

## RESPUESTA HEMÁTICA Y CARDIACA EN AVES DE CORTE SOMETIDOS A RESTRICCIÓN ALIMENTICIA Y USO DE METAPROTERENOL PARA EL CONTROL DEL SÍNDROME ASCÍTICO, EN LA FUNDACIÓN LA PAZ - BOLIVIA

### Hematic and cardiac response in cut birds subject to food restriction and use of metaproterenol for the control of ascitic syndrome, in the La Paz foundation - Bolivia

Eddy Diego Gutiérrez Gonzales<sup>1</sup>; Gustavo Jiménez Viscarra<sup>2</sup>; Mario Wilfredo Peñafiel Rodríguez<sup>3</sup>

#### RESUMEN

Por su ubicación geográfica Bolivia; presenta el síndrome ascítico con altas tasas de mortalidad, el objetivo del estudio fue evaluar la respuesta hemática y cardíaca de pollos sometidos a restricción alimenticia y aplicación de broncodilatador para el control del síndrome ascítico en ambos sexos. Se utilizó 768 pollos BB (Línea Ross 308), se estudiaron el efecto sexo, restricción alimenticia (T1=0, T2=2, T3=4 y T4=6 horas) y uso broncodilatador (Metaproterenol) (T1=0.000, T2=0.071; T3=0.107 y T4=0.143 ml.) siendo el grupo control T1. El trabajo se dividió en tres periodos: Primero (7 a 21 días), utilizó DCA, con arreglos bi factorial, sexo y restricción con 24 pollos por UE. El segundo y tercer (22 a 49 día) incluyó factor broncodilatador, los tratamientos se dividieron a seis aves por UE, total 126 unidades. Para variables hemáticas se seleccionaron pollos por sexo y tratamiento a los 20, 34 y 48 días, pesaron y se sacaron muestras de sangre y sacrificadas para variables cardíacas. Los machos mostraron mayor respuesta, en las variables estudiadas; las hemáticas evidencian que la restricción alimenticia diaria eleva niveles de hematocrito en sangre, donde (T4) 6 horas de restricción (39 % Ht). En relación del índice ventricular derecho e índice cardíaco, restricción alimenticia el (T4) disminuye el crecimiento del ventrículo derecho (19.07 %) peso 0.095 g en relación al testigo (27.38 % y peso 0.115 g) en la etapa inicial (7 a 21 días). El efecto favorable en la concentración de hematocrito con broncodilatador; el (T4) 0.143 ml a partir del día 35, eleva los niveles de hematocrito en sangre día 49; con 41.3 % de Ht. El uso del broncodilatador, redujo la hipertrofia cardíaca con respecto al testigo, el mejor reporte fue (T4) 0.143 ml, con 23.56 g; en contra del T1 con 3.24 g, a los 34 días de edad. Se redujo el crecimiento ventricular derecho, con relación al índice corporal; (T4) con 0.143 ml, en un 22.8 % con respecto al índice corporal 0.078 g.

**Palabras clave:** Síndrome ascítico, hemática, cardíaca, Metaproterenol.

#### ABSTRACT

Due to its geographical location Bolivia; presents the ascitic syndrome with high mortality rates, the objective of the study was to evaluate the hematic and cardiac response of chickens subjected to food restriction and application of bronchodilator for the control of ascitic syndrome in both sexes. It was used 768 chickens BB (Ross Line 308), it was studied the sex effect, feeding restriction (T1=0, T2=2, T3=4 and T4=6 hours) and bronchodilator use (Metaproterenol) (T1=0.000, T2=0.071; T3=0.107 and T4=0.143 ml.) being the control group T1. The work was divided into three periods: First (7 to 21 days), used DCA, with bi-factorial arrangements, sex and restriction with 24 chickens per EU. The second and third (22 to 49 days) included bronchodilator factor, treatments were divided to six birds per EU, total 126 units. For hematic variables, chickens were selected by sex and treatment at 20, 34 and 48 days, they were weighed and blood samples were taken and sacrificed for cardiac variables. Males showed greater response, in the studied variables; hematics evidences that daily feeding restriction elevates hematocrit levels in blood, where (T4) 6 hours of restriction (39% Ht). In relation to the right ventricular index and cardiac index, dietary restriction on (T4) decreases the growth of the right ventricle (19.07 %) weight 0.095 g in relation to the control (27.38 % and weight 0.115 g) in the initial stage (7 to 21 days). The favorable effect on hematocrit concentration with bronchodilator; the (T4) 0.143 ml from day 35, raises blood hematocrit levels day 49; with 41.3 % of Ht. The use of bronchodilator reduced cardiac hypertrophy with respect to the control, the best report was (T4) 0.143 ml, with 23.56 g; against T1 with 3.24 g, at 34 days of age. Right ventricular growth was reduced in relation to the body index; (T4) with 0.143 ml, by 22.8 % in relation to the body index 0.078 g.

