

January 2008

Valores de electrolitos, gases sanguíneos, nitrógeno ureico y glucosa en sangre venosa de caninos, ubicados a 2.600 msnm

Ernesto A. Dalmau Barros

Universidad de La Salle, edalmau@lasalle.edu.co

César A. Díaz Rojas

Universidad de La Salle, cdiaz@lasalle.edu.co

Follow this and additional works at: <https://ciencia.lasalle.edu.co/mv>

Citación recomendada

Dalmau Barros EA y Díaz Rojas CA. Valores de electrolitos, gases sanguíneos, nitrógeno ureico y glucosa en sangre venosa de caninos, ubicados a 2.600 msnm. Rev Med Vet. 2008;(16): 53-61.

This Artículo de Investigación is brought to you for free and open access by the Revistas científicas at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Revista de Medicina Veterinaria by an authorized editor of Ciencia Unisalle. For more information, please contact ciencia@lasalle.edu.co.

Valores de electrolitos, gases sanguíneos, nitrógeno ureico y glucosa en sangre venosa de caninos, ubicados a 2.600 msnm¹

Ernesto A. Dalmau Barros*, César A. Díaz Rojas* *

Fecha de recepción: julio 9 de 2008

Fecha de aprobación: septiembre 10 de 2008

RESUMEN

El presente trabajo aporta información útil sobre el estatus ácido-base a partir de 38 muestras de sangre venosa de caninos adultos en reposo, localizados a una altitud de 2.600 msnm. Los datos disponibles y actuales proceden, en su mayoría, de investigaciones realizadas en otros países en las que se hace referencia al tipo de trabajo del animal y al efecto de la altitud. Los datos obtenidos en este trabajo fueron comparados con la información reportada en caninos atletas y con las conclusiones de otras investigaciones. De acuerdo con los resultados de este estudio, en los caninos que viven en zonas a 2.600 msnm se presentan concentraciones de electrolitos, como el sodio (140,28 mmol/L) y el cloruro (110,913 mmol/L), que resultan ser inferiores a los datos reportados por otras investigaciones, aunque los valores

plasmáticos de sodio, cloruro, potasio y calcio ionizado no variaron en relación con otros estudios. Los valores de brecha aniónica y pH de la sangre no variaron en relación con los valores de referencia, mientras que la concentración de bicarbonato estuvo cerca al límite superior. Este último aspecto está relacionado con el aumento de la relación $\text{HCO}_3^-:\text{CO}_2\text{d}$. La osmolalidad calculada estuvo cerca al límite inferior con una tendencia a la hiposmolalidad.

Palabras clave: estado ácido-base, caninos, altitud, electrolitos, osmolalidad.

¹ Trabajo de investigación formativo de aula realizado en la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad de La Salle.

* Médico veterinario de la Universidad de La Salle, M.Sc. en Salud y Producción Animal de la Universidad Nacional de Colombia. Docente de Fisiología y Farmacología, Facultad de Medicina Veterinaria. Correo electrónico: edalmau@lasalle.edu.co

zhz Médico Veterinario de la Universidad de La Salle, M.Sc. en Reproducción Animal Universidad Nacional de Colombia, docente Facultad de Medicina Veterinaria, PhD (c), Correo electrónico: cdiaz@lasalle.edu.co

VALORES OF ELECTROLYTES, GASES, BUN AND GLUCOSE IN VENOUS BLOOD IN DOGS AT 26000 MOSL

ABSTRACT

The present work compiles useful information about the acid base status of venous blood samples from 38 adult dogs at rest, located at 2.600 mosl. The available information at present comes from investigations done in other countries, or according to animal activity, or others at high altitude conditions. The present values were compared with reference range for healthy dogs and canine athletes from colombian and foreign investigations. It was possible to establish that electrolyte concentrations as sodium (140,28 mmol/L) and chloride (110,913 mmol/L) were different from reported ones at Bogotá; although sodium, chloride, potassium and ionized calcium concentrations did not

change compared with different studies. Aniongap and blood pH values did not change according to values of reference, whereas the concentration of bicarbonate was near the upper range. This fact is related to increase of relation $\text{HCO}_3^-:\text{CO}_2\text{d}$. Calculated plasma osmolality was nearby to lowest limit with a trend to hypoosmolality.

