

CAPACIDAD ANTIOXIDANTE TOTAL DEL PLASMA EN FONDISTAS DE DIVERSAS ALTITUDES

TOTAL ANTIOXIDANT CAPACITY OF PLASMA IN LONG-DISTANCE RUNNERS FROM DIFFERENT ALTITUDES

Alan Murillo Salas¹, Néstor López Avilés¹, Emilio Guija Poma², Luzmila Troncoso Corzo³, Victoria Bobadilla Flórez⁴, Abraham Araujo Díaz⁵, Roberto Baltodano Arellano⁶, Cristel Apac Canchumanta⁷, Stefan Arends Damiani⁸, Sol Perleche Torres⁸, Paul Ruiz Pinto⁸, María Alejandra Baluarte La Torre⁸, Bryan Astorga Guerrero, Milagros Rodríguez Salas⁹, Luis Chirinos Rojas⁹

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo comparar los niveles de capacidad antioxidante total del plasma (CAT) en fondistas procedentes de diversas ciudades y altitudes: Huancayo (3245 m. s. n. m.), Arequipa (2350 m. s. n. m.), Cusco (3399 m. s. n. m.) y Lima (154 m. s. n. m.), en el Perú. Treinta y dos varones nativos, residentes en las diferentes altitudes señaladas y que practican fondismo participaron en esta investigación. Después del consentimiento informado, se obtuvo muestras de sangre para el análisis antioxidante mediante el método FRAP (Ferric Reducing Ability of Plasma). Los valores promedio de CAT encontrados fueron los siguientes: para Cusco, 1113,1 micromol Fe²⁺/l; para Huancayo, 1211,3 micromol Fe²⁺/l; para Arequipa, 600,3 micromol Fe²⁺/l, y para Lima, 304,5 micromol Fe²⁺/l. Se halló, además, una diferencia significativa en los valores de CAT en los grupos de Huancayo y Cusco, con respecto a los encontrados en los grupos

de Arequipa y Lima ($p < 0,05$). De igual manera, se encontró una diferencia significativa entre el grupo de Arequipa y el de Lima ($p < 0,05$). Finalmente, se concluyó que los niveles de CAT fueron superiores en los grupos de Huancayo ($n = 8$), Cusco ($n = 8$) y Arequipa ($n = 8$), con respecto al grupo de Lima ($n = 8$).

Palabras clave: altitud elevada, capacidad antioxidante total del plasma, fondista

ABSTRACT

In this study we aimed to compare the levels of total antioxidant capacity (T-AOC) in long-distance runners of various altitudes in the cities of Huancayo (3245 meters), Arequipa (2350 m), Cusco (3399 m) and Lima (154 m) Peru. Thirty-two native men living in different altitudes who train long distance race participated in this research. After informed consent blood samples for antioxidant analysis was obtained by FRAP (Ferric Reducing

¹ LABORATORIO DE FISIOLÓGIA. FACULTAD DE MEDICINA HUMANA, UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR.

² CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE BIOQUÍMICA Y NUTRICIÓN. INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN. FACULTAD DE MEDICINA HUMANA, UNIVERSIDAD SAN MARTÍN DE PORRES.

³ CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE BIOQUÍMICA Y NUTRICIÓN. FACULTAD DE MEDICINA HUMANA, UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS.

⁴ DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN FÍSICA, INSTITUCIÓN EDUCATIVA JUANA ALARCO DE DAMMERT.

⁵ UNIDAD TÉCNICA. DIVISIONES MENORES, CLUB ALIANZA LIMA.

⁶ DEPARTAMENTO DE CARDIOLOGÍA, HOSPITAL GUILLERMO ALMENARA MARTINS.

⁷ ESTUDIANTE. FACULTAD DE NUTRICIÓN Y BIOQUÍMICA, UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR.

⁸ ESTUDIANTE. FACULTAD DE MEDICINA HUMANA, UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR.

⁹ ESTUDIANTE. FACULTAD DE MEDICINA HUMANA, UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA.

Ability of Plasma) method. The average values of T-AOC were found: Cusco: 1113.1 $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{l}$; Huancayo: 1211.3 $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{l}$; Arequipa: 600.3 $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{l}$ and Lima: 304.5 $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{l}$. Significant difference was found in T-AOC values in Huancayo and Cusco groups regarding T-AOC values found in Arequipa and Lima groups ($p < 0.05$). It was concluded that the levels of CAT were higher in the groups of: Huancayo ($n = 8$), Cusco ($n = 8$) and Arequipa ($n = 8$) with respect to the Lima group ($n = 8$).

Key words: high altitude, total antioxidant capacity of plasma, long-distance runner

I. INTRODUCCIÓN

Los radicales libres (RL) producidos durante la respiración aeróbica causan pérdida gradual de las funciones celulares, lo que ocasiona estