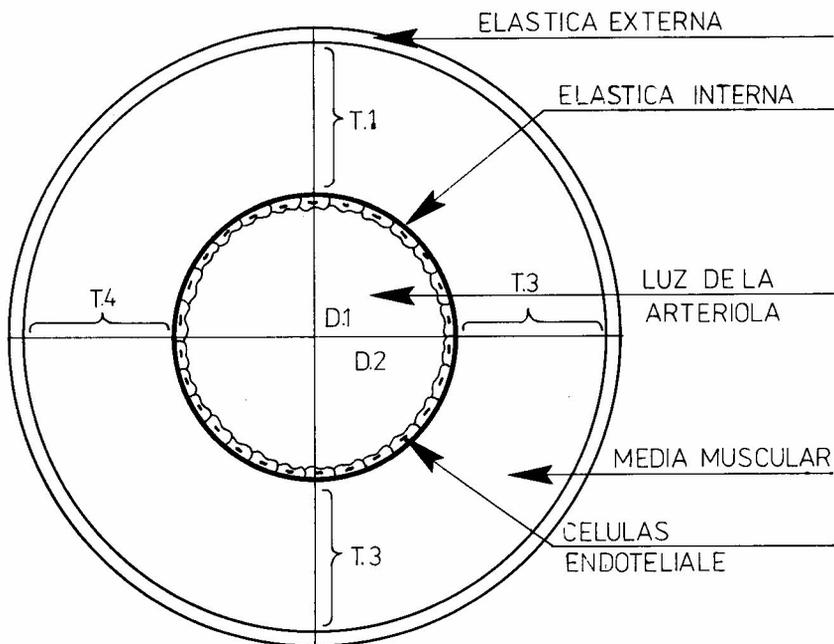
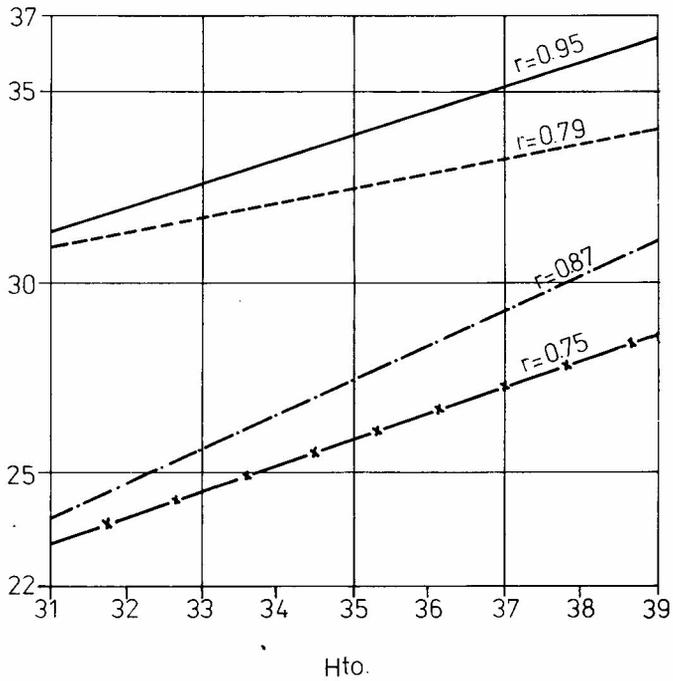


DIAGRAMA ESQUEMATICO PARA LA DETERMINACION DE LA MEDIA MUSCULAR EN PEQUEÑOS VASOS ARTERIALES DEL PULMON.

FIGURA No.1

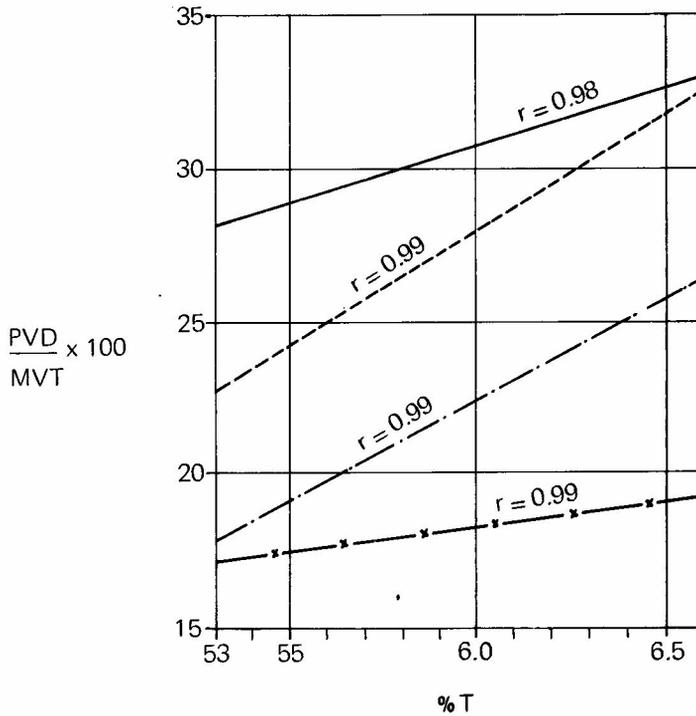


**Convenciones**

- Arbor Acres Machos
- - - - - Arbor Acres Hembras
- · - · - Criollos Machos
- x — x — Criollos Hembras
- $r = 0.75$  Coeficiente de Correlación

**CORRELACION**  
**HEMATOCRITO VS.  $\frac{PVD}{MVT} \times 100$**

**FIGURA No. 2**



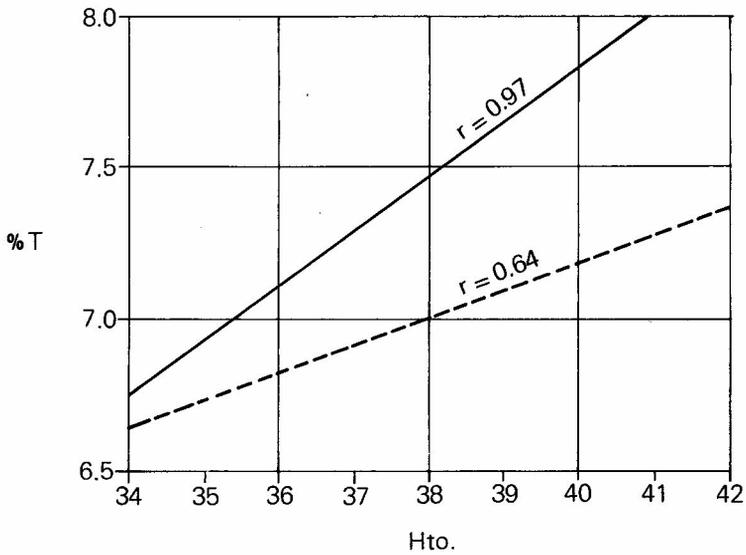
**Convenciones**

- Arbor Acres Machos
- Arbor Acres Hembras
- .-.-.- Criollos Machos
- x—x—x Criollos Hembras
- $r = 0.99$  Coeficiente de Correlación

**CORRELACION**

**% T vs.  $\frac{PVD}{MVT} \times 100$**

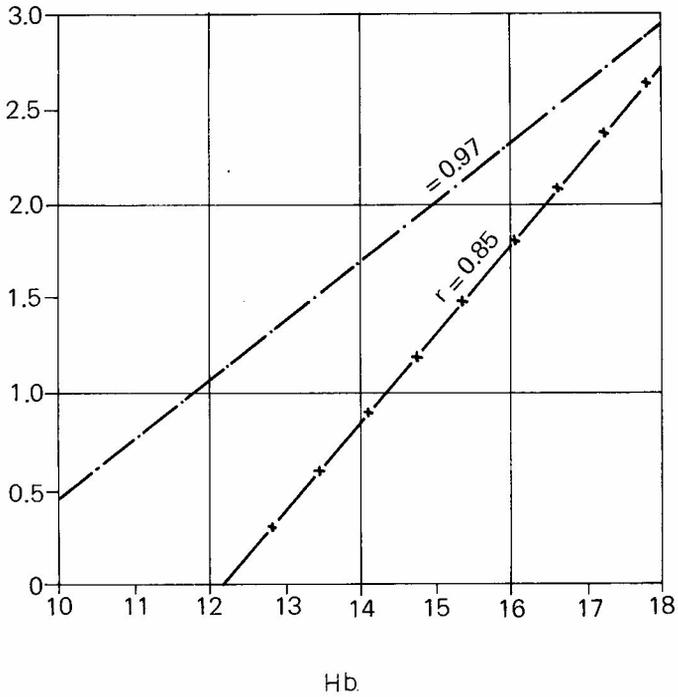
**FIGURA No. 3**



**Convenciones**  
 — Arbor Acres Machos  
 - - - Arbor Acres Hembras  
 $r = 0.94$  Coeficiente de Correlación

**CORRELACION  
HEMATOCRITO vs. % T**

**FIGURA No. 4**



Convenciones  
 - - - - - Criollos Machos  
 - x - x - Criollos Hembras  
 $r = 0.97$  Coeficiente de correlación

**CORRELACION  
 HEMOGLOBINA vs. % T**

**FIGURA No. 5**

## REFERENCIAS

1. ALEXANDER, A.F. JENSEN, R. Gross cardiac changes in cattle with high mountain (brisket) disease and in experimental cattle maintained at high altitudes, *Am. J. of Vet. Res.* 20 No. 10, p. 680-689, 1959.
2. AYON, M., CHAUCA, D., SILLAU, A. H. Efecto de los andrógenos sobre la hipertrofia ventricular derecha en aves expuestas a 3.300 m. de altitud. En: Congreso Latinoamericano de Avicultura, 60, Lima, 3-10 Julio, 1979. *Anales, Lima, IVITA*, p. 137-145, 1979.
3. BEN-DAVID, A. La gallina de Guinea o pintada, Lima, IVITA, Cuarto Boletín Extraordinario, p. 220, 1970.
4. BURTON, R. R., BESCH, E. L., SMITH, A. A. Effect of chronic hipoxia on the pulmonary arterial blood pressure of the chicken. *Am. J. of Phys.* 214<sup>5</sup>, 6: 1438-1442, 1968. 1442, 1968.
5. BURTON, SMITH, A. H. Effect of policitemia and chronic hypoxia on heart mass in the chicken. *J. Appl. Phys.* 22, 15: 782-785. 1967.
6. BUSTOS, F. Estudio de la enfermedad denominada Edema Aviar. Trabajo de grado Mag. Sci, Universidad Nacional de Colombia-ICA. 1977.
7. CARDENAS, D. Hematocrito, hemoglobina proteínas totales y recuento de glóbulos rojos en pollos normales y ascíticos de Honda y Sabana de Bogotá. Trabajo de Grado. Médico Veterinario. Universidad Nacional de Colombia, 1983.
8. CRUZ J. C., ZEBALLOS, J. R. Influencia racial sobre la respuesta ventilatoria a la hipoxia e hipercapnia. *Acta. Fisiol. Lat.* 25, 10, p. 23-32. 1975.
9. CUEVA, S, SILLAU, H., VALENZUELA, A., PLOOG, H. High altitude induced pulmonary hipertension and right heart failure in broiler chickens. *Res. Vet. Sci.* V. 16 No. 6, p, 370-374. 1974.
10. CUEVA, S., SILLAU, H., VALENZUELA, A., PLOOG, H., CARDENAS, W. Hipertensión pulmonar, hipertrofia cardiaca derecha y mal de altura en pollos parrilleros, Lima, IVITA, 1970. Cuarto Boletín Extraordinario.
11. DEATON, J. W., REECE, F. N. TARVER, W, J. Hematocrit, hemoglobin, and plasma-protein levels of broilers reared under constant temperatures. *Poultry Sci.* V. 40 No. 6, p. 1403, 1961.
12. DUFFIN, J. The chemical regulation of ventilation anaesthesia, *J. Vent.* 26, 10: 142-154. 1971.
13. FORSTER, H.V., DEMPSEY, J. A., BIRBAUM, M. L., REDDA, W. C., THODEN, J.S. GROVER, R.F., RANKIN, J. Comparison of ventilatory responses to hypoxic and hypercapnic stimuli in altitude on native altitude residents, *Federation Proc.* 28, 5: 1274-1279, 1969.