Keywords: acid-base status, canines, altitude, electrolites, osmolality.

INTRODUCCIÓN

La regulación de la concentración de hidrogeniones en los líquidos corporales es sinónimo de regulación del equilibrio ácido-base. Pequeños cambios en la concentración de los iones hidrógeno pueden producir alteraciones en las reacciones químicas celulares, aumentando algunas e inhibiendo otras (Guyton, 1991). La concentración de hidrogeniones es muy baja en comparación con la de otros iones presentes en fluidos corporales. En el líquido extracelular, el sodio es 3,5 millones de veces superior a la concentración de hidrogeniones. La precisión con la cual se regulan éstos es un signo de la importancia de las distintas funciones celulares que llevan a cabo (Guyton, 2001).

Los mecanismos fisiológicos homeostáticos mantienen el pH de la sangre dentro de rangos estrechos, de tal manera que las variaciones en las concentraciones absolutas de bicarbonato y dióxido de carbono no alterarán el pH, mientras la proporción entre bicarbonato y dióxido de carbono disuelto sea de 20:1, respectivamente (Despopoulus y Silbernagl, 1991).

Con el presente trabajo se obtuvieron valores de electrolitos, gases sanguíneos y osmolalidad en caninos en reposo ubicados a gran altitud (Bogotá, 2.600 msnm), a partir de muestras de sangre venosa. Se compararon los resultados con los reportados por otros estudios, como paso previo a la estandarización de los valores normales.

El valor de pH constituye una medida logarítmica de la concentración efectiva de

hidrogeniones o de la actividad de los iones de hidrógeno (Despopoulus y Silbernagl, 1991). En los humanos, el pH sanguíneo normal es aproximadamente 7,4. La mayoría de las especies regulan estrictamente el pH intracelular y de fluidos extracelulares, como la sangre, para garantizar el funcionamiento adecuado de las proteínas (Moyes y Schulte, 2007), manteniendo la configuración molecular y, por ende, la normal estructura de los componentes celulares (Despopoulus y Silbernagl, 1991).

La constancia del pH se lleva a cabo por la acción de los sistemas amortiguadores (ibíd). Un amortiguador es una solución conformada por un ácido débil y su base conjugada. Los amortiguadores son importantes, ya que minimizan el efecto de los hidrogeniones. Aquellos se agrupan en dos categorías: el par integrado por bicarbonato (HCO_3^-) y dióxido de carbono disuelto (CO_2) y los sistemas amortiguadores diferentes de bicarbonato. Estos últimos incluyen las proteínas plasmáticas, la hemoglobina, los fosfatos orgánicos e inorgánicos (Bullock *et ál.*, 1995).

El balance ácido-base es mantenido primariamente a través del control de dos sistemas orgánicos. Los pulmones controlan la tensión de dióxido de carbono (TCO_2) a través de la regulación de la ventilación alveolar, y los riñones controlan la concentración de HCO_3^- . La descripción clásica del estado ácido-base está basado en la ecuación de Henderson Hasselbach, la cual es una expresión de tres variables: pH, presión parcial de dióxido de carbono (PCO_2) y concentración de bicarbonato (Bullock *et ál.*, 1995).

Con el fin de realizar mediciones exactas del pH, la sangre debe ser examinada bajo condiciones que prevengan la pérdida de los gases, particularmente dióxido de carbono (CO_2). La sangre arterial es ligeramente más alcalina que la sangre venosa, como consecuencia de una menor cantidad de dióxido de carbono. De manera análoga, el plasma es más alcalino que los elementos corpusculares o células (Swenson y Reece, 1993). Los mecanismos fisiológicos homeostáticos mantienen el pH dentro de rangos estrechos, de tal manera que las variaciones en las concentraciones absolutas de HCO_3^- y CO_2 no alterarán el pH, mientras la proporción base-ácido esté cercana a 20:1 (Despopoulos y Silbernagl, 1991). Así, cuando hay cambios en esta relación y el pH de la sangre se modifica por desequilibrios respiratorios o metabólicos, las alteraciones generadas en caso extremo pueden no ser compatibles con la vida; es decir, valores inferiores a 7,0 y mayores de 7,8 (Swenson y Reece, 1993).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en Bogotá, ubicada a 2.600 metros sobre el nivel del mar. Se muestrearon 38 caninos adultos sanos de ambos sexos, sin tener en cuenta la raza.

A los animales se les extrajo una muestra de sangre fresca de la vena cefálica, sin anticoagulante, para determinar electrolitos, gases sanguíneos, pH, y parámetros hemáticos, como hematocrito, hemoglobina y saturación de oxígeno. Se incluyeron parámetros como nitrógeno ureico en suero y glicemia, con el fin de establecer la osmolalidad extracelular.

La determinación de los parámetros se llevó a cabo con un equipo analizador de gases (I-STAT, ABBOTT), previamente calibrado con un simulador eléctrico; se emplearon 14 cartuchos EG7+ y 24 cartuchos EC8+. Los dos tipos de cartuchos determinan los valores de sodio, potasio, tensión de CO_2 , PCO_2 , pH, HCO_3^- , exceso de bases (BE_{ecf}), hematocrito y hemoglobina. Adicionalmente, con el cartucho EC8+ se obtuvieron los valores de cloruro, brecha (o espacio) aniónica, nitrógeno ureico (BUN) y glicemia; y con el cartucho EG7+ se obtuvieron los valores de calcio ionizado, presión parcial de oxígeno (PO_2) y saturación de oxígeno (SO_2). Los resultados fueron analizados con estadística descriptiva, empleando la media y la desviación estándar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se presentan los resultados para los diferentes parámetros evaluados en caninos adultos (mayores de dos años) para los cartuchos EC8+ y EG7+ en sangre venosa fresca.

Tabla 1. Valores fisiológicos en condición de reposo para caninos ubicados a gran altitud sobre el nivel del mar.

Parámetro	Promedio	Desviación estándar
Glucosa (mg/dl) <i>n</i> = 24	95,375	12,377
BUN (mg/dl) <i>n</i> =24	16,7917	6,2622
Sodio (mmol/l)	140,289	5,1983
Potasio (mmol/l)	4,5	0,7071
Cloruro (mmol/l) <i>n</i> =24	110,913	7,7806
TCO_2 (mmol/l)	26,1316	5,1526
An Gap (mmol/l) <i>n</i> =24	12,4167	3,0348
Hto (%)	38,4865	7,7589
Hb (g/dl)	13,7	2,473
pH	7,41919	0,052944
PCO_2 (mm Hg)	37,6667	4,0332

HCO ₃ ⁻ (mmol/l)	24,4762	4,5675
Relación HCO ₃ ⁻ : CO ₂ d	21,7:1	
Beecf (mmol/l)	0,57895	5,5878
Calcio (mmol/l) n=14	1,34	0,133
PO ₂ (mm Hg) n=14	43,3077	15,283
SO ₂ (%) n=14	75	13,934
Osmolalidad calculada mOsm/kg	280,93	
Osmolalidad efectiva mOsm/kg	274,93	
Relación Na ⁺ :K ⁺	31,1754	

Los valores promedio para los electrolitos en sangre venosa fueron los siguientes: sodio 140,28 mmol/L y potasio 4,5 mmol/L. El cloruro tuvo un valor promedio de 110,91 mmol/L, mientras que el calcio ionizado 1,34 mmol/L. En caninos de *agility* en condición de reposo se encontraron valores más altos para sodio 144,8 mmol/L y más bajos para el potasio 4,03 mmol/L. Gold *et ál.* (1961) encontraron que la concentración de potasio en sangre arterial disminuía de 3,9 a 3,4 mEq/L en caninos sometidos a condiciones simuladas de gran altitud; adicionalmente hubo un aumento del pH y una disminución de PCO₂. Conviene resaltar que el valor promedio del calcio ionizado se calculó a partir de 14 muestras, y los valores de cloruro corresponden a 24 muestras.