**Keywords:** Ascitic syndrome, hematic, cardiac, Metaproterenol.

<sup>1</sup> Candidato a M.Sc., Facultad de Agronomía, Unidad de Investigación, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. edgutierrez@umsa.bo

<sup>2</sup> Coordinador de Investigaciones, Centro Investigación y Extensión en Monogástricos, Bolivia. gustavo\_rjv@outlook.com

<sup>3</sup> Docente, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. mwpeñafiel@umsa.bo

## INTRODUCCIÓN

La incidencia del síndrome ascítico en la actualidad ha sido reportada en varios países de América Latina. Para Bolivia, por su ubicación geográfica, en especial en lugares ubicados por encima de los 2 600 m s.n.m.; el clima, las prácticas de manejo y otros factores, son aspectos que favorecen su aparición, resultando en un problema que genera grandes pérdidas económicas para la avicultura de corte (Rodríguez, 2014).

El síndrome ascítico en parvadas de pollo de engorda en el país ha estado aumentando a un ritmo alarmante, además de que este estado se ha convertido en una de las principales causas de mortalidad y pérdidas de canales. Por otra parte, se calcula que de los 40 mil millones de pollo de engorda que anualmente se producen en el mundo, el 5 % de éstos, así como el 20 % de los pollos parrilleros (broilers) mueren por ascitis (Gutiérrez, 2015).

El nivel energético de la ración tiene influencia en el aumento de la incidencia de la mortalidad por hipertensión pulmonar. Según Julian y Gioryio (2008), este podría inducir hipoxemia que incrementaría la eritropoyesis y por tanto, la viscosidad de la sangre sería un factor causante de hipertensión pulmonar. En un estudio reciente se encontró que el salbutamol, un broncodilatador del tipo de los agonistas reduce la mortalidad por síndrome ascítico porque puede causar relajación del músculo liso bronquial y por tanto reducir la hipertensión pulmonar. El Metaproterenol, es otro broncodilatador que puede prevenir la hipertensión pulmonar y evitar la hipertrofia cardíaca derecha, éste actúa relajando los músculos de las vías respiratorias para mejorar la respiración, se usa para tratar condiciones de bronquitis y enfisema (Gonzales et al., 2000).

Las características geográficas de la provincia Murillo del departamento de La Paz coadyuvan a que el síndrome Ascítico sea una de las principales limitantes para maximizar la producción avícola. Por tanto, el presente trabajo de investigación tiene como objetivos determinar la respuesta hemática en las muestras de sangre y las variables cardíacas al momento del sacrificio, a diferentes edades (20, 34 y 48 días) de desarrollo del ave de corte (Ross 308), sometidos al uso de broncodilatador (Metaproterenol) por sexo para prevenir los cambios en las variables sanguíneas y cardíacas; y establecer si existen correlaciones entre estas variables estudiadas y si el uso de estos factores

tienen un efecto beneficioso para el control de este problema.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación de la zona de estudio

El presente estudio se realizó en predios de la Fundación La Paz, en instalaciones del Centro de Producción y Asistencia Técnica dependiente de FONAVIS, ubicada en la zona de Kupini, provincia Murillo del departamento de La Paz. Dichas instalaciones se encuentran a una altura aproximada de 3 445 m s.n.m., este municipio se encuentra ubicada entre los paralelos 16° 32' 04" de latitud sur y 68° 03' 44" de longitud oeste (SENAMHI, 2018).

### Metodología

El presente estudio se realizó con 768 pollitos BB parrillero de la línea Ross 308 de un día de edad, de los cuales 384 fueron machos y 384 hembras provenientes de la avícola San Julián del departamento de Santa Cruz.

#### *Etapa pre inicial*

Se reguló la temperatura a 26 °C del área de confinamiento con 12 horas de anticipación a la llegada de los pollitos BB, e inmediatamente se realizó el primer pesaje de la totalidad, para luego distribuir de forma homogénea en el redondel de crianza. Los pollitos BB fueron criados cumpliendo sus requerimientos nutricionales, ambientales (temperatura, ventilación), de iluminación, densidad de población, sanitarios y otros. Del primer al séptimo día de edad, se criaron en un redondel de 3 m de diámetro para facilitar el acceso a la fuente de calor, agua (ad libitum) con la adición de vitaminas A, D, E durante los primeros siete días de vida.

