

Fig. 11.1: Interpretación de los resultados y factores de variación.

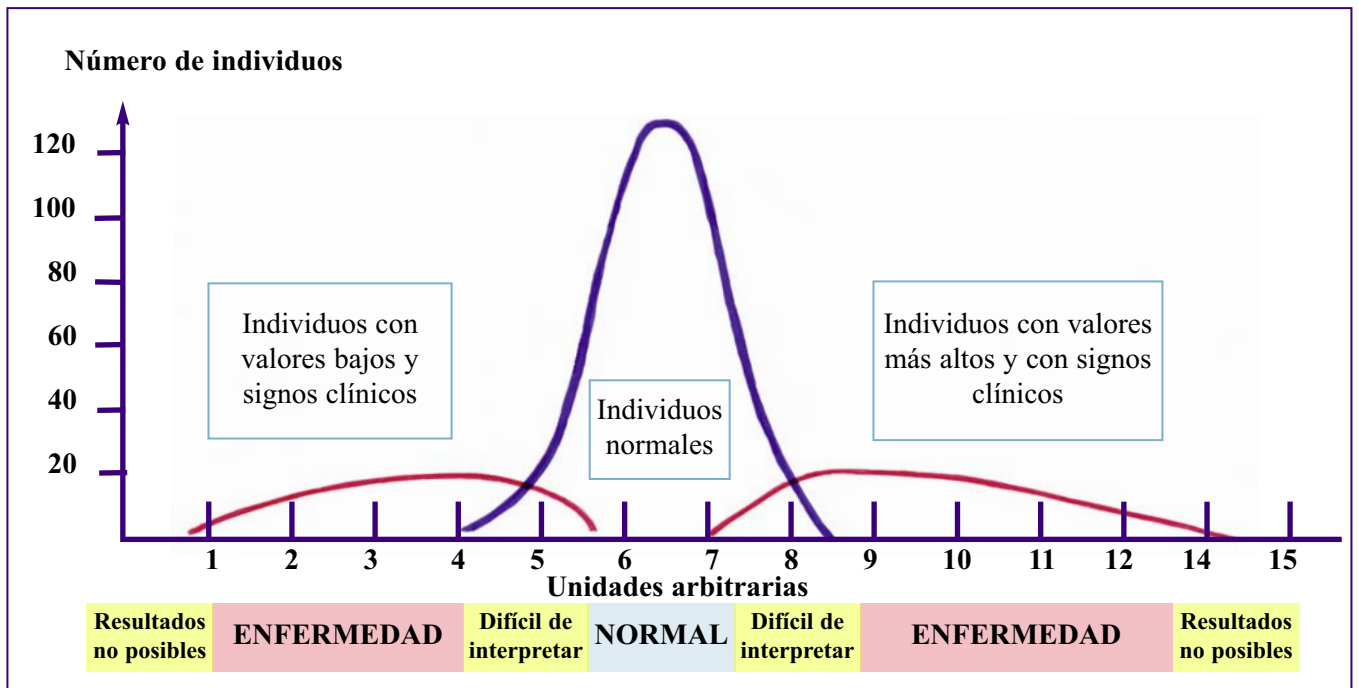


Fig.11.2: Representación gráfica de la distribución de resultados de los parámetros sanguíneos.

# 11. BIOQUÍMICA SANGUÍNEA DE LAS AVES

## INTRODUCCIÓN

En Medicina Aviar, la bioquímica sanguínea es frecuentemente usada para conocer el estado metabólico, así como, para hacer el diagnóstico de enfermedades metabólicas de las aves. Las muestras de sangre deben ser enviadas a un laboratorio de patología clínica veterinaria, con el objeto de conocer y valorar los parámetros y valores sanguíneos asociados al estado metabólico de los individuos. La interpretación de los resultados implica conocer y hacer uso de los valores de referencia. El principio fundamental que sostiene la bioquímica clínica veterinaria es que cualquier desorden patológico se inicia con variaciones en los valores de los parámetros de la química sanguínea. Estas variaciones hacia arriba o hacia debajo de los valores conocidos, pueden ser usadas como indicadores del funcionamiento y del balance metabólico, de la integridad celular y del estado nutricional del individuo.