Forero *et ál.* (2006) reportan valores de cloruro de 119,4 mmol/L para caninos de *agility* en reposo, pero no hay reporte para los valores de calcio ionizado. Alrededor del 50% del calcio plasmático total se encuentra ionizado, que es la forma biológicamente activa. El resto está unido a las proteínas plasmáticas (40%, aproximadamente) o circula en complejo con aniones como fosfato o citrato y otro 10% en forma no iónica (Guyton, 2001). Mathews (1998) reporta la siguiente composición electrolítica

aproximada para el plasma de caninos: sodio 140-150, potasio 3,5-5,5, calcio ionizado 1,12-1,42, cloruro 105-115, expresados en mEq/L. Para los parámetros analizados, los valores se encuentran dentro de los rangos normales.

La brecha o espacio aniónico tuvo un valor promedio de 12,41 mmol/L, para un total de 24 muestras. La literatura reporta valores similares de 12,13 mmol/L para caninos (Forero *et ál.*, 2006). Esto puede explicarse porque en los perros de *agility* los valores de sodio y cloruro fueron mayores, manteniendo la diferencia entre cationes y aniones. La determinación de la brecha aniónica es útil en algunas situaciones clínicas. Si la concentración de iones Na⁺, Cl⁻, K⁺ y HCO₃⁻ es medida en sangre, la sumatoria de la concentración de cationes usualmente excede la de aniones. El espacio aniónico corresponde a los aniones no medidos; es decir, sulfato, proteinato, fosfatos y aniones de ácidos orgánicos. Se debe tener en cuenta que pequeñas cantidades de cationes, como calcio y magnesio, no son medidas (Swenson y Reece, 1993). Un incremento en la brecha aniónica no es una indicación absoluta de acidosis metabólica, se debe revisar el valor de pH para confirmar el diagnóstico y chequear si los resultados son compatibles con la historia del animal (Bailey, 1998).

El valor promedio de pH para los caninos del presente estudio fue de 7,419, valor similar al reportado por Forero *et ál.* (2006), que fue de 7,405. Bailey (1998) reporta que el rango de pH arterial normal está entre 7,31 y 7,42. Sin embargo, al estimar la proporción HCO₃⁻:CO₂d (dióxido de carbono disuelto) se encuentra una tendencia hacia la alcalosis, explicada en parte por el valor más alto de la concentración de bicarbonato. Bailey (1998) señala valo-

res normales de 17-24 mEq/L para esta base. Gold *et al.* (1961) encontraron que el pH sanguíneo pasó de 7,37 a 7,56 en caninos sometidos a condiciones simuladas de gran altitud relacionado con la caída en la PCO_2 de 40 a 23 mm Hg, lo cual es concluyente de un estado de alcalosis respiratoria.

El bicarbonato tuvo un promedio de 24,47 mmol/L y la tensión de CO_2 de 26,13 mmol/L. Los datos actuales son superiores a los reportados por Forero *et al.* (2006), que establecieron para caninos de *agility* antes de la competencia valores de 18,01 para bicarbonato y de 18,67 mmol/L para tensión de CO_2 . En el trabajo de Forero *et al.*, el valor de bicarbonato se encuentra más cerca al límite inferior, mientras que los resultados del presente estudio muestran lo contrario (tendencia hacia arriba). Los caninos de *agility* en reposo presentaron ligera tendencia hacia la alcalosis respiratoria con valores de PCO_2 de 29,07 mm Hg, proporción $HCO_3^-:CO_2$ de 20,7:1 y frecuencia respiratoria de 51,5 ciclos por minuto. El CO_2 se encuentra en sangre en solución, en compuestos carbamino y en mayor proporción como bicarbonato. Los cambios en tensión de CO_2 (TCO_2) se deben interpretar como cambios en bicarbonato (Cunningham, 1991).