14. HECHT, H., KUIDA, H., LANGE, R.L., THORNE, J.L., BROWN, A.H. Brisket disease. II. Clinical features and hemodynamic observations in altitude dependent right heart failure of cattle. *Am. J. of Med.* V. 32 No. 6. p. 171. 1962.
15. HERNANDEZ, A. Comprobación de un síndrome ascítico de origen hipóxico (un tipo de "edema aviar") en Bogotá. *Rev. Acovez.* 3, 10: 12-44. 1980.
16. HERNANDEZ, A., Influencia de la altitud, la raza, el nivel energético de la ración y la temperatura en la presentación de la ascitis de origen hipóxico en pollos de engorde. *Rev. Fac. Med. Vet.* 10, 6: 8-10. 1982.
17. HERNANDEZ, A., Disminución en la incidencia de la ascitis aviar de origen hipóxico con el incremento de la temperatura en los galpones XIV Congreso Nal. de Med. Vet. y de Zoot. *Memorias.* p. 6 Cartagena. 1984.
18. HUNG, A., CUEVA, S., SILLAU, H. Observaciones sobre el peso de las porciones cardiacas y la hematología de la gallina de guinea en la altura y a nivel del mar. *Rev. Inv. Pec.* V. 2 No. 1., p. 49-55. 1973.
19. LAHIRI, S.F., KAO, F.F., VELASQUEZ, T., MARTINEZ, C., PEZZIE, W. Irreversible blunted respiratory sensitivity to hypoxia in high altitude natives. *J. of Phys.* 6, 12: 360-374. 1969.
20. MARIN, A. Estudio epidemiológico retrospectivo del edema aviar en Colombia. Trabajo de Grado. *Mag. Sci. Universidad Nacional de Colombia.* 1980.
21. MEJIA, G. Influencia del frío en la incidencia de la ascitis de origen hipóxico en pollos de engorde. Trabajo de grado. Médico Veterinario. Universidad Nacional de Colombia. 1982.
22. MILLER, G., ASHCROFT, M.T., SWAN, A. V., DEADNELL, S. G. Ethnic variation in forced expiratory volume and forced vital capacity of African and Indian adults in Guayana. *Am. Rev. Resp. Dis.* 102, 22: 978-981. 1970.
23. MOLINA, J. B., MEJIA, G. Evaluación de un aditivo vitamínico con agente preventivo del "edema aviar". *Rev. Acovez.* 6, 20: 36-42. 1982.
24. MONTALVO, C., AYON, M., SILLAU, A. H. Histología de las arteriolas pulmonares en aves a nivel del mar y en la altura (3.300 m.) En: Congreso Latinoamericano de Avicultura. *Anales Lima. IVITA.* p. 146-155. 1979.
25. OLANDER, H. J., BURTON, R. R., ADLER, H. E. The Pathophysiology of chronic hypoxia in chickens. *Avian Dis.* 11, 4: 609-620. 1967.
26. PIZARRO, B., SALAS, A., PAREDES, S. Mal de alturas en aves. Lima IVITA. *Cuarto Boletín Extraordinario.* p. 200. 1970.
27. PLOOG, H. P. Efecto de la altura en pollos broilers. *Ovanoticias.* '20, 8: 48-66. 1982.
28. RENGIFO, L. J. Poliserositis en pollos parrilleros (bolsa de agua). En: Congreso Latinoamericano de Avicultura. *Anales. IVITA.* p. 32-38. 1979.

29. SILLAU, A. H., CUEVA, S., VALENZUELA, A., CANDELA, E. O<sub>2</sub>. Transport in the alpaca (Llama Pacos) at sea level and at 330 m. *Respiration. Phys.* 27, 10: 147-155. 1976.
30. SILLAU, A., H., CUEVA, S., VALENZUELA., A. CANDELA. E. y AYON, M. Insuficiencia cardíaca congestiva en aves criadas en la altura (mal de altura) y su relación con la hipertensión arterial pulmonar por hipoxia. *Rev. de la Fac. de Med. Vet.* 45, 5: 150-168. 1978.
31. SMITH, P., ABBOTT, U.K. Adaptation of the domestic fowl to high altitude. *Poultry Sci.* 40, 35: 1459-1463. 1961.
32. SMITH, P., MOOSAVI, H., WINSON, M. HEATH, D. The influence of age and sex on the response of the right ventricle, pulmonary vasculature and carotid bodies to hypoxia in rats. *J. of Path.* 112, 20: 11-20. 1974.
33. SNEDECOR, G. W., COCHRAN, W. G. *Métodos estadísticos*, México, Continental. p. 800. 1977.
34. STEEL, R. G., D. TORRIE, J. H. *Principles and procedures of statistics with special reference to the biological sciences*. 3 ed. New York. McGraw-Hill, p. 600. 1981.
35. TUCHER, A., Mc MURTRY, I.F., ALEXANDER, A. F. REEVES, J. T., GROVER R. F. Lung mast cell density and distribution in chronically hypoxic animals. *J. Appl. Phys.* 42, 2: 174-178. 1978.
36. USECHE, J., HERNANDEZ, A., HERRAN, W. Morfometría cardiopulmonar en pollos de engorde ascíticos, *Rev. Col. de: Cienc. Pec.* 3, 4: 213-224. 1981.
37. VILLASEÑOR, J. A., RIVERA-CRUZ, E. ¿Qué está pasando con la ascitis? En: *Convención Anual de ANECA. Resúmenes*, México. ANECA. 1980.
38. WEIR, E. K., TUCKER, A., REEVES, J. T., WILL, D. H. GROVER, R. F. Genetic factors influencing pulmonary hypertension in cattle at high altitude. *Cardiovascular. Res.* 8: 745-749. 1974.