

January 2006

## Parámetros fisiológicos en caninos pre y post competencia de Agility en Bogotá, Colombia

Jorge Hernando Forero López  
*Universidad de La Salle, jforero@lasalle.edu.co*

Paola Andrea Lozano Martínez  
*piolozano@hotmail.com*

Boris Orlando Camargo Roncancio  
*boricuo23@hotmail.com*

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

---

### Citación recomendada

Forero López JH, Lozano Martínez PA y Camargo Roncancio BO. Parámetros fisiológicos en caninos pre y post competencia de Agility en Bogotá, Colombia. Rev Med Vet. 2006;(12): 57-71. doi: <https://doi.org/10.19052/mv.2053>

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](mailto:ciencia@lasalle.edu.co).

# Parámetros fisiológicos en caninos pre y post competencia de *Agility* en Bogotá, Colombia<sup>1</sup>

Jorge Hernando Forero López\* / Paola Andrea Lozano Martínez\*\*/  
Boris Orlando Camargo Roncancio\*\*\*

## RESUMEN

El estudio se llevó a cabo en la ciudad de Bogotá, ubicada a una altura media 2600 msnm, con temperatura promedio de 14°C. Se realizó un muestreo en el Polideportivo el Salitre y otro en el parque central de Modelia. El objetivo principal fue monitorear y estandarizar los cambios fisiológicos que se presentan en caninos atletas, como respuesta al ejercicio realizado en pruebas de *Agility*. Se muestrearon 15 caninos hembras de diferentes razas practicantes del *Agility*, de las escuelas Atalanta y X-treme Dog. El control se obtuvo de individuos en reposo, previo al ejercicio, inmediatamente a su llegada al área de investigación, donde se situaron las pistas para el entrenamiento, que incluía la toma de temperatura rectal, frecuencia de pulso, frecuencia respiratoria y de sangre arterial (arteria femoral). La muestra arterial se procesó con analizador sanguíneo portátil, obteniendo de hematocrito, hemoglobina, sodio, potasio, cloruro, nitrógeno uréico (BUN), glucosa, lactato, pH sanguíneo, presión de dióxido de carbono (PCO<sub>2</sub>), presión de oxígeno (PO<sub>2</sub>), bicarbonato,

tensión de dióxido de carbono(TCO<sub>2</sub>), saturación de oxígeno (SO<sub>2</sub>), exceso de base (BE), anion gap y osmolalidad. Luego se inició el entrenamiento, simulando una competencia real, donde cada canino pasó cuatro veces por pista, y al final se monitorearon, siguiendo el procedimiento descrito para el control. Se compararon los resultados pre y post ejercicio, presentándose: aumento para temperatura, frecuencia respiratoria, pulso, pH, hematocrito, hemoglobina, sodio, cloro y osmolalidad (p<0,001); incremento en los valores de potasio, lactato y glucosa (p<0,01); ascenso para PO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> y BUN (p<0,05); descenso para PCO<sub>2</sub>, TCO<sub>2</sub>, BE y Anión Gap (p<0,001). Se concluye que los caninos deportistas en Bogotá presentan hipertermia, taquicardia, hipocapnia, alcalosis respiratoria acompañada de una acidosis metabólica compensatoria y hemoconcentración por una deshidratación clasificada como hiperosmótica, luego de una competencia de *Agility*.

**Palabras clave:** canino, ejercicio, hipertermia, hipocapnia, alcalosis respiratoria, acidosis metabólica compensatoria.

<sup>1</sup> Proyecto realizado en el grupo de Investigación de Medicina Deportiva en Animales, Colciencias.

\* Médico Veterinario Universidad de La Salle; Msc en Laboratorio Clínico; Profesor Clínica de Pequeñas Especies, Cirugía de Grandes, Pequeñas y Medianas Especies. Correo electrónico: jforero@lasalle.edu.co

\*\* Médica Veterinaria Universidad de La Salle. Correo electrónico: piolilozano@hotmail.com

\*\*\* Médico Veterinario Universidad de La Salle. Correo electrónico: boricuo23@hotmail.com

Fecha de recepción: octubre 10 de 2006.

Fecha de aprobación: noviembre 15 de 2006.

## **CANINE PHYSIOLOGICAL PARAMETERS PRE AND POST AGILITY COMPETITION AT BOGOTÁ, COLOMBIA**

### **ABSTRACT**

The study was carried out at Bogotá city, at a medium altitude of 2600 mosl, with temperature average of 14°C. A sampling was made in Polideportivo el Salitre, and another one in the Central Park of Modelia. The objective was to scan and standarize the physiological changes that appear in canine athletes, as response to the exercise made in Agility sport. Fifteen canine females of different races, of the schools of Atalanta and X-treme Dog Ltda were sampled. The control was obtained from individuals in rest, previous to the exercise, immediately to their arrival to the investigation area, where the tracks were located, and that, included the measure of rectal temperature, pulse, respiratory frequency and of arterial blood (femoral artery). The arterial sample was processed with portable sanguineous analyzer, obtaining hematocrite, hemoglobine, sodium, potassium, chloride, ureic nitrogen (BUN), glucose, sanguineous lactate, pH, carbon dioxide pressure (PCO<sub>2</sub>), oxigen pressure (PO<sub>2</sub>), carbon dioxide tension, (TCO<sub>2</sub>), bicarbonate, oxygen saturation (SO<sub>2</sub>), excess of base (BE), anion gap and osmolality. Then the

training began so, that it simulated a real competition, where each canine passed four times by the track, and at the end the animals were analyzed, following the procedure for control samples. The results were compared pre and post exercise, appearing: increase for Temperature, respiratory Frequency, pulse, pH, Hematocrite, Hemoglobine, Sodium, Chloride and Osmolality (P<0,001); increase for Potassium, Lactate and Glucose (P<0.01); rise for PO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> and BUN (P<0.05); reduction for PCO<sub>2</sub>, TCO<sub>2</sub>, BE and Anion gap (P< 0,001). In summary, canines at Bogotá, had evidence of hyperthermia, tachycardia, hypocapnia, respiratory alkalosis accompanied with a compensatory metabolic acidosis and hemoconcentration by a dehydration classified as hyperosmotic, after an Agility competition.

**Key Words:** canine, exercise, hyperthermia, hypocapnia, respiratory alcalosis, compensatory metabolic acidosis.

## INTRODUCCIÓN

La fisiología del ejercicio es una rama de la fisiología que estudia específicamente la integración y función corporales durante el ejercicio, y la manera en que éste modifica la estructura y función del organismo. Ello incluye las respuestas agudas al ejercicio, así como los beneficios para la salud derivada de esta actividad física. Lo anterior ocurre en diversos niveles: el cuerpo como un todo, sistemas o aparatos corporales, órganos, células y nivel subcelular. El interés en la fisiología del ejercicio ha dado origen a muchas subdisciplinas, como la biomecánica, fortalecimiento, acondicionamiento y fisiología clínica del ejercicio, que abarca la medicina deportiva (Hershel, 2000).