#### *Inicio de la etapa experimental*

Para esta etapa, se utilizaron variables que accedan a medir con precisión el efecto del uso del broncodilatador con restricción alimenticia en ambos sexos. A partir del día siete de vida se implementó el programa de restricción alimenticia, donde se redujo la disposición de alimento en tiempo a los pollos en 0, 2, 4 y 6 horas por día, hasta los 49 días de edad. Para la segunda etapa, se realizó el cambio de alimento iniciador a crecimiento ya que para esta etapa del

experimento los factores de estudio fueron: sexo, restricción y broncodilatador (a partir día 20) cuatro concentraciones diferentes 0.000; 0.071; 0.107 y 0.143 ml de Metaproterenol. En la tercera el alimento fue cambiado a dieta de finalización se continuó con la restricción alimenticia y la aplicación del broncodilatador.

#### Diseño experimental

El trabajo se dividió en tres periodos: para el primer periodo (día 7 al 20), se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), con arreglos factoriales (2 factores), donde: factor A sexo y el factor B restricción alimenticia (Calzada, 2012). Para el

Para el segundo y tercer periodo, el diseño planteado fue:

$$Yijkl = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)ij + \varphi_k + (\alpha\varphi)ik + (\beta\varphi)jk + (\alpha\beta\varphi)ijk + \varepsilon_{ijkl} \quad (2)$$

Dónde:  $Yijkl$  = valor del  $i$ -ésimo pollo del  $k$ -ésimo nivel de broncodilatador, sometido al  $j$ -ésimo nivel de restricción en el  $i$ -ésimo sexo;  $\mu$  = media general del experimento;  $\alpha_i$  = efecto del  $i$ -ésimo sexo;  $\beta_j$  = efecto del  $j$ -ésimo nivel de restricción de alimento;  $(\alpha\beta)ij$  = efecto de interacción sexo  $\times$  restricción;  $\varphi_k$  = efecto del  $k$ -ésimo nivel de Metaproterenol;  $(\alpha\varphi)ik$  = efecto de interacción sexo  $\times$  Metaproterenol;  $(\beta\varphi)jk$  = efecto de interacción restricción  $\times$  Metaproterenol;  $(\alpha\beta\varphi)ijk$  = efecto de interacción sexo  $\times$  restricción  $\times$  Metaproterenol;  $\varepsilon_{ijkl}$  = error experimental del  $i$ -ésimo pollo en el  $k$ -ésimo nivel de Metaproterenol para el  $j$ -ésimo nivel de restricción de alimento en el  $i$ -ésimo sexo.

#### Unidad experimental

Para el primer periodo, el trabajo de investigación contó con 32 unidades experimentales; dos tratamientos testigo y 6 factoriales, con 24 aves por unidad experimental. En total se conformaron ocho tratamientos y cuatro repeticiones por tratamiento.

Para el segundo y tercer periodo, el trabajo contó con 128 unidades experimentales; dos tratamientos testigo y 30 factoriales (cada uno representado por seis aves). Se conformaron en total 32 tratamientos y cuatro repeticiones por tratamiento. En la misma el alimento fue cambiado a dieta de finalización Los tratamientos recibieron alimento comercial en las cuatro etapas: pre-inicio de 1 a 7 días (22 % peso corporal); inicio de 8 a 14 días (21 % peso corporal); crecimiento de 15 a 35 días y finalización de 36 a 56 días (19.5 % peso

segundo periodo (día 21 al 35) y tercer (día 36 al 49) se incluyó un tercer factor C, broncodilatador (Metaproterenol).

Para el primer periodo, el diseño planteado fue:

$$Yijk = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)ij + \varepsilon_{ijk} \quad (1)$$

Dónde:  $Yijk$  = valor del  $k$ -ésimo pollo del  $j$ -ésimo nivel de restricción en el  $i$ -ésimo sexo;  $\mu$  = media general del experimento;  $\alpha_i$  = efecto del  $i$ -ésimo sexo;  $\beta_j$  = efecto del  $j$ -ésimo nivel de restricción de alimento;  $(\alpha\beta)ij$  = efecto de interacción sexo  $\times$  restricción;  $\varepsilon_{ijk}$  = error experimental del  $k$ -ésimo pollo del  $j$ -ésimo nivel de restricción de alimento en el  $i$ -ésimo sexo.

corporal). El manejo general fue similar para todos los pollos y el agua de bebida se ofreció ad libitum.

Los tratamientos en el primer periodo se fraccionaron en cuatro partes para el segundo y tercer periodo, de esta manera se logró cubrir los niveles planteados del tercer factor.

Tabla 1. Factores de estudio.

Factor 1 sexo	Factor 2 restricción (horas)	Factor 3 Metaproterenol (ml)
a1 = macho	b1 = 0.00	c1 = 0.000
a2 = hembra	b2 = 2.00	c2 = 0.071
	b3 = 4.00	c3 = 0.107
	b4 = 6.00	c4 = 0.143

El análisis estadístico se llevó a cabo para un diseño completamente aleatorizado a través de un análisis de la variancia y comparaciones de medias utilizando la opción programa general lineal Model del sistema estadístico SAS (Ver. 19). 2018. Donde las variables evaluadas fueron porcentaje de hematocrito o volumen del paquete celular, concentración de hemoglobina, índice de hipertrofia cardiaca derecha, índice ventricular derecho corporal, índice cardiaco corporal y mortalidad.

#### Dosificación del broncodilatador

La aplicación del broncodilatador (Metaproterenol) se dispuso en el agua de bebida, la dosis correspondiente a cada tratamiento consistió en dar cuatro concentraciones diferentes (0.000; 0.071; 0.107 y 0.143 ml), el mismo fue disuelto en 470 ml, dato que

corresponde al consumo diario de agua por ave. El broncodilatador fue suministrado durante cuatro semanas, a partir de los 20 días de vida hasta el día 49, es decir, durante el segundo y tercer periodo del estudio.

#### *Toma de muestras de sangre (hemáticas)*

Las muestras de sangre fueron tomadas previa elección de las aves al azar, de un total de seis aves. Las muestras se realizaron a los 20, 34 y 48 días de edad, extrayendo una muestra de la vena del ala (1.5 ml) para cuantificar el hematocrito por centrifugación y la hemoglobina (Acar et al., 2003).

#### *Toma de muestras cardíacas (fisiológicas)*

Se muestrearon seis aves en cada etapa de desarrollo, las cuales fueron sacrificadas para extraer el corazón y pesar los ventrículos en una balanza de precisión 0.001 g; de esta manera estimar la hipertrofia del corazón, peso del ventrículo derecho y peso total. Las muestras fueron tomadas en horas de la mañana donde las aves aun no recibieron alimento alguno (ayuno).

Para obtener el porcentaje de hematocrito se utilizó el método del microhematocrito, con capilares de 1 mm con anticoagulante EDTA, posteriormente se centrifugo a 11 000 – 13 000 RPM durante 5 minutos. Cuando se centrifuga la sangre, la fracción forme que contiene los hematíes, se agrupa en el fondo del tubo y el plasma queda en forma de sobrenadante. El hematocrito es la relación existente entre el volumen ocupado por los hematíes y el ocupado por la sangre total.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Porcentaje de hematocrito

Los resultados obtenidos en el porcentaje de hematocritos presentes en la sangre de pollos se detallan en el Tabla 2. En el caso de sexo se observa que a las edades de 20 y 34 días las hembras presentaron mayor porcentaje de hematocritos tanto en los T2 y T3; caso contrario sucede a la edad de 48 días donde los machos presentaron altos porcentajes en el T4., esto debido al efecto fisiológico del desarrollo de masa muscular que provoca un incremento de las células globosas que se encuentran en la sangre.

Tabla 2. Porcentaje de hematocrito.

Factor	Nivel	Edad al sacrificio (días)		
		20	34	49
Sexo	Macho	37.8	39.0	40.9
	Hembra	39.0	40.1	37.2
Restricción (horas)	T <sub>1</sub> =0	39.7	39.8	37.8
	T <sub>2</sub> =2	37.1	39.3	40.3
	T <sub>3</sub> =4	36.4	39.0	40.2
	T <sub>4</sub> =6	36.0	39.0	40.4
Broncodilatador (ml)	T <sub>1</sub> =0.000	-	40.6	38.1
	T <sub>2</sub> =0.071	-	38.5	40.0
	T <sub>3</sub> =0.107	-	38.1	41.0
	T <sub>4</sub> =0.143	-	38.2	41.3

Se demuestra que la relación restricción de alimento y porcentaje de hematocritos desciende de manera progresiva en las edades de 20 y 34 días en los T3 y T4 en relación al T1, caso contrario ha ocurrido a los 48 días en la que se presenta incrementos en los porcentajes de hematocritos presentes en la sangre en los T2 y T4, los mismos generarían policitemia hasta ocasionar problemas pulmonares obstructivos en los pollos de engorde.

Similar comportamiento presenta con el uso del broncodilatador en la que se puede observar un descenso a la edad de 34 días y un incremento a la edad de 48 días en todos los tratamientos evaluados. En relación a los valores de hematocritos en aves parrilleras, Álvarez (2003) reporta niveles de 23 a 45 como normales, es así que los porcentajes hallados en el presente estudio muestran diferencias en distintos periodos de valoración resultando en los machos un 40.9 % y en hembras 37.2 % por efecto metabólico. Los valores encontrados en el estudio son superiores a los de Ocampo et al. (2012) quienes obtuvieron 29.39 % a nivel del mar, este demuestra que a mayor altitud es alto el porcentaje de hematocritos en la sangre.