## CAMBIOS DE LOS PARÁMETROS DE LA BIOQUÍMICA SANGUÍNEA

Las variaciones pre-analíticas pueden ser reducidas o disminuidas colectando adecuadamente las muestras de sangre y si fuera necesario, cambiando el tipo de anticoagulante (el litio de heparina es preferida para el análisis de electrolitos). La muestra debe ser transportada rápidamente (máximo dos horas) al laboratorio de diagnóstico y ser almacenada a 4 grados centígrados o centrifugada para obtener el suero o plasma. El potasio varía considerablemente en 40 minutos en los pollos y en 20 minutos en las palomas.

Las variaciones en los valores pueden ser controladas enviando sistemáticamente las muestras al mismo laboratorio o empleando métodos de diagnóstico diseñados y fabricados para ser usados por los veterinarios clínicos en el campo.

En la actualidad muchos veterinarios clínicos emplean sistemas diagnósticos portátiles, con el propósito de reducir la variación pre-analítica, ya que estos sistemas ofrecen la ventaja de obtener resultados estando aun dentro de la granja misma.

Las variaciones biológicas son muy difíciles de identificar en un individuo en especial, lo cual significa que es difícil determinar los valores normales, sin embargo, los valores sanguíneos de referencia pueden ser establecidos para una población específica. La interpretación de los parámetros de los valores sanguíneos implica tener un buen conocimiento de los procedimientos de muestreo y de análisis de la

muestra. Esto implica igualmente tener previamente valores de referencia para determinar la condición de normalidad de cada parámetro. El cuadro 11.1 muestra varios elementos para interpretar correctamente los resultados del laboratorio.

En general las aves de engorda tienen valores normales más altos para enzimas asociadas a las células musculares, tales como creatinina quinasa (CK), aspartato aminotransferasa (AST) y alanina aminotransferasa (ALT). Las diferencias debidas a la edad, son también importantes, especialmente cuando las aves van siendo de mayor edad y su volumen pulmonar en relación al peso corporal disminuye y por lo tanto, el valor del pCO<sub>2</sub> tiende a aumentar. La proteína total aumenta y los niveles de globulina aumentan conforme el sistema inmune del ave va madurando.

Varios métodos han sido diseñados para establecer, controlar y reducir los riesgos de error durante la secuencia de los análisis. El uso de un suero control y de soluciones estándar combina una serie de técnicas diferentes, con el objeto de valorar con precisión y exactitud los valores obtenidos.

## MUESTREO & ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS SANGUÍNEOS EN AVES

Un pollo de 32 días de edad pesando 1,800 gramos tiene un volumen de sangre de aproximadamente 120 mL y un pollo adulto tiene 65 mL por kg de peso corporal, mientras que un pavo adulto posee un volumen de sangre de 70 mL por kg. de peso corporal.

En pollos, las muestras de sangre se pueden tomar por medio de una punción intracardiaca, antes de proceder a sacrificarlos con una aguja de 20G por 50 mm. La toma de sangre de 5 mL se deposita en un tubo sin anticoagulante para su estudio bioquímico. En gallinas ponedoras, la toma de sangre se puede hacer a partir de la vena del ala con una aguja de 21G por 37.5 mm. La sangre se centrifuga a 3,000 revoluciones por minuto durante 10 minutos, una hora después de haberse tomada la sangre y se conserva en refrigeración a 4 grados centígrados hasta su estudio.

Para la mayoría de los parámetros de química sanguínea hechos en un laboratorio, el principio general de dosificación es el mismo, mezclar una muestra biológica con un reactivo tan específico como sea posible, para el parámetro individual a ser determinado. Esta interacción «parámetro-reactivo», da