Los perros se han convertido en atletas especializados mediante la domesticación y selección genética para funciones específicas; primero, para la cacería, labranza y operaciones militares y más recientemente, para las actividades de entretenimiento (Sweson *et al.*, 1999). Por ello, la importancia de su estudio como individuos deportistas, y el valor de la fisiología deportiva para ello, puesto que al conocer los posibles cambios generados por el ejercicio, se puede de igual forma conocer el límite a los que se pueden someter sus mecanismos corporales, como no sobrepasarlos, y en caso tal de hacerlo, cómo corregir y proteger al canino atleta.

El Agility es un deporte popular en ciertas áreas del mundo y en Colombia, desde que empezó oficialmente en 1999, ha crecido tanto, el número de participantes, así como el nivel de competencia, que empieza a ser un deporte y una actividad de gran importancia (ACCC, 2003). Sin embargo, la mayoría de estudios sobre el ejercicio canino se desarrolla en perros de trineo, practicantes de Field Trial, u otros atletas caninos como los galgos; y los caninos de *Agility* necesitan ser estudiados de la misma manera en que se ha hecho con dichos perros, con el fin de comprender los cambios fisiológicos que estos perros experimentan.

Actualmente, y sobre todo a nivel nacional, se está trabajando el Agility en estos animales de manera empírica, sin conocer los cambios fisiológicos que ocurren en ellos durante la actividad física, y por lo tanto se ve comprometida su vida, y en menor cuantía, frente a su salud, su rendimiento deportivo; razón por la cual la estandarización de los parámetros fisiológicos como resultado al ejercicio en el *Agility* toma gran importancia. De esta manera, se logra plantear la hipótesis, que hace pensar, que si con el ejercicio los caninos durante pruebas de Agility presentan cambios fisiológicos, entonces estos influirán sobre su salud y finalmente afectarán su rendimiento. Problemática que se transforma en un propósito claro para este proyecto de investigación, puesto que el fin máximo en un deporte, es lograr un alto desempeño, eficacia que se mide a través de una mejor posición en un ranking, pero pudiendo lograr esto a través de un correcto manejo y salud para los pacientes.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### LOCALIZACIÓN

El estudio se llevó a cabo en la ciudad de Bogotá, capital de Colombia, la cual se encuentra situada en las siguientes coordenadas: Latitud Norte: 4°35'56" y Longitud Oeste de Greenwich: 74°04'51" dentro de la zona de confluencia intertropical; a una altura media 2600 msnm y con una temperatura ambiente promedio de 14°C (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2006). El primer muestreo se llevó a cabo en las instalaciones del Polideportivo el Salitre, y el segundo muestreo se desarrolló en el parque central del Barrio Modelia.

### POBLACIÓN

Se muestrearon 15 caninos hembras practicantes de *Agility* de las Escuelas de Atalanta y X-treme Dog. Las razas incluidas fueron Labrador Retriever, Scottish Terrier, Border Collie, Fox Terrier pelo liso, Fox

Terrier, French Poodle, Cocker Spaniel, Pomerania y criolla, que según su tamaño pertenecen a categoría Small, Medium y Large, a los cuales se les evaluó frecuencia respiratoria y pulso, y pruebas a partir de sangre arterial con i-Stat Analyzer.

## RECOLECCIÓN DE DATOS Y PROCESAMIENTO

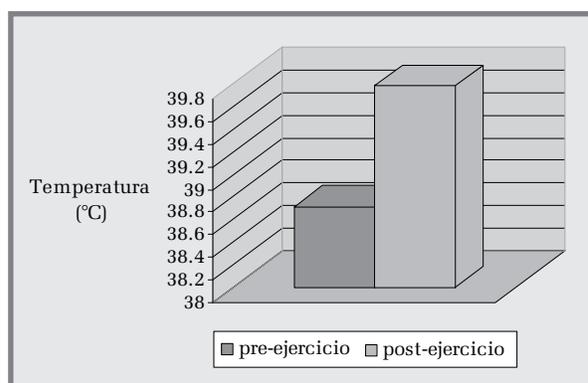
La pista en las dos oportunidades fue de 1,50 metros. El entrenamiento se realizó de tal manera, que se simuló una competencia real en donde cada canino pasó por pista cuatro veces y se respetaron los turnos correspondientes al orden de partida. Las muestras control se obtuvieron inmediatamente a la llegada de los caninos al sitio de entrenamiento, bajo condiciones que no alteraran los resultados, es decir con un mínimo de estrés y en un área fresca y sombreada. Se tomó temperatura rectal, frecuencia de pulso y frecuencia respiratoria. Adicionalmente se colectó sangre arterial proveniente de la arteria femoral, siendo necesaria solo 0,3 ml de esta sangre (por prueba), para ser inmediatamente analizada por unidad portátil de i-Stat Analyzer, a través de los cartuchos EC8+ y CG4+. Tras terminar el entrenamiento de Agility se repitió el procedimiento anteriormente descrito, de toma de frecuencias, temperatura y análisis de sangre por los cartuchos i-Stat.

El modelo estadístico aplicado para el análisis de resultados fue estadística descriptiva para cada variable, calculando las distribuciones de frecuencias y la media (promedios). Luego se aplicó la prueba de t pareada a dos colas, para evaluar el nivel de significancia para cada variable en general y para cada grupo de categoría.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Después del ejercicio realizado durante las pruebas de *Agility*, todos los caninos presentaron un marcado incremento de la temperatura rectal. Obteniéndose una variación significativa al  $p < 0,001$  (Figura 1). La temperatura rectal incrementa luego del ejercicio porque una porción de energía de nutriente se convierte en calor durante el metabolismo celular (Matwichuk *et al.*, 1999), porque sólo cerca del 25% de la energía química se convierte en trabajo y el resto de la energía se convierte en calor (Hill, 1998).

**FIGURA 1. CAMBIO EN LA TEMPERATURA RECTAL EN CANINOS ATLETAS POST EJERCICIO.**

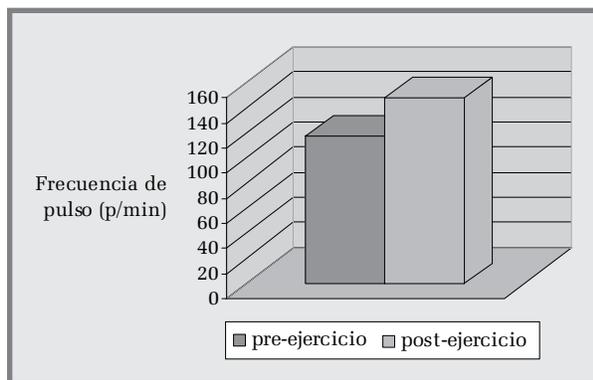


Para el total de los animales en estudio, la variación para frecuencias fue significativa al  $p < 0,001$ , aumentando en valor tras el ejercicio (Figuras 2 y 3). La frecuencia de pulso, aumenta en manifestación al incremento de la frecuencia cardiaca, que se genera en respuesta al ejercicio, que lleva a un aumento del gasto cardiaco para cubrir la demanda de oxígeno de los músculos activos. El aumento de la frecuencia cardiaca en los atletas caninos también se puede generar como respuesta anticipada al ejercicio. Además, antes de alcanzar el ejercicio máximo, la ansiedad afecta la frecuencia cardiaca (Sweson *et al.* 1999).

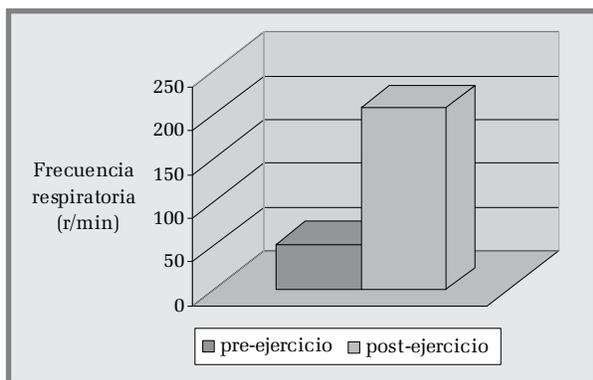
**TABLA 1. VALORES FISIOLÓGICOS PARA CANINOS DEPORTISTAS PRACTICANTES DE AGILITY EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ**

Variable	Control (pre ejercicio)	Experimental (post ejercicio)	Valor Estadístico de T	P
Temperatura (°C)	38,7113±0,2136	39,78±0,6699	-6,00170109	3,2453E-05
Frecuencia de pulso (p/min)	116,8666±17,0120	147,8666±23,0399	-6,27821755	2,0282E-05
Frecuencia respiratoria (r/min)	51,5333±35,6768	207,6666±63,2948	-8,85190086	4,1373E-07
Sodio (mmol/L)	144,8±1,8205	146,8±1,9346	-6,17914381	2,3973E-05
Potasio (mmol/L)	4,0333±0,1838	4,1533±0,2133	-3,26311007	0,00566305
Cloruro (mmol/L)	119,4±1,8439	121,2±1,5212	-5,51135192	7,6659E-05
Nitrógeno uréico sanguíneo (mg/dl)	19,5333±6,7386	20,2666±6,7767	-2,95498879	0,01044226
Glucosa (mg/dl)	107,0666±6,1233	108,0666±7,176018	-0,65199786	0,52496297
Lactato (mmol/L)	1,1833±0,4751	1,752±0,6360	-2,78055701	0,01473324
Hematocrito(%)	46,5333±3,7581	50,3333±4,5303	-5,01857017	0,00018793
Hemoglobina (g/dl)	16,0733±1,162796	17,1266±1,58900987	-4,17340662	0,00093783
pH	7,4054±0,0378	7,4471±0,0443	-4,47137972	0,00052732
Presión CO <sub>2</sub> (mmHg)	29,0733±5,3194	23,0466±4,6567	5,79495684	4,644E-05
Presión O <sub>2</sub> (mmHg)	61,4666±5,6551	66±5,5933	-2,47641394	0,02665278
Bicarbonato (mmol/ L)	18,0133±1,8512	16,2333±1,9601	5,41588994	9,0971E-05
Tensión CO <sub>2</sub> (mmol/ L)	18,6733±2,2521	15,9733±2,2889	5,97371866	3,4054E-05
Saturación O <sub>2</sub> (%)	85,6±12,7211	89,9333±8,3278	-2,83876436	0,01313781
Anion Gap (mmol/L)	12,1333±2,0307	14,1333±2,3258	-9,16515139	2,7195E-07
Exceso de base (mmol/L)	-6,6±1,8439	-8,3333±1,7994	7,59653323	2,4881E-06
Osmolalidad (mosm/kg)	321,9653±6,0344	327,5926±6,009	-5,52184186	7,5236E-05

**FIGURA 2. VARIACIÓN EN LA FRECUENCIA DE PULSO EN CANINOS DE AGILITY POST EJERCICIO.**



**FIGURA 3. VARIACIÓN EN LA FRECUENCIA RESPIRATORIA EN CANINOS PRACTICANTES DE AGILITY POST EJERCICIO.**

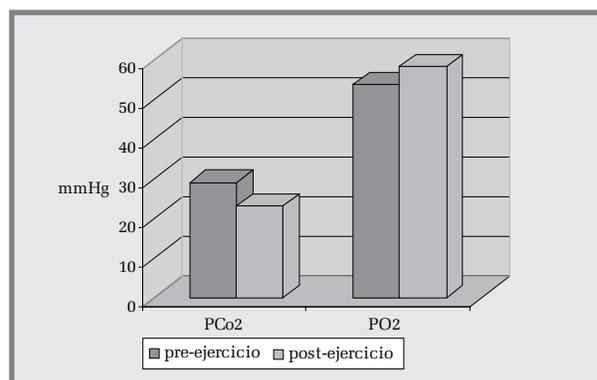


La tasa respiratoria tuvo un aumento marcado. Sin embargo, cabe resaltar que para el momento de llegada al lugar de muestreo los animales manifestaban jadeo y excitación, esto como respuesta anticipada al ejercicio, lo que se podría llamar ansiedad al juego. Los perros responden al ejercicio con hiperventilación (jadeo), que es causada por incremento en la temperatura corporal, incremento en la demanda de oxígeno, excitación, estimulación de los centros respiratorios, o algunas combinaciones de estos factores (Steiss *et al.*, 2004). La hiperventilación lleva consigo a un descenso en el  $PCO_2$  (hipocapnia) por aumento en su eliminación y a su vez a un aumento en el  $PO_2$  por incremento en la entrada para este gas.

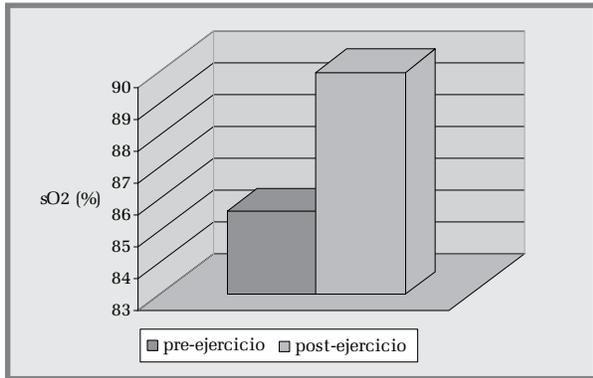
En los caninos se generó un aumento significativo al  $P < 0,05$  para  $PO_2$  y  $SO_2$  (Figuras 4 y 5), y un descenso

significativo al  $P < 0,001$  para  $PCO_2$  y de igual manera la  $TCO_2$  (Figuras 4 y 6). Sin embargo, aunque disminuyó la  $PCO_2$  post ejercicio en comparación a la de control, siempre los valores se encontraron por debajo de los referenciales (30,8 a 42,8 mmHg), esto a causa del jadeo que se presenta al arribo del canino al sitio de competencia, como respuesta a la ansiedad que genera el Agility como juego para él. Durante el jadeo, la respiración causa que la eliminación de  $CO_2$  sea más rápida que su producción, porque la frecuencia respiratoria es incrementada para termorregular más que para necesidades metabólicas. Esto hace que la concentración de  $CO_2$  en sangre caiga (Hill *et al.*, 2004). En relación con el oxígeno, el cuerpo contiene normalmente este gas almacenado y puede usarse para el metabolismo aerobio aun sin respirar más oxígeno. Con el ejercicio este almacenamiento se utiliza, por lo que esta reserva debe reponerse por medio de la respiración, obteniendo cantidades de oxígeno adicionales y superiores a las exigidas por las necesidades normales. En los primeros minutos del ejercicio, la captación de oxígeno aumenta más de 15 veces. Luego, incluso habiendo finalizado el ejercicio, sigue habiendo una captación de oxígeno superior a lo normal, muy intensamente al principio mientras el organismo está reconstituyendo el sistema del fosfágeno y devolviendo la cantidad de oxígeno de reserva correspondiente a la deuda de oxígeno, y luego durante otra hora más a un nivel más bajo mientras se elimina el ácido láctico (Guyton *et al.*, 2001).

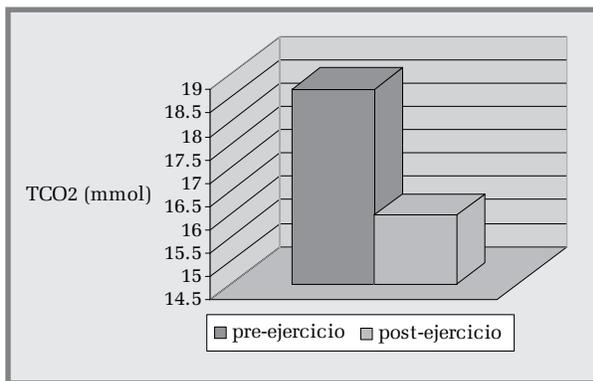
**FIGURA 4. COMPARACIÓN DE LAS VARIACIONES DE  $PCO_2$ ,  $PO_2$  POST EJERCICIO EN CANINOS.**



**FIGURA 5. VARIACIÓN EN LA  $SO_2$  EN CANINOS PRACTICANTES DE AGILITY POST EJERCICIO.**



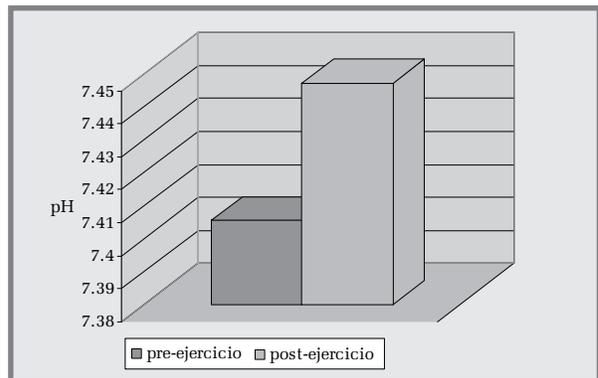
**FIGURA 6. CAMBIO EN  $TCO_2$  EN CANINOS POST ENTRENAMIENTO DE AGILITY.**



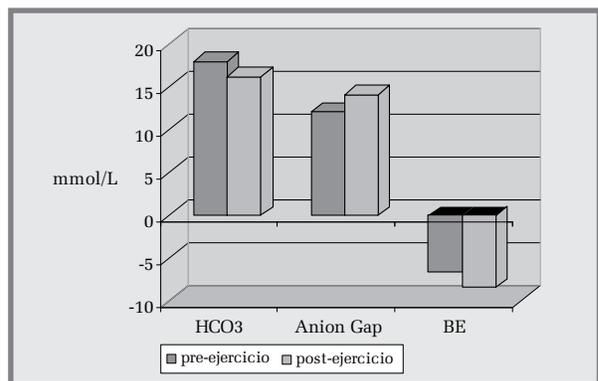
Como se presentó una disminución en la  $PCO_2$ , este descenso incrementa el pH sanguíneo, por aumento en la relación de bicarbonato:  $PCO_2$ . Aunque los valores de pH arterial se encontraron entre los referenciales, hubo un ascenso significativo al  $P < 0,001$ , con tendencia al límite superior (ver Figura 7). Además el bicarbonato junto con el BE y el Anion Gap, descendieron de una forma significativa al  $P < 0,001$ , llegando a pasar el límite inferior de referencia para cada una de las variables (Figura 8). De esta manera se puede deducir un cambio ácido-básico en el que prima la alcalosis respiratoria y como compensación una acidosis metabólica. Se identifica la alcalosis respiratoria como perturbación primaria, por las variaciones que presenta el pH,  $PCO_2$  y Bicarbonato después del ejercicio. Con estos mismos valores, se puede determinar una acidosis metabólica, pero que en este caso, actúa como compensación al tras-

torno ácido-básico primario, pues ellos muestran la respuesta compensatoria a través del descenso de unidades bicarbonato con relación al descenso de unidades de  $PCO_2$  (compensaciones renales y respiratorias esperadas a los trastornos acidobásicos. Se descarta una perturbación ácido-básica mixta porque no existe una acidosis láctica que superponga la alcalosis respiratoria, que si puede ocurrir en caninos que se ejercitan a un grado máximo (Di Bartola, 2000), porque aunque el lactato aumenta de manera significativa, se encuentra en los valores normales. Se ha descrito un patrón metabólico similar (alcalosis respiratoria con acidosis metabólica) en Galgos inmediatamente después de competencia (Ilkiw *et al.*, 1989) (Rose *et al.*, 1989) y labradores Retrievers posterior al ejercicio (Matwichuk *et al.*, 1999).

**FIGURA 7. CAMBIO EN pH EN CANINOS POST ENTRENAMIENTO DE AGILITY.**



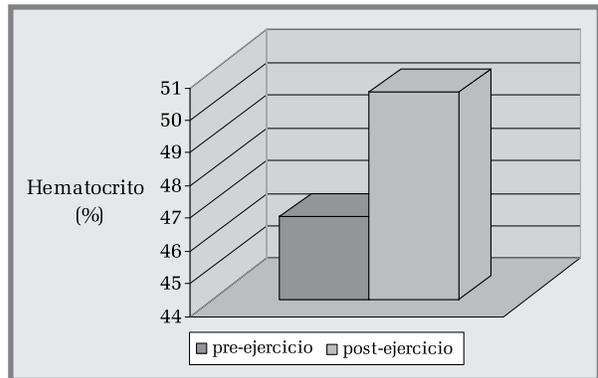
**FIGURA 8. COMPARACIÓN DE LAS VARIACIONES DE  $HCO_3$ , ANION GAP, BE, POST EJERCICIO EN CANINOS.**



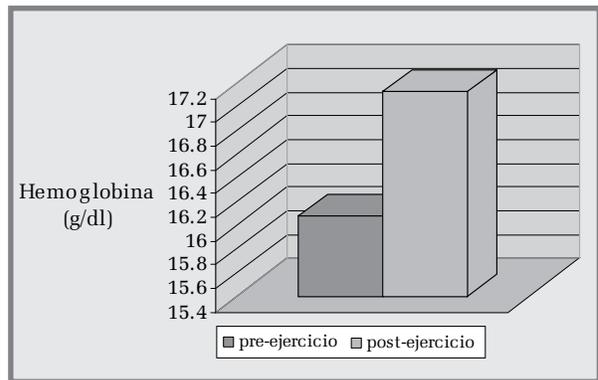
Para los valores de Hematocrito y Hemoglobina se presentó un incremento significativo al  $P < 0,001$ , pero conservándose en los rangos (Figuras 9 y 10). Los cambios que se observan en la sangre circulante cuando un animal hace ejercicio, son notablemente rápidos. El ejercicio tiene efectos variables en el hemograma dependiendo de la intensidad del trabajo. El ejercicio generalmente resulta en la movilización de eritrocitos de origen esplénico y por lo tanto hay un incremento en el transporte de oxígeno. Tanto en el ejercicio, como la excitación, incrementan el volumen de eritrocitos circulantes en un volumen plasmático igual o reducido, resultando en un aumento del hematocrito, de la concentración de hemoglobina y de la cuenta de eritrocitos (Snow *et al.*, 1998). Sin embargo otro punto importante a discutir es la deshidratación como producto del ejercicio realizado para la población en estudio, por el aumento significativo en el hematocrito y hemoglobina, que denotan hemoconcentración, porque aunque se puede atribuir este cambio a la contracción esplénica, para este estudio, los valores se relacionan más con la hemoconcentración por pérdida de agua pura, conclusión a la que se puede llegar con apoyo en los resultados obtenidos para sodio y a través de la fisiopatología del jadeo. Además, la diferencia entre las medias pre y post actividad física es de casi 5 puntos, lo que se puede expresar como una deshidratación leve.