Los resultados para los gases sanguíneos fueron los siguientes: $PO_2 = 43,3$ mm Hg, $PCO_2 = 37,66$ mm Hg y $SO_2 = 75\%$. En el trabajo de Forero *et al.* (2006) se reportan valores superiores para PO_2 (61,46 mm Hg) y SO_2 (85,6%), en sangre arterial. Contrariamente reportan valores de 29,0 mm Hg para PCO_2 , muy por debajo de los hallazgos en sangre venosa. Parker y Fitzpatrick (2006) encontraron una correlación alta ($r=0,80$; $p=0,01$) entre los valores de pH

de muestras de sangre de la arteria auricular y de la vena yugular en bovinos (*Bos Indicus*). Por esto, concluyen que el pH y la concentración de bicarbonato en sangre arterial y venosa están bien correlacionados en animales en reposo, motivo por el cual utilizan muestras venosas para establecer el estado de pH de la sangre, pero su interpretación debe ser cautelosa. Engelhardt y Breves (2006) sostienen que para valorar una alteración metabólica o respiratoria y una eventual compensación, se requieren los parámetros: pH, HCO_3^- , PCO_2 y exceso de base. El pH informa sobre la dirección del trastorno (acidosis o alcalosis); con la presión parcial de dióxido de carbono se juzga si es o no respiratorio. El bicarbonato y aun el exceso de base sirven para valorar trastornos no respiratorios. Por lo general los cambios en la concentración de bicarbonato coinciden con modificaciones de exceso de base de la misma naturaleza. Según Bailey (1998), el exceso de base varía dentro de un rango de +4 a -4 mEq/L. Forero *et al.* (2006) reportan -6,6 mmol/L de déficit de base en promedio (o exceso de base negativo), en comparación con +0,57 mmol/L de valor promedio encontrado en el presente trabajo en un total de 38 muestras, donde el valor inferior de déficit de bases fue de -7 mmol/L y el exceso de base fue de +11 mmol/L.

Para el hematocrito, los valores encontrados fueron en promedio de 38,48% y la concentración de hemoglobina calculada fue de 13,7 g/dl. El valor promedio de hematocrito y hemoglobina reportado en caninos de deporte en condición de reposo es de 46,5% y 16,07 (g/dl), respetivamente (Forero *et al.*, 2006); de hecho están por encima de los encontrados en el presente trabajo. La hemoglobina/proteinato hace parte de los amortiguadores diferentes de bicarbonato, su importancia radica en el

taponamiento de los protones que aparecen en los eritrocitos como consecuencia de la captación de CO_2 (Engelhardt y Breves, 2002). Glaus *et ál.* (2003) estudiaron la influencia de la hipoxia crónica por altitud (3.500 msnm, PaO_2 52+/-5 mmHg) en caninos sanos; establecieron que a pesar de la hipoxemia, ninguno de los caninos desarrolló eritrocitosis y el valor del hematocrito fue de 48%, similar al encontrado para el caso de caninos a una altitud de 2.300 msnm expuesto en el mismo trabajo, que dio un valor de 49%.

Swenson y Reece (1993) reportan valores normales de glicemia en caninos de 70-120 mg/dl y valores de nitrógeno ureico sérico de 10-30 mg/dl. Para el presente trabajo, los valores de BUN y glicemia fueron en promedio de 16,7917 y 95,375, ubicándose dentro de los rangos de referencia. Forero *et ál.* (2006) obtuvieron valores para BUN de 19,53 mg/dl y para glucosa en sangre de 107,06 mg/dl, que son superiores a los arrojados por el presente estudio.