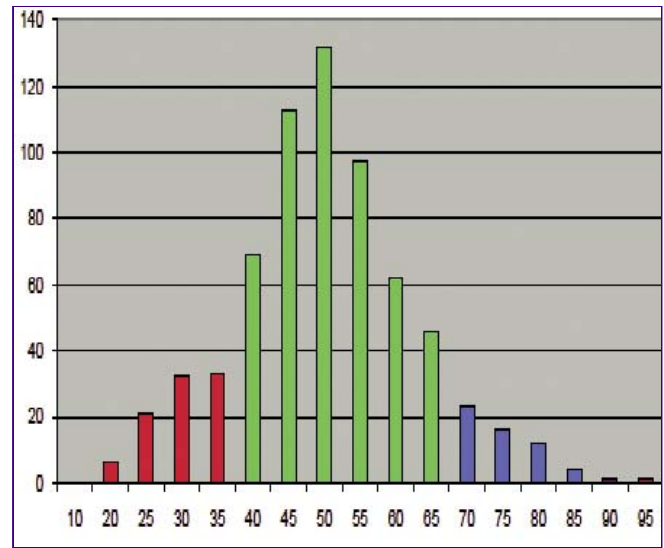
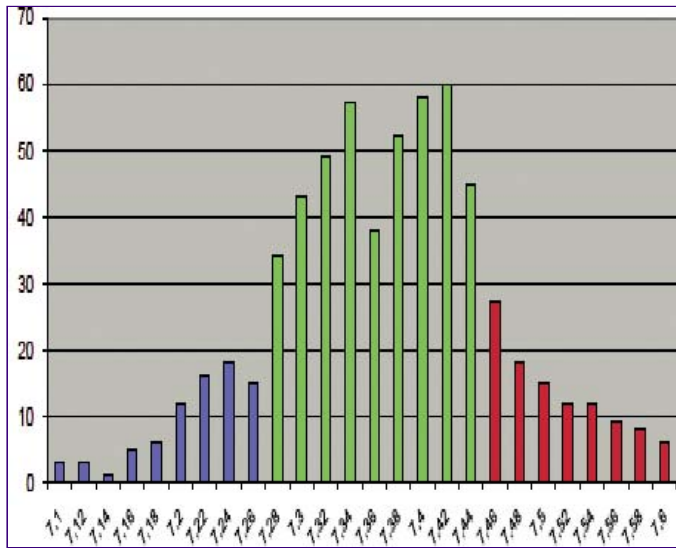


Fig.11.3: El pH de la sangre representa la cantidad de H<sup>+</sup> en la sangre y es controlado por el pCO<sub>2</sub> y el HCO<sub>3</sub>. Su rango es muy estrecho dentro de la función celular normal, el cual va de 7,35 a 7,45 en los seres humanos. En pollos de engorda el rango va de 7,28 a 7,45.

Fig.11.4: Distribución del PvCO<sub>2</sub> en pollos.

	pH normal (Homeostasis)	Acidosis Metabólica	Acidosis Respiratoria	Alcalosis Metabólica	Alcalosis Respiratoria
<b>pH</b>	7,28-7,44	↓	↓	↑	↑
<b>pCO<sub>2</sub></b>	40-65	↓	↑	↑	↓
<b>HCO<sub>3</sub></b>	24-33	↓	↑	↑	↓
<b>Correlación entre el pCO<sub>2</sub> y el HCO<sub>3</sub></b>					
<b>Ejemplos</b>		Diarrea Acidosis Láctica Cloruro de amonio Exceso de aminoácidos HCl Colina HCl	Enfermedad respiratoria Parálisis del diafragma Distrofia muscular Encefalitis Bronquitis	Diuréticos Vómitos o regurgitación del alimento Hipocalcemia Hipomagnesemia Bicarbonato de sodio Abuso de laxantes Hipocloremia Alto contenido de soya en la dieta	Estrés calórico Fiebre Dolor Altura Anemia severa Falla hepática

Tabla.11.1: Desórdenes Ácido-Básico. Correlación entre el pCO<sub>2</sub> y el HCO<sub>3</sub> en aves con acidosis en color azul (pH<7,29), en aves con alcalosis en rojo (pH>7,45) y aves con un pH normal en verde (pH entre 7,29 y 7,45).

directa o indirectamente un complejo de absorción cuya intensidad es medible. Esta absorción específica es proporcional a la concentración del parámetro a ser medido. Para ilustrar este principio, el método de determinación de proteína total con el reactivo Biuret, puede ser usado como ejemplo. La reacción de los iones cúpricos en la solución de Biuret con electrones libres de nitrógeno y de oxígeno procedentes de las ligaduras peptídicas de proteína forma un complejo de color violeta. Este principio es empleado para la dosificación de todos los parámetros con excepción de los electrolitos.

El aparato bioquímico analizador automático es empleado para medir los valores séricos, tales como, glucosa, colesterol total, triglicéridos, albúmina, proteína total, calcio, fósforo inorgánico, enzimas séricas [aspartato amino transferasa (AST), fosfatasa alcalina (ALP), CK, gamma glutamil transferasa (GGT), glutamato deshidrogenasa (GLDH) y lactato deshidrogenasa (LDH)], creatinina y ácido úrico. Otros parámetros sanguíneos como la relación Ca/P, globulina total, relación albúmina/globulina (Alb/Glob) y el intervalo aniónico.

Parámetros	Unidad	Intervalo de referencia
Glucosa	mmol/L	11,1 - 20,5
Proteína total	g/L	26,0 - 46,0
Albúmina	g/L	10,8 - 20,0
Globulinas totales	g/L	14,0 - 31,0
Alb/Glo		0,60 - 1,00
Calcio	mmol/L	1,80 - 3,00
Fósforo	mmol/L	1,50 - 2,90
Ca/P		0,70 - 1,80
Colesterol	mmol/L	2,90 - 4,50
Triglicéridos	mmol/L	0,35 - 1,85
Sodio	mmol/L	137,8 - 157
Cloruros	mmol/L	98,5 - 120
Potasio	mmol/L	4,20 - 9,00
Bicarbonato	mmol/L	15,0 - 30,8
Intervalo aniónico	mmol/L	14,0 - 30,5
Creatinina	mmol/L	15 - 37
Ácido úrico	μmol/L	180 - 650
Total de bilirrubina	μmol/L	0,1 - 2,2
AST	U/L	70 - 315
GGT	U/L	8,0 - 25,0
LDH	U/L	200 - 600
ALP	U/L	600 - 15 000
CK	U/L	650 - 7 300

Tabla 11.2: Parámetros séricos obtenidos en un muestreo de 99 pollos de engorde de entre 35 y 45 días de edad. Los intervalos de referencia corresponden al 2,5 % y 97,5%. (Laboratorio de Bioquímica, Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad de Montreal).

Las concentraciones de electrolitos son determinadas usando el método potenciométrico. La actividad de cualquier ion en una solución desconocida puede ser determinada usando electrodos específicos. El analizador electrolítico es capaz de medir, sodio (Na), potasio (K), cloro (Cl) y dióxido de carbono (bicarbonato o dióxido de carbono total) en el suero.

### VALORES DE REFERENCIA

La obtención de valores de referencia es compleja, debe ser precisa y requiere del uso de referencias individuales. Los individuos deben estar aparentemente sanos y deben ser seleccionados empleando criterios bien definidos, como son edad y tipo de función zootecnia, por ejemplo, gallina ponedora o pollo de engorde, etc.

La interpretación puede ser dada por un valor observado comparado con valores de referencia en una población definida. Asumiendo que los valores de los parámetros del suero tienen una distribución estadística normal, se usa como valor de referencia, el intervalo de dos desviaciones estándar, el cual representa el 95% de todos los valores, es usado como el valor de referencia.

Parámetros	Unidad	Intervalo de referencia
Glucosa	mmol/L	10,6 - 19,0
Proteína total	g/L	43,8 - 68,6
Albúmina	g/L	22,3 - 28,0
Globulinas totales	g/L	21,5 - 42,0
Alb/Glo		0,64 - 1,1
Calcio	mmol/L	3,30 - 9,0
Fósforo	mmol/L	1,50 - 2,80
Ca/P		1,60 - 4,90
Colesterol	mmol/L	2,80 - 7,60
Triglicéridos	mmol/L	3,6 - 36,4
Sodio	mmol/L	141 - 160
Cloruros	mmol/L	110 - 122
Potasio	mmol/L	3,9 - 8,10
Bicarbonato	mmol/L	14,5 - 27,5
Intervalo aniónico	mmol/L	10,5 - 31,0
Creatinina	mmol/L	19 - 37
Ácido úrico	μmol/L	180 - 650
Total de bilirrubina	μmol/L	0,6 - 31,0
AST	U/L	130 - 270
GGT	U/L	5 - 25
LDH	U/L	150 - 600
ALP	U/L	155 - 990
CK	U/L	35 - 1 100

Tabla 11.3: Parámetros séricos obtenidos a partir de muestras de sangre tomadas en un grupo de 41 gallinas de postura. Los porcentajes del 2,5% y del 97,5% corresponden a los valores de referencia de cada grupo. (Laboratorio de Bioquímica, Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad de Montreal).