La hemoconcentración (deshidratación) inducida por el ejercicio se desarrolla cuando la cantidad de agua que se pierde a partir del cuerpo no es adecuadamente reestablecida a través del consumo de líquido, además se debe tener en cuenta que los perros termorregulan principalmente a través de la pérdida de vapor de agua (Burr *et al.*, 1997).

**FIGURA 9. VARIACIÓN DEL HEMATOCRITO EN PERROS DE AGILITY.**

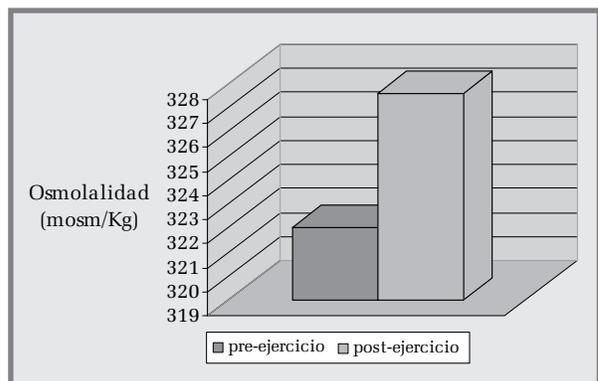


**FIGURA 10. VARIACIÓN DE LA HEMOGLOBINA TRAS EL EJERCICIO EN PERROS DE AGILITY.**



El incremento significativo de Sodio al  $P < 0,001$ , más la hiperosmolalidad igual de significativa, denotan déficit en agua pura con concentración de partículas (Figuras 11 y 12).

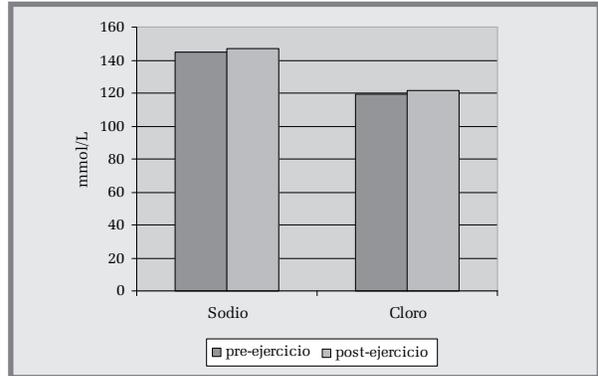
**FIGURA 11. VARIACIÓN EN LA OSMOLALIDAD COMO CONSECUENCIA DEL EJERCICIO EN PERROS ATLETAS DE AGILITY.**



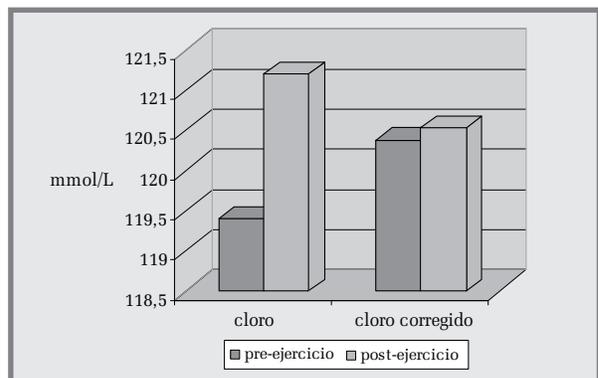
Cuando se desarrolla un déficit de agua pura, el LEC se torna hipertónico en relación con el LIC y fuerzas osmóticas llevan agua del compartimiento intracelular al extracelular. El resultado final es que la pérdida de volumen (hipovolemia) es compartida de manera proporcional entre los compartimientos extracelular e intracelular. Así, la hipertonicidad asociada con pérdida de agua pura suele implicar que el consumo de agua ha sido insuficiente (Di Bartola, 2000). Con la pérdida de agua pura que se desencadena del jadeo, no se pierden sales porque la evaporación ocurre dentro del cuerpo y solo vapor de agua se pierde con el aire exhalado. Además, con la hiperosmolalidad obtenida (media 327,592), se puede clasificar esta deshidratación, como una hiperosmótica. Para el estudio la osmolalidad tanto inicial como final se encontró por encima de la referencia, volviendo al planteamiento realizado al inicio de esta discusión y es que se generan cambios previos al ejercicio por la ansiedad, que para este caso se le atribuyen básicamente al jadeo.

Con relación al Cloro, el aumento entre los valores previos al ejercicio con los posteriores, es significativo al  $P < 0,001$  (Figura 12). Este cambio haría pensar que estuviera ocurriendo una hipercloremia artificial, que se debe exclusivamente a un cambio en el contenido de agua del plasma sin un desequilibrio en el contenido de electrolitos causando dilución o concentración de aniones y cationes. En consecuencia, las concentraciones de sodio y cloruro cambian de manera paralela. Por tanto, junto con el cloruro debe valorarse también el sodio a fin de explicar las modificaciones en el equilibrio de agua. Motivo por el cual, la concentración de cloruro de un paciente se “corrige” para tomar en cuenta los cambios en la concentración de sodio. En caso de que al corregir el cloro, los valores se encuentren normales, se habla de una hipercloremia artificial (Di Bartola, 2000). En el caso de este estudio, luego de corregir el cloruro, los valores permanecieron por encima de los referenciales, lo que determina una hipercloremia corregida causada por la alcalosis respiratoria (Figura 13).