Los valores de osmolalidad calculada y osmolalidad efectiva se establecieron a partir de los valores promedio de sodio, nitrógeno ureico sérico y glucosa en sangre; para el primer caso, el valor fue de 280,93 mOsm/kg; para el segundo, 274,93 mOsm/kg. Forero *et ál.* (2006) reportan valores de 321,96 mOsm/kg; sin embargo, no establecieron valores de osmolalidad efectiva o tonicidad. La tonicidad es la habilidad de una solución para iniciar el movimiento de agua, independientemente de la presencia de solutos impermeables, y se calcula a partir de la presión osmótica, menos el cociente del BUN y 2,8. Una disminución de la concentración de sodio por debajo de 140 mEq/L usualmente, pero no siempre,

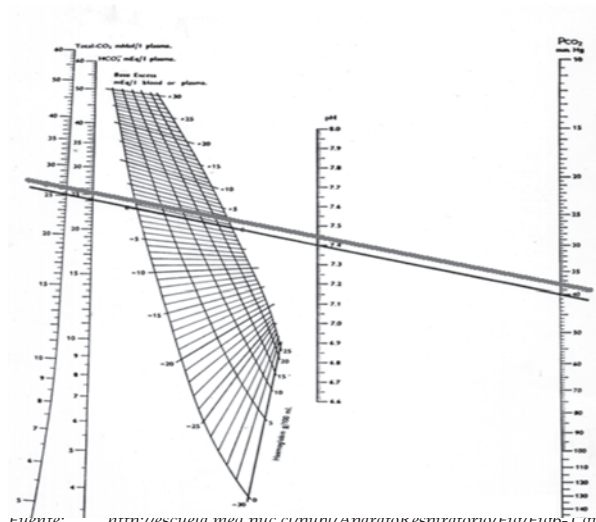
implica una condición de hiposmolalidad. En el presente trabajo se observó una leve disminución de la osmolalidad efectiva. La hiponatremia se desarrolla cuando el paciente es incapaz de excretar el agua ingerida o cuando la orina y la pérdida insensible de fluidos tienen una mayor osmolalidad que la de los fluidos ingeridos o administrados parenteralmente (Dibartola, 1998). Cuando hay aumento de solutos osmóticamente activos como glucosa o estados de hiperlipidemia o hiperproteinemia severa, se puede generar una pseudohiponatremia, o falso nivel de sodio sérico; en cuyo caso los niveles de sodio plasmáticos descienden entre 1,3 a 1,6 mEq/L por cada 100 mg/dl de incremento en la glicemia (Nelson *et ál.*, 2000).

A través del nomograma de Siggaard Andersen, se puede determinar la desviación del valor normal de la cantidad de bases amortiguadoras. La desviación es llamada exceso de base. Existen ligeras variaciones de los valores entre humanos y mamíferos domésticos como consecuencia de diferencias en la capacidad amortiguadora de la hemoglobina, la concentración de bicarbonato en plasma y la concentración de proteínas plasmáticas. Estas variaciones suelen ser pequeñas y los nomogramas pueden ser usados para determinar el exceso de base en animales. Por ejemplo, la sangre de los caninos, rumiantes y humanos tienen características similares (Swenson y Reece, 1993).

En el nomograma de la figura 1, se muestran los valores normales (línea más delgada inferior) a partir de una PCO_2 de 40 mm Hg y un pH de 7,4. El trazo más grueso (superior) representa los valores obtenidos en el presente trabajo en sangre venosa e incluye los valores

de bicarbonato, TCO_2 , pH y PCO_2 ; como se observa, están ligeramente por encima de lo reportado, explicando la tendencia hacia la alcalosis.

Figura 1. Nomograma de Siggaard Andersen. Las escalas logarítmicas de izquierda a derecha corresponden a: tensión de CO_2 , bicarbonato, exceso de bases (malla de valores, donde se incluye hemoglobina), pH y PCO_2 , respectivamente.



fuente: <http://escuela.mea.puc.cl/puoi/aparatorespiratorio/rig/rigo-1.gif>

Pontificia Universidad Católica de Chile, Escuela de Medicina.