### Concentración de hemoglobina

La Tabla 3, muestra que las hembras presentaron mayor nivel de hemoglobina con relación a los machos a una edad de 20 y 34 días con un comportamiento muy similar, pero a los 48 días los machos incrementaron el nivel de hemoglobina en el torrente sanguíneo que permite oxigenar los órganos del sistema respiratorio hacia todas las regiones o tejidos del cuerpo del ave. Los niveles de hemoglobina se incrementaron a raíz de la restricción del alimento en las edades de 34 y 48 días en los T2 y T4 y en menor proporción a los 20 días en el T3 siendo el T1 de mayor estimación.

Según Gonzales et al. (2000), los niveles normales de hemoglobina hallados en aves criadas a nivel de mar oscilan entre 7.0 a 18.8 g dl<sup>-1</sup>, por tanto, valores del presente estudio muestran estar dentro del rango con leves diferencias por sexo a diferentes periodos de control.

Tabla 3. Niveles de hemoglobina.

Factor	Nivel	Edad al sacrificio (días)		
		20	34	48
Sexo	Macho	10.9	10.8	10.8
	Hembra	10.9	11.8	9.8
Restricción (horas)	T <sub>1</sub> =0	11.4	11.5	10.2
	T <sub>2</sub> =2	10.6	11.3	10.5
	T <sub>3</sub> =4	10.3	10.9	10.4
	T <sub>4</sub> =6	10.3	10.7	10.6
Broncodilatador (ml)	T <sub>1</sub> =0.000	-	11.5	10.2
	T <sub>2</sub> =0.071	-	11.1	10.4
	T <sub>3</sub> =0.107	-	11.1	10.3
	T <sub>4</sub> =0.143	-	10.8	10.2

La inclusión del broncodilatador ofrece como resultado un incremento en los niveles de hemoglobina mostrando que sin el suministro de este el nivel de hemoglobina fue menor en los diferentes tratamientos. Todo esto se ve relacionado con la capacidad de transporte de oxígeno en la sangre y el incremento en los niveles de hemoglobina está correlacionado con la restricción del alimento que aparentemente mejora la oxigenación en la sangre. Esto concuerda con trabajos realizados por Tapia y Olga (2012); Ocampo et al. (2012) quienes obtuvieron valores de 10.86 g 100ml<sup>-1</sup> y 10.92 g dl<sup>-1</sup> en los niveles de hemoglobina respectivamente, datos similares al presente estudio.

### Índice de hipertrofia cardiaca derecha

En relación al sexo los machos a una edad de 20 días tuvieron menor índice en relación a hembras, caso contrario para 34 y 48 días donde los machos tuvieron mayores índices que las hembras por el desarrollo fisiológico. El mayor índice de hipertrofia cardiaca de los machos se debe a un incremento del consumo de alimento que conlleva a una mayor demanda de oxígeno por el gasto energético.

El incremento en el índice de hipertrofia cardiaca derecha muestra el estrés al que está sometido el corazón que cuando el índice de hipertrofia cardiaca es elevado, mayor será la presión sobre el corazón. Este índice a la edad de 20 y 34 días, cuando son sometidos a diferentes horas de restricción del alimento disminuye a medida que el horario de dotación se

incrementa (T4 y T2), la situación es inversa a la edad de 48 días en el que el índice se incrementa en T4 en relación T1, debido al aumento del grosor del músculo cardiaco que conforma la pared ventricular que debe contraerse por tener alta presión arterial (Tabla 4).

Estudios realizados por Sánchez (2014) establecen que el índice cardiaco del ventrículo derecho es 22.17 a 26.58 %, en aves criadas a menos de 2 000 m de altura, estos se asemejan a los valores obtenidos en el presente estudio. Stuart (2009) anota valores de 27.00 % en hembras y 33.00 % en machos en aves criadas a 2 665 m de altura en México, por tanto, el uso de broncodilatador y restricción alimenticia muestran diferencias significativas. Acar et al. (2003), establece parámetros de 19.72 a 23.72 % en pollos de engorde sanos según el tiempo de permanencia y edad de exposición a hipoxia hiperbárica.

Tabla 4. Índice de hipertrofia cardiaca derecha.

Factor	Nivel	Edad al sacrificio (días)		
		20	34	48
Sexo	Macho	25.02	25.99	27.07
	Hembra	25.27	25.20	24.07
Restricción (horas)	T <sub>1</sub> =0	27.02	26.10	25.24
	T <sub>2</sub> =2	23.27	25.09	26.57
	T <sub>3</sub> =4	23.00	24.60	26.72
	T <sub>4</sub> =6	22.65	24.50	28.03
Broncodilatador (ml)	T <sub>1</sub> =0.000	-	26.80	25.82
	T <sub>2</sub> =0.071	-	24.40	25.99
	T <sub>3</sub> =0.107	-	23.91	26.84
	T <sub>4</sub> =0.143	-	23.56	27.60

En el caso del broncodilatador, Tabla 4 establece que a las edades de 34 días el índice de hipertrofia cardiaca derecha disminuye en T3 y T4, pero a la edad de 48 días este índice sufrió un incremento (T3 y T4) por el agrandamiento y engrosamiento de las paredes de la cavidad de bombeo del corazón. Entre las funciones biológicas del Metaprotenerol es útil como mejorador en el uso de oxígeno en tejido muscular. Mostrando así la relación existente entre el índice de hipertrofia cardiaca derecha y la restricción del alimento y la aplicación de un adrenérgico (broncodilatador), en la que a menor consumo de alimento y mayor dosis de broncodilatador menor será el estrés cardiaco esto como resultado de disminución de demanda de oxígeno presente.

### Índice ventricular derecho corporal

Los valores del índice ventricular derecho se describen en la Tabla 5, en el caso del sexo en las aves de estudio a la edad de 20 días las hembras presentaron mayor índice ventricular derecho que los machos, esta

situación cambia con la edad, es así que al día 34 los machos presentan un mayor índice, de la misma manera se muestra a los 48 días de edad donde los machos muestran el mismo comportamiento en relación a hembras difiriendo entre tratamientos. Se anota un ascenso en el número, a medida que la restricción alimenticia se incrementa en todos los casos en relación al testigo, es así, que a los 20 días de edad presentan un descenso a una restricción de 6 horas (T4), el comportamiento de este índice con restricción alimenticia a los 34 días de edad es ascendente y por último a los 48 días muestra un índice en el incremento del valor ventricular derecho corporal de 0.120 en T4.

Tabla 5. Índice ventricular derecho corporal.

Factor	Nivel	Edad al sacrificio (días)		
		20	34	48
Sexo	Macho	0.106	0.094	0.088
	Hembra	0.107	0.091	0.077
Restricción (horas)	T <sub>1</sub> =0	0.115	0.091	0.076
	T <sub>2</sub> =2	0.098	0.094	0.090
	T <sub>3</sub> =4	0.102	0.099	0.103
	T <sub>4</sub> =6	0.095	0.100	0.120
Broncodilatador (ml)	T <sub>1</sub> =0.000	-	0.099	0.080
	T <sub>2</sub> =0.071	-	0.086	0.085
	T <sub>3</sub> =0.107	-	0.078	0.089
	T <sub>4</sub> =0.143	-	0.078	0.092

Estudios realizados suplementando salbutamol (broncodilatador) por Gonzales et al. (2000) reportaron valores de 0.115 con alimentación ad libitum y 0.098 con alimentación restringida aplicando el medicamento a la edad de 34 días con 0.099 y 0.086 respectivamente y los 48 días los valores disminuyen en 0.080 y 0.085 con la misma forma de alimentación, siendo similares a los valores hallados en el presente trabajo.

La aplicación del broncodilatador, se inicia a los 34 días de edad y presenta un comportamiento descendente en el índice ventricular derecho corporal a medida que se incrementa la dosis de dicho producto en todos los tratamientos en relación al testigo (T1), contrariamente a una edad de 48 días donde el comportamiento de dicho índice es ascendente. Esto muestra que el broncodilatador ayuda al mejor funcionamiento del corazón, pero con el avance de la edad de los pollos el producto pierde su efectividad atribuida al desarrollo rápido del ave. Estos datos muestran que la restricción de alimento y el uso del broncodilatador ayudan a disminuir el estrés cardiaco en aves criadas en altura. Registros de índice

ventricular derecho corporal establecidos por Lázaro et al. (2013) aplicando Metronidazol 0.1 % sometidos a 3 320 m de altura en pollos broiler alcanzaron 0.074 ± 0.042 valor inferior al obtenido al presente trabajo estas diferencias se deben a efectos de altura y líneas de pollos que fueron evaluadas.

### Índice cardiaco corporal

Tabla 6 anota que el índice cardiaco relacionado al sexo de los machos a la edad de 20 días es menor en relación a las hembras, pero a la edad de 34 días los índices cardiacos corporales son similares y por último a los 48 días los machos son los que presentan mayores índices cardiacos que las hembras. En relación a alimentación restringida este va en aumento en todos los tratamientos en relación al testigo, a edades de 20, 34 y 48 días. La aplicación del broncodilatador (34 y 48 días) mostró una reducción del índice cardiaco a medida que la dosis se incrementó para los T4 y T3 en ambos periodos de evaluación. Demostrando que mejora el transporte de oxígeno (hemoglobina) por tanto ayuda a minimizar el bombeo del corazón.