**FIGURA 12. COMPARACIÓN DE LOS VALORES PLASMÁTICOS DE SODIO Y CLORO EN PERROS DEPORTISTAS PRACTICANTES DE AGILITY PREVIO Y POSTERIOR AL EJERCICIO.**



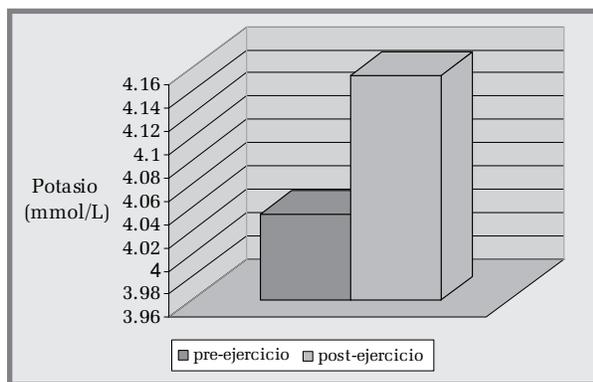
**FIGURA 13. COMPARACIÓN ENTRE LOS RESULTADOS DE CLORURO VS. CLORO CORREGIDO PARA CANINOS POST EJERCICIO.**



Para el potasio se obtuvo un incremento significativo al  $p < 0,01$ ; hecho que se atribuye, a que la mayoría del potasio corporal se encuentra localizado en el músculo esquelético (Figura 14). El potasio es un mediador importante de la hiperemia en el músculo ejercitado, por lo que es liberado desde el compartimiento de fluido intracelular del músculo en ejercicio, y actúa para incrementar el flujo sanguíneo para ese músculo (causando dilatación de arteriolas precapilares). El potasio liberado por el músculo esquelético ejercitado es una causa de hipercalemia durante y posterior al ejercicio enérgico (Jonson, 1998). La degradación hística masiva suele ocasionar hipercalemia transitoria mientras el potasio liberado se

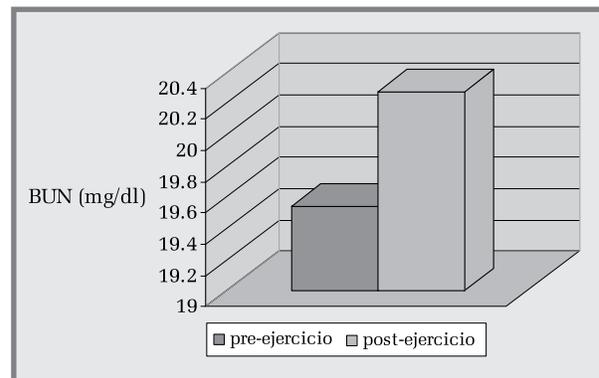
excreta en los riñones. La hipertonicidad a veces es responsable por la hipercalemia. El aumento brusco de la presión osmótica impulsa al LIC hacia el compartimiento extracelular. Esto a su vez promueve un arrastre de solventes en el cual el potasio es retirado o lavado de la célula. La resolución espontánea se producirá cuando desaparezca la hipertonicidad. De igual modo, la hipertermia produce hipercalemia que desaparece espontáneamente una vez que ella es corregida (Willard, 1991).

**FIGURA 14. REPRESENTACIÓN DE LA VARIACIÓN DE POTASIO PARA CANINOS POST EJERCICIO.**



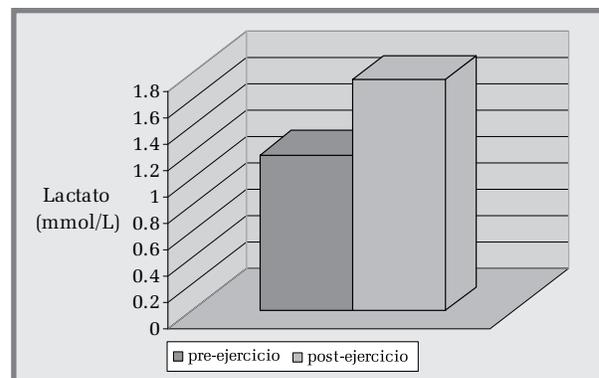
Los cambios en el nitrógeno uréico en sangre dependen del estado de catabolia proteínica, y pueden descubrirse valores artificialmente altos o bajos por este motivo, de manera independiente de una función renal normal (Sodeman *et al.*, 1998). Los niveles de BUN aumentaron significativamente al  $p < 0,05$  tras el ejercicio, pero se conservaron entre los referenciales (Figura 15). Los altos niveles séricos de BUN, son el resultado de un incremento en el catabolismo proteico para proveer energía para el trabajo. Durante el ejercicio prolongado, la oxidación proteínica puede proveer hasta un 10% de energía necesaria para el trabajo muscular. En un estudio realizado por Burr y colaboradores, para perros de trineo en competencia de largas distancias, se reporta un incremento la concentración de BUN en suero en respuesta al ejercicio (Burr *et al.*, 1997).

**FIGURA 15. RESULTADOS DE BUN PARA CANINOS POST EJERCICIO EN PRUEBAS DE AGILITY.**

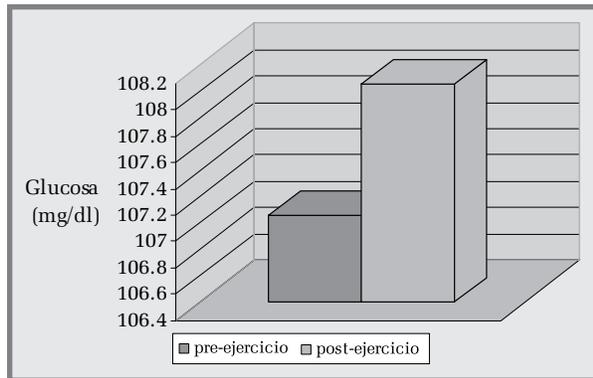


Un incremento significativo al  $P < 0,01$  de los niveles de lactato, se evidenció tras el ejercicio realizado (Figura 16). Para la glucosa se observó un ligero aumento en los valores, sin embargo este cambio no fue significativo (ver Figura 17). Elevación en la concentración de lactato tras el ejercicio, también se observó en investigaciones previas para Galgos de carreras (Snow *et al.*, 1998) (Ilkiw *et al.*, 1989), perros de trineo (Burr *et al.*, 1997) y Labradores Retrievers (Matwchuk *et al.*, 1999).

**FIGURA 16. RESULTADOS DE LACTATO PARA CANINOS POST EJERCICIO EN PRUEBAS DE AGILITY.**



**FIGURA 17. RESULTADOS DE GLUCOSA PARA CANINOS POST EJERCICIO EN PRUEBAS DE AGILITY.**



El mantenimiento de la contracción muscular durante el ejercicio requiere el aporte de grandes cantidades de energía química. El ATP es el vehículo intracelular universal de energía química dentro del músculo esquelético, cuando el glucógeno almacenado en el músculo se degrada, puede proporcionar glucosa, y esa glucosa se utiliza después para obtener energía. En la glucólisis, la glucosa produce ácido pirúvico, que pasa seguidamente a las mitocondrias de las células musculares y reacciona con el oxígeno para formar ATP. Sin embargo, cuando no hay oxígeno suficiente para este segundo paso (la fase oxidativa) del metabolismo de la glucosa, la mayoría del ácido pirúvico se convierte en ácido láctico, el cual sale entonces de las células musculares y pasa al líquido intersticial y a la sangre. Los músculos no almacenan directamente glucosa, es posible su obtención a través de la síntesis hepática (gluconeogénesis); por esto es posible encontrar glucosa en la circulación general para su captación y uso, luego de estar recién formada (Wasserman *et al.*, 2005). Los niveles de lactato aumentan con el ejercicio durante la hipertermia inducida por éste. La concentración posterior al ejercicio provee un indicador del nivel de intensidad del ejercicio, a mayor intensidad mayor el nivel de concentración.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Después del ejercicio realizado durante las pruebas de Agility, todos los caninos presentaron un marca-

do incremento de la temperatura rectal, porque sólo cerca del 25% de la energía química se convierte en trabajo y el resto de la energía se convierte en calor.