CONCLUSIÓN

Se establecieron valores en sangre venosa para electrolitos, gases sanguíneos, pH, hematocrito, hemoglobina, saturación de oxígeno, nitrógeno ureico en suero y glicemia. No hubo variaciones en los valores de pH en relación con los reportados en sangre arterial y los de referencia, pero estuvieron cercanos al límite superior. La concentración de sodio y cloruro fueron más bajas que las reportadas por otros autores, pero se ubicaron dentro de los rangos normales. El valor de osmolalidad extracelular estuvo cerca al límite inferior, llevando a una disminución de la osmolalidad efectiva. Como era de esperarse, los valores de presiones parciales de gases, saturación de oxígeno, bicarbonato y tensión de dióxido de carbono fueron diferentes de los reportados en sangre arterial.

BIBLIOGRAFÍA

Bailey, J.E. "Practical approach to acid-base disorders". *Vet Clin of North Am. Small animal practice*, v. 28, n. 3 (1998): 645-662.

Bullock, J., Boyle, J. & Wang, M. *Physiology. The national medical series for independent study*. 3 ed. Philadelphia: Williams & Wilkins, 1995, 641p.

- Cunningham, J. *Fisiología Veterinaria*. México: Editorial Interamericana McGraw Hill, 1994, 716 p.
- Despopoulos, A y Silbergagl, S. *Texto y Atlas de Fisiología*. Mosby y Doyma Libros, 1991. 366 p.
- Dibartola, S. "Hyponatremia". *Vet Clin of North Am. Small animal practice*, v. 28, n. 3 (1998): 515-532.
- Engelhardt, W y G. Breves. *Fisiología Veterinaria*. Zaragoza. Editorial Acribia, S.A., 2002, 683 p.
- Forero, J.H.; Lozano, P.A. y Camargo, B.O. "Parámetros fisiológicos en caninos pre y post competencia de Agility en Bogotá, Colombia". *Revista de Medicina Veterinaria*, 12 (junio-diciembre de 2006): 57-71.
- Glaus, T.M.; Hassig, M.; Baumgartner, C. & Reusch, C.E. "Pulmonary hipertensión induced in dogs by hypoxia at different high altitude levels". *Vet Res Commun*, v. 27, n. 8 (2003): 661-670.
- Gold, A.J.; Barry, J.Q. & Ferguson, F.P. "Relation of respiratory alkalosis to hypokalemia in anesthetized dogs during altitud stress". *J. Appl. Physiol.*, 16 (1961): 837-838.
- Guyton, A. *Tratado de Fisiología Médica*. 8ª ed. México: Interamericana McGraw Hill, 1991.
- Guyton, A. *Tratado de Fisiología Médica*. 10ª ed. España: Interamericana Mc-Graw Hill, 2001, 1280 p.
- <http://escuela.med.puc.cl/publ/AparatoRespiratorio/Fig/Fig6-1.gif>. Pontificia Universidad Católica de Chile, Escuela de Medicina.
- Mathews, K. "The various types of parenteral fluids and their indication". *Vet Clin of North Am. Small animal practice*, v. 28, n. 3 (1998): 483-513.
- Moyes, C. y Schulte, P. *Principios de Fisiología Animal*. Madrid: Pearson Educación, S.A., 2007, 804 p.
- Nelson, R.W.; Couto, C.G. & King, C. *Manual de medicina interna de pequeños animales*. Publicado por Elsevier, España, 2000, 1376 p.
- Parker, A.J. & Fitzpatrick, L.A. "The relationship between arterial and venous acid-base measurments in normal Bos indicus steers". *Australian Veterinary Journal*, v. 84, n. 16 (october 2006): 349-350.
- Swenson, M. & Reece, W. *Dukes' Physilogy of domestic animals*. 11th ed. Cumstock Publishing Associates. Ithaca, 1993, 962 p.