Tabla 6. Índice cardiaco corporal.

Factor	Nivel	Edad al sacrificio (días)		
		20	34	48
Sexo	Macho	0.421	0.357	0.320
	Hembra	0.429	0.357	0.311
Restricción (horas)	T <sub>1</sub> =0	0.420	0.341	0.230
	T <sub>2</sub> =2	0.423	0.373	0.333
	T <sub>3</sub> =4	0.432	0.386	0.345
	T <sub>4</sub> =6	0.498	0.385	0.340
Broncodilatador (ml)	T <sub>1</sub> =0.000	-	0.359	0.320
	T <sub>2</sub> =0.071	-	0.350	0.331
	T <sub>3</sub> =0.107	-	0.340	0.336
	T <sub>4</sub> =0.143	-	0.342	0.341

Gonzales et al. (2000), reporta cifras de índice cardiaco corporal menor a 0.25 en aves de corte de la línea Cobb-Vantres a nivel del mar y en aves de la misma línea expuestas a 3 323 m de altura un valor de 0.31 sometidas a hipoxia hipobarica considerando las diferencias de zona los valores son similares a los obtenidos, donde la línea Ross 308 presentó un mejor comportamiento en zonas de altura, entonces elevados índices cardiacos corporales sugieren que el corazón está sometido a una mayor carga de trabajo. Estos datos son superiores a los hallados por Vázquez (2011), que trabajó a 2 638 m de altura, presentó índices cardiacos corporales de 0.2227; 0.2372 y 0.2414 tomadas a las edades de 17, 30 y 42 días

respectivamente, dando a entender que la altura tiene una influencia en el índice cardiaco corporal y que a mayor altitud más alto será este parámetro.

### Mortalidad

La mortalidad expresada en la Tabla 7, muestra que la combinación de factores sexo por broncodilatador, al someter sustancialmente a los pollos a diferentes niveles del fármaco que relajan el músculo liso bronquial (broncodilatador), permite reducir el índice de mortalidad por síndrome ascítico. Si bien los análisis de significancia arrojaron resultados con diferencia significativa, la prueba Duncan muestra que estas diferencias no son de relevancia para dicha variable. Sin embargo, los porcentajes de mortalidad que fueron encontrados en el estudio están dentro el rango de aceptabilidad.

Tabla 7. Efecto del sexo broncodilatador para mortalidad (%) (22 a 35 días).

Factor	Nivel	Sexo (%)	
		Macho	Hembra
Broncodilatador (ml)	T <sub>1</sub> =0.000	0.29a	0.43a
	T <sub>2</sub> =0.071	0.57a	0.58a
	T <sub>3</sub> =0.107	0.57a	0.38a
	T <sub>4</sub> =0.143	0.56a	0.59a

### CONCLUSIONES

Los niveles de hematocrito, presentaron incremento para el segundo periodo (21 a 35 días), demostrando que la restricción de alimento al margen del tiempo tiene un efecto en la concentración de hemáties disminuyendo problemas de ascitis. Las variables hemáticas evidencian que una restricción alimenticia diaria eleva los niveles de hematocrito en sangre, donde el mejor resultado alcanzó en T4 con 6 horas de restricción (39 % hematocrito), el mismo que favorece el desarrollo metabólico de las aves y por consiguiente reduce la mortalidad. El incremento en los niveles de hematocrito se ve favorecida por la reducción de la disponibilidad de alimento del ave de corte, mejora el nivel de oxigenación a través de la presión parcial en la sangre y causa un menor gasto cardiaco.

Para las variables cardiacas la restricción de alimento, generó resultados positivos en cuanto a la hipertrofia cardiaca; se redujo el efecto para la etapa inicial y de crecimiento, pero no así para la etapa de finalización donde se mostró un incremento, en el T4 con 6 horas de restricción donde existe un menor incremento en la hipertrofia cardiaca en 4.37 y 1.60 g respectivamente.

El índice ventricular derecho e índice cardiaco, con restricción alimenticia T4 disminuyó el crecimiento del ventrículo derecho (19.07 %) logrando pesar 0.095 g en relación a T1 (27.38 % con un peso de 0.115 g) en la etapa inicial (7 a 21 días).

La concentración de hemoglobina no presentó relación directa con el porcentaje de hematocrito presente en la sangre, por tanto, los resultados para la concentración de hemoglobina, no se ven afectados por los factores estudiados. Se registró un efecto favorable en la concentración de hematocrito con la aplicación de broncodilatador (Metaproterenol); al someter a las aves a 0.143 ml (T4) a partir del día de vida 35, eleva los niveles de hematocrito en sangre hasta el día 49; consiguiendo obtener al final un 41.3 en el porcentaje de hematocrito, reduciendo la mortalidad debido a una mejor oxigenación.

El uso del broncodilatador (Metaproterenol) en general, redujo la hipertrofia cardiaca con respecto a T1 testigo, sin embargo, el mejor reporte fue de 0.143 ml (T4) de broncodilatador con 23.56 g; en contra del T1 con 3.24 g, a los 34 días de edad. El crecimiento ventricular derecho con relación al índice corporal; mostró que el nivel de 0.143 ml (T4) de broncodilatador se acomoda mejor, obteniendo un 22.8 % con respecto al índice corporal, este valor representa a 0.078 g. por tanto es el más recomendable. Las mortalidades registradas tienen un suceso mayor en pollos machos en relación a hembras (0.78 %), se debe a que genéticamente los machos fueron seleccionados para obtener mayor ganancia de peso, por tanto, presentan mayor conversión alimenticia y son propensos al Síndrome Ascítico.

### BIBLIOGRAFÍA

- Acár, RL; Wideman, RF; Cowan, BS. 2003. Changes in pulmonary arterial and femoral arterial blood pressure upon acute exposure to hypobaric hypoxia in broiler chickens. *Poult. Sci.* New York, EE.UU. 715 p.
- Álvarez, MA. 2003. Hemoglobina, hematocrito y somatometría de recién nacidos en altura y a nivel del mar. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú. 45p.
- Calzada, B. 2012. Método estadístico para la investigación. Editorial jurídica Lima, 4ta edición. Lima, Perú. 643 p.
- Gutiérrez, ED. 2015. Zootecnia aplicada. Primera edición, PREVIEW Grafica, La Paz, Bolivia. 200 p.

- González, M; Suarez, ME; Próne, A; López, C. 2000. Restricción alimenticia y salbutamol en el control del síndrome ascítico en pollos de engorda: 2 Respuesta hematológica y cardíaca. *Agro ciencia*. No 34, Chapingo, México. 301 p.
- Julian, RJ; Gioryio, J. 2008. Cardiovascular disease. *Poultry Diseases*, 4th ed. F.T.W. Jordan and M. Pattison, eds. London, Baillière Tindall, 343-374p
- Lázaro, CA; Angulo, P; Aramayo, M; Hoyos, LA. 2013. Efecto del metronidazol en pollos de carne con síndrome ascítico. *Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Revista Salud Animal* 35(1): 45-51 p.
- Ocampo, J; Vásquez, M; Cueva, S; Ayón, M; Lira, B; Rodríguez, J; Falcón, N. 2012. Valores eritrocitos, presión arterial pulmonar y peso del ventrículo derecho en pollos parrilleros de dos líneas comerciales bajo crianza intensiva a nivel del mar. *Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Mayor de San Marcos Lima. Revista Investigación Veterinaria Perú* 23(4): 406-413 p.
- Rodríguez, A. 2014. Impacto económico del síndrome ascítico en Colombia. *Avances en la investigación sobre el síndrome ascítico. Memorias Universidad Nacional, Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*. Bogotá, Colombia. 235 p. Consultado 15 ene. 2020. Disponible en [http://www.sierradebaza.org/Fichas\\_fauna/04\\_11\\_aves/aves.htm.pdf](http://www.sierradebaza.org/Fichas_fauna/04_11_aves/aves.htm.pdf).
- Sánchez, A. 2014. Generalidades de la ascitis aviar. *Manual Merk de Veterinaria (en línea)*. Madrid, España. PT 23. 121 p. Consultado 8 mar. 2020. Disponible en [http://www.ecured.cu/index.php/Ascitis\\_en\\_pollos.pdf](http://www.ecured.cu/index.php/Ascitis_en_pollos.pdf).
- SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, Bolivia) 2018. *Boletín informativo No 35*. La Paz, Bolivia 21 p.
- Stuart, JC. 2009. Síndrome de ascitis – muerte súbita – neumonía. *Universidad Autónoma de Barcelona*. Barcelona, España. 65 p.
- Tapia, S; Olga, N. 2012. Identificación de un factor de corrección para Hematocrito y Hemoglobina, realizado entre un Método Automatizado y un Método Manual. *Universidad Técnica de Ambato*. Ambato, Ecuador. 120 p.
- Vásquez, M. 2011. Rol del óxido nítrico en la hipertrofia arteriolar pulmonar y ventricular cardíaca derecha en pollos a nivel del mar y expuestos a hipoxia de la altura. *Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos*. Lima, Perú. *Revista de Investigación Veterinaria* 23(1). 91-112.

Artículo recibido en: 31 de agosto 2020

Aceptado en: 03 de diciembre 2020