La frecuencia de pulso, aumenta en manifestación al incremento de la frecuencia cardiaca, que se genera en respuesta al ejercicio, que lleva a un aumento del gasto cardiaco para cubrir la demanda de oxígeno de los músculos activos. El aumento de la frecuencia cardiaca en los atletas caninos también se puede generar como respuesta anticipada al ejercicio, además que la ansiedad aumenta la frecuencia.

Los perros responden al ejercicio con hiperventilación (jadeo), que es causada por incremento en la temperatura corporal, incremento en la demanda de oxígeno, excitación, estimulación de los centros respiratorios, o algunas combinaciones de estos factores. La hiperventilación lleva consigo a un descenso en el  $PCO_2$  (hipocapnia) por aumento en su eliminación y a su vez a un aumento en el  $PO_2$  por incremento en la entrada para este gas.

La población de caninos deportistas practicantes de Agility, presentó una disminución en la  $PCO_2$  y este descenso incrementó el pH sanguíneo, por aumento en la relación de Bicarbonato:  $PCO_2$ . Generándose un trastorno ácido-básico en el que prima la alcalosis respiratoria y como compensación una acidosis metabólica.

Como producto del ejercicio realizado para la población en estudio, se presentó deshidratación, manifestada en un aumento significativo en el hematocrito y hemoglobina, denotando hemoconcentración por pérdida de agua pura, conclusión a la que se puede llegar con apoyo en los resultados obtenidos para sodio y a través de la fisiopatología del jadeo.

La deshidratación presentada por los caninos de Agility durante la investigación, se clasificó como una deshidratación hiperosmótica, lo que sugiere la

instauración de una terapia de fluidos hiposmóticos para su corrección. Que se puede prever a través de la administración por el mismo propietario, verificando que el canino consuma una correcta cantidad de agua antes, después de la actividad física, al igual que durante el tiempo de receso entre paso por pista.

Al corregir el cloro pre y post ejercicio, los valores permanecieron por encima de los referenciales, lo que determina que los perros luego de la actividad realizada en competencias de Agility presentan una hipercloremia corregida causada por la alcalosis respiratoria.

El potasio es un mediador importante de la hipere-mia en el músculo ejercitado, por lo que es liberado desde el compartimiento de fluido intracelular del músculo en ejercicio, y actúa para incrementar el flujo sanguíneo para ese músculo. Presentándose, entonces, una hipercalemia luego del ejercicio realizado en las pruebas de Agility.

Los altos niveles séricos de BUN obtenidos tras el ejercicio son el resultado de un incremento en el catabolismo proteico para proveer energía para el trabajo.

Tras el ejercicio realizado por los perros de esta investigación, se observó un incremento en los niveles de lactato sérico; y la concentración posterior al ejercicio provee un indicador del nivel de intensidad del ejercicio (a mayor intensidad mayor el nivel de concentración). Por esta razón estos individuos aunque presentaron el aumento en esta variable, no alcanzaron a presentar una acidosis láctica, seguramente por el poco tiempo que dura cada prueba de la competencia. Sin embargo este factor debe tenerse en cuenta para controlar el incremento de lactato.

Una ventaja del jadeo para el perro, es que en comparación con la sudoración, no se pierden sales, porque la evaporación ocurre dentro del cuerpo y solo

vapor de agua pura se pierde con el aire exhalado. Pero también tiene desventajas en comparación a la sudoración. A causa del esfuerzo muscular requerido para jadear, la evaporación de cierta cantidad de agua requiere más energía (e implica más producción de calor). Otra desventaja es que induce alcalosis respiratoria, y una elevación del pH de los fluidos corporales causado por la remoción de dióxido de carbono. Durante el jadeo, la respiración causa que la eliminación de CO<sub>2</sub> sea más rápida que su producción, porque la frecuencia respiratoria es incrementada para termoregular más que para necesidades metabólicas. Esto hace que la concentración de CO<sub>2</sub> en sangre caiga. Como consecuencia la concentración de hidrógeno en sangre cae y el pH de la sangre aumenta, esta alcalinidad (alcalosis) puede tener efectos mayores porque muchas enzimas y procesos celulares son altamente sensibles al pH.

El analizador portátil sanguíneo empleado para este estudio, es usado principalmente para monitorear pacientes en unidades de cuidado crítico, sin embargo el equipo sirve para evaluar en campo los perros deportistas. Esta tecnología evita la necesidad del almacenamiento y el transporte de muestras sanguíneas. Los cartuchos de este analizador, están disponibles para analizar muchos de los componentes de interés en perros de desempeño, incluyen gases arteriales, electrolitos, glucosa y lactato.

Para posteriores investigaciones en caninos deportistas, se sugiere la toma de proteínas plasmáticas totales, para diferenciar claramente la causa del aumento de hematocrito y hemoglobina, entre las que posiblemente se encuentra la deshidratación y la contracción esplénica.

Próximos estudios deben realizarse bajo diferentes condiciones climáticas y geográficas (altitud sobre el mar), puesto que factores como el calor y la humedad puede generar cambios diferentes a los obtenidos en este trabajo.

Se recomienda tomar las muestras de control (previas al ejercicio), en un día en que el perro no entrene o se encuentre en su ambiente de hogar, puesto que con los resultados obtenidos para este estudio, se verificó la respuesta anticipada del canino al deporte, que afectó las variables de frecuencia de pulso y respiratoria.

Se sugiere que en próximas investigaciones similares a esta para perros de Agility, se incluya un grupo más amplio de atletas por categoría (*Small, Medium*

y *Large*), con el fin de obtener márgenes más exactos para la interpretación, análisis y discusión de resultados.

Conociendo los resultados en cuanto a cómo el ejercicio influye sobre las respuestas fisiológicas, sería ideal continuar esta línea de investigación, con el fin de corregir estas alteraciones y así asegurar un desempeño y salud del canino deportista practicante de Agility en la ciudad de Bogotá.

## BIBLIOGRAFÍA

- ACCC. *Historia del Agility*. <<http://www.accc.com.co/Agility.asp>> [2003].
- Alcaldía Mayor de Bogotá. *Geografía Bogotana*. <<http://www.bogota.gov.co/portel/libreria/php/decide.php?patron=01.010101>> [2006].
- Bjotvedt, G.; Weems, C. y Foley, K. "Strenuous exercise may cause health hazards for racing greyhounds". *Veterinary Medicine Small Animals Clinics* 79. (1993): 1481-1487.
- Baxter Nate. *Heat stroke and overheating in dogs: treatment & prevention*. <<http://personal.uncc.edu/jvanoate/k9/heat.htm>> [1999].
- Birchard, J. y Sherding, R. *Manual Clínico de Pequeñas Especies*. México: Mc Graw Hill, 1996.
- Bistner, S.; Ford, R. y Raffe, M. *Manual de terapéutica y procedimientos de urgencia en pequeñas especies*. (Séptima Ed.) México: Mc Graw Hill, 2002.
- Boix, J. *Agility: fundamentos, aprendizaje y competición*. Barcelona: Hispano Europea, 2001.
- Bonilla, W. *et al. Reglamento de Agility. Asociación Club Canino Colombia*. <<http://www.accc.com.co/files/regAgility.doc>> [2004].
- Burr, J. *et al.* "Serum biochemical values in sled dogs before and after competing in long-distance races". *Journal of American Veterinary Medical Association* 211 2. (1997): 175-179.
- Curtis, H. y Barnes, S. *Biología: ¿cómo hacen ATP las células: glucólisis y respiración?*. Cali: Médica Panamericana, 1999.
- Dampney, R. "Cardiovascular Alterations Associated with bursts of Panting In the Exercising Dog". *Journal of Physiology* 238. (1974): 17-36.
- Di Bartola S. "Fluidoterapia y Alteraciones Hidroelectrolíticas: Hiponatremia". *Clínicas Veterinarias de Norteamérica Práctica en Pequeños Animales* 19 2. (1991): 15-34.
- - -. *Terapéutica de Líquidos en pequeñas especies*. (Segunda Ed.) México: Mc Graw Hill, 2000.
- Engelhardt, W. y Breves, G. *Fisiología Veterinaria*. Zaragoza: Acribia, 2002.
- Farías, G. *Gasometría: equilibrio ácido-base en la clínica: interpretación clínica de la gasometría*. (Segunda Ed.) México: Manual Moderno, 2004.
- Guyton, A. y Hall, J. *Tratado de fisiología médica: fisiología de los deportes*. (Décima Ed.) México: Mc Graw Hill, 2001.