Parámetros	Valores normales	Interpretación de valores decrecientes	Interpretación de valores crecientes
<b>Glucosa</b>	11-16 mmol/L	Malnutrición, ayuno, dieta con alta proteína, enfermedad hepática, mortalidad por hipoglucemia (spiking)	Estrés, diabetes mellitus Hipertermia Corticoterapia
<b>Total proteína</b> <b>Albumina</b>	30-60 g/L 23-33 g/L	Descenso de la albúmina Deficiencia proteica (malnutrición, parasitosis) Infecciones crónicas, nefritis, síndrome hemorrágico	Deshidratación, infección crónica
<b>Globulinas</b>	6-30 g/L	Malnutrición	Reacción inflamatoria aguda o crónica
<b>Calcio</b> <b>Calcio ionizado</b>	2,25-5,93 mmol/L 4-6 mmol/L (ponedoras) 1,35-1,55 mmol/L	Deficiencia de calcio o de vitamina D Tetania por calcio Deficiencia renal severa Hipoalbuminemia, apatía.	Hipervitaminosis D Osteomielitis, acidosis Altos niveles de calcio en alimento para ponedoras
<b>Fósforo inorgánico</b>	2,00-3,49 mmol/L	Raquitismo, anorexia, enteritis	Enfermedad renal, hipervitaminosis D, hemoconcentración
<b>Colesterol</b>	2,2-3,4 mmol/L		Obesidad con esteatosis hepática Exceso de lípidos en la dieta Ayuno
<b>Sodio</b>	146-169 mmol/L	Ayuno, diarrea, insuficiencia adrenal	Exceso de sal en la dieta
<b>Cloruros</b>	105-118 mmol/L	Ataxia	Deshidratación
<b>Potasio</b>	4,6-6,5 mmol/L	Terapia diurética (Patos)	Enfermedades de los riñones, insuficiencia adrenal, deshidratación
<b>Anión gap</b>	6-16 mmol/L	Respuesta a cloruros	Acidosis metabólica
<b>Exceso de bases</b>	-6 to +6	Alcalosis metabólica	Acidosis metabólica
<b>Creatinina</b>	80-164 µmol/L		Infección del riñón Dieta alta en proteínas
<b>Ácido úrico</b>	200-650 µmol/L		Ayuno, artritis por gota, gota visceral, enfermedad del riñón (nefrocalcinosis, amiloidosis, nefritis), dieta alta en proteínas
<b>Total bilirrubina*</b>	0-3,42 µmol/L		Síndrome hemolítico severo
<b>AST</b>	88-208 U/L 77-157 U/L <sup>a</sup> 30-170 U/L <sup>b</sup> 68 U/L <sup>c</sup>		Daño hepático (no específico), daño muscular (miopatía, inyección intramuscular, trauma) sepsis
<b>GGT</b>	9-22 U/L <sup>a</sup> 7,1-21,9 U/L <sup>b</sup> 14,4 U/L <sup>c</sup>		Enfermedad hepática (colestasis, hepatitis, esteatosis), pancreatitis
<b>LDH</b>	99-281 U/L 7699-885 U/L <sup>a</sup> 729-2047 U/L <sup>b</sup>		Enfermedad aguda del hígado, hemólisis, lesiones musculares
<b>ALP</b>	24,5-44,4 200-1060 U/L <sup>a</sup> 353-813 U/L <sup>b</sup>	Deficiencia de zinc	Aumento de la actividad de osteoblastos y osteoclastos (crecimiento óseo, desove, raquitismo u osteomalacia), enfermedad del hígado
<b>CK</b>	240-810 U/L 101-253 U/L 1000-4000 U/L <sup>b</sup> 4,5 U/L <sup>c</sup>		Miopatía, envenenamiento por plomo, neuropatía, intoxicación por ionóforos
<b>ALT*</b>	353-813 U/L <sup>b</sup>		Daño hepático o muscular
<b>GLDH</b>	0-6,6 U/L <sup>b</sup> 4,5 U/L <sup>c</sup>		Necrosis aguda hepática
<b>α-amilasa</b>	296-638 U/L 196-638 U/L <sup>b</sup>		Pancreatitis

Tabla 11.4: Bioquímica clínica de las aves. Revisión de los valores normales e interpretación de las variaciones.

\* De interés limitado para el diagnóstico. a) Gallinas en postura (información bibliográfica); b) Valores obtenidos en 20 gallinas (prueba realizada a 30°C); c) Resultados en tres parvadas de gallinas de postura (119 sueros) (J. Brugère-Picoux et al, 1987).

## CAMBIOS METABÓLICOS EN LAS AVES

Hasta hace poco los valores bioquímicos sanguíneos, se llevaban a cabo principalmente al principio, para poder entender mejor la patofisiología de las enfermedades aviares. Este era especialmente el caso de desórdenes de metabolismo de los lípidos (hígados grasos en pollos, gallinas y gansos, hiperlipidemia, hipercolesterolemia y arteroesclerosis en la gallina) y los cambios bioquímicos en los parámetros sanguíneos eran investigados en el caso de varias enfermedades aviares, tanto en aves de compañía como en aves productoras de alimentos. Estos parámetros bioquímicos son usados para evaluar el estado metabólico de un grupo de aves (hidratación, balance electrolítico, de funcionamiento renal, estado nutricional, función hepática, sistema inmune, miopatías, *etc.*).

### Estado de hidratación, balance ácido-base & electrolítico

El promedio del valor total de proteínas, hemoglobina y hematocrito puede dar una evaluación del estado de hidratación. Los valores promedio de sodio, potasio, cloruro, bicarbonato y el intervalo de aniones son usados para evaluar los electrolitos y el balance ácido-básico.

### La función renal

Los valores promedio de creatinina, fósforo y potasio indican el buen o mal funcionamiento de la tasa renal, de la perfusión de sangre y de la integridad de las nefronas.

### Estado Nutricional

El estado nutricional es evaluado a partir de los valores promedio de glucosa, colesterol, triglicéridos, albúmina, hemoglobina, calcio, fósforo inorgánico, la relación Calcio/Fósforo, y *ALP*.

El nivel de glicemia en las aves es muy alto, comparado con el de los mamíferos. La glucosa sérica refleja la presencia de carbohidratos procedentes de la dieta y de la glucogénesis hepática de aminoácidos glucogénicos.

Los valores de colesterol y triglicéridos séricos están estrechamente relacionados a la grasa de la dieta en aves en crecimiento y en gallinas clínicamente saludables. Sin embargo, una moderada hipercolesterolemia puede ser fisiológica (hasta 10.5 mmol/L) en gallinas al inicio y al final de periodo de postura.

Los valores séricos de calcio, fósforo y *ALP* están asociados con el balance del hueso, y del metabolismo de minerales y el pH de la sangre.

Las variaciones en los valores de albúmina y ácido úrico están asociadas con la disponibilidad de aminoácidos en la dieta. Purinas y micotoxinas pueden también afectar los niveles de ácido úrico.

El valor sérico de la CK esta relacionado con la integridad de las células musculares. Un proceso degenerativo del tejido muscular (miopatía) causa un aumento de la actividad de la CK sérica. Una deficiencia en vitamina E o selenio, toxemia o exposición a ciertas drogas pueden también causar miopatía.

Cambios en la ALT, en el LDH y en la alfa-amilasa poseen un valor diagnóstico limitado.

### La función hepática

Existen tres funciones del hígado que deben ser evaluadas: los valores de ALP para la conocer excreción biliar, los valores de la albúmina para determinar la actividad enzimática hepatocelular y los valores séricos de las AST, de LDH y de GGT para valorar la integridad de los hepatocitos y la de sus membranas.

La determinación del valor de la bilirrubina tiene un valor diagnóstico limitado, ya que las aves son deficientes en bilirrubina reductasa: la bilirrubina de color verdoso es el principal pigmento de la bilis, por esta razón es preferible hacer la determinación de los ácidos de la bilis en el caso de las aves. La esteatosis hepática refleja la acumulación de grasas en el hígado. En el caso de las aves, esta acumulación es una adaptación fisiológica para el almacenaje de energía, pero también puede ser de carácter patológico.

### La función inmune

El funcionamiento de la actividad inmune de un ave puede ser determinado a través de los valores de globulina total y de la relación de albúmina/globulinas (Alb/Glo). Los valores séricos de las globulinas son más bajos en las aves jóvenes que en las aves adultas, existiendo una relación entre los valores séricos del total de globulinas con el aumento o la disminución de la actividad del sistema inmune.

## REFERENCIAS

- Brugère-Picoux J et al. Biochimie clinique en pathologie aviaire. Intérêt et limites des dosages enzymatiques chez la Poule. *Rec Méd Vét*, 1987,163 :1091-1099.
- Echols S. Collecting diagnostic samples in avian patients. *Vet. Clin North Am Exot Anim Pract*,1999,2:621-649.
- Gascoyne SC et al. Guidelines for the interpretation of laboratory findings in birds and mammals with unknown reference ranges: plasma biochemistry. *Vet Rec*,1994,134:7-11.
- Hrubec TC et al. Plasma versus serum: specific differences in biochemical analyte values. *J Avian Med Surg*. 2002,16:101-105.
- Tremblay A & Bernier G. Maladies d'origine nutritionnelle et métabolique. In «*Manuel de pathologie aviaire*». Ed. Brugère-Picoux J & Silim A, Ed. Pathologie médicale du bétail et des animaux de basse-cour, ENVA, Maisons-Alfort 1992, p343-354.