- Hershel, R. *Secretos de la fisiología: fisiología del ejercicio y bioenergética de la contracción muscular*. México: Mc Graw Hill, 2000.
- Hill, R. "The Nutritional requirements of exercising dogs". *The Journal of Nutrition* 128. (1998): 2686s-2690s.
- , Wyse, G. y Anderson, M. *Animal Physiology*. Massachusetts: Sinauer Associates, 2004.
- Hinchcliff, K.; Kaneps, A. y Geor, R. *Equine sports medicine and surgery: basic and clinical sciences of the equine athlete: hematologic and serum biochemical responses to exercise and training*. Philadelphia: Saunders, 2004.
- , et al. "Effect of racing on serum sodium and potassium concentrations and acid-base status of Alaskan sled dogs". *Journal of American Veterinary Medical Association* 210 11. (1997): 1615-1618.
- Ilkiw, J. Davis, P. y Church, D. "Hematologic, Biochemical, Blood-gas, and acid-base values in Greyhounds before and after exercise". *American Journal of Veterinary Research* 50. (1989): 583-586.
- i-STAT Corporation. *Analizadores clínicos portátiles y cartuchos*. Manual del usuario.
- . *Cartridge and Test Information Sheets*. <<http://www.i-stat.com/products/ctisheetss/714258-00h.pdf>>. [2005].
- . *Cartridge Family*. <<http://www.i-stat.com/website/www/products/cartridges-family.htm>> [2005].
- Johnson, P. "Fluids and Electrolytes in Athletic Horses: Physiology of Body Fluids in the Horse". *Veterinary Clinics of North America Equine Practice* 14 1. (1998): 1-22.
- Matwichuk, C.; Taylor, S.; Shmon, C.; Kass, P. y Shelton, D. "Changes in rectal temperature and hematologic, biochemical, blood gas, and acid-base values in healthy Labrador Retrievers before and after Strenuous exercise". *American Journal of Veterinary Research* 60 1. (1999): 88-92.
- Maxwell, M.; Kleeman, C. y Narins, R. *Clinical Disorders and Fluid and Electrolyte Metabolism: Medical and Surgical Conditions: Disorders of heat regulation*. New York: Mc Graw Hill, 1989.
- Meyer, D. y Harvey, J. *Veterinary Laboratory Medicine. Interpretation and Diagnosis*. (Second Ed.) Philadelphia: W.B. Saunders Company, 1998.
- Mc Ardle, W.; Katch, F. y Katch, V. *Fundamentos de fisiología del ejercicio*. (Segunda Ed.) Madrid: Mc Graw Hill, 2000.
- Parmeggiani, P.; Azzaroni, A. y Calasso, M. *Actas de Fisiología: A comparative study of countercurrent and conductive selective hypothalamic cooling during sleep*. <<http://www.rau.edu.uy/universidad/medicina/actas7/symposia.pdf>> [2001].
- Raff, H. *Secretos de la Fisiología: Fisiología del ejercicio y bioenergética de la contracción muscular*. México: Mc Graw Hill, 2000.
- Randall, D.; Burggen, W. y French, K. *Eckert: Fisiología Animal: Mecanismos y Adaptaciones*. Madrid: Mc Graw Hill Interamericana, 2002.
- Robertson, S. "Desórdenes Ácido/Base simples". *Clínicas Veterinarias de Norteamérica Práctica en Pequeños Animales* 19 2. (1991): 107-129.
- Rose, R. y Bloomberg, M. "Response to sprint exercise in the greyhound: effects on haematology, serum biochemistry and muscle metabolites". *Research of Veterinary Science* 47. (1989): 212-218.
- Sawka, M. y Montain, S. "Fluid and electrolyte supplementation for exercise heat stress". *The American Journal of Clinical Nutrition* 72. (2000): 564s-572s.
- Snow, D.; Kerr, M. y Stuttard, E. "Changes in hematology and plasma biochemistry during maximal exercise in greyhounds". *Veterinary Record* 123. (1998): 487-489.

- Sodeman, W. y Sodeman, T. *Fisiopatología clínica de Sodeman: mecanismos de producción de los síntomas*. (Séptima Ed.) México: Interamericana, 1988.
- Sodikoff, C. *Pruebas diagnósticas y de Laboratorio en pequeños animales: una guía para el diagnóstico de laboratorio*. (Tercera Ed.) Madrid: Harcourt, 2002.
- Sotomayor, C. *Agility el deporte canino por excelencia*. <<http://www.amicsdelgos.com/Agility.htm>>, [2002].
- Sport Can. *Historia del Agility*. <<http://www.sportcan.net/Agility.htm>> [2006].
- Steiss, J.; Ahmad, H.; Cooper, P. y Ledford, C. "Physiologic responses in Healthy Labrador Retrievers during Field Trial Training and Competition". *Journal Veterinary Internal Medicine* 18. (2004): 147-151.
- Stämpfli, H. "How to use the routine serum biochemical profile to understand and interpret Acid-Base disorders". *Proceedings of the 9<sup>th</sup> World Congress of Veterinary Anaesthesiology, Santos, Brasil*.
- Swenson, M.; Reece, W. *Fisiología de los Animales Domésticos de Dukes: Mecanismos de control del sistema circulatorio*. (Segunda Ed.) México: Uteha Noriega, 1999.
- Teixeira, F. "Fluid Therapy in the Small Animal Surgical Patient". *Proceedings of the 9<sup>th</sup> World Congress of Veterinary Anaesthesiology September, Santos, Brazil*.
- W. Dan. *Its hot out does your dog need electrolytes at healthy as a dog*. <<http://healthyasadog.com/?p=37>> [2006].
- Wasserman, K. *et al. Principles of Exercise Testing and Interpretation. Including Pathophysiology and Clinical Applications*. (Fourth Ed.). Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins, 2005.
- Willard, M. "Fluidoterapia y Alteraciones Hidroelectrolíticas: Alteraciones en la Homeostasis del Potasio". *Clínicas Veterinarias de Norteamérica Práctica en Pequeños Animales* 19. 2. (1991): 49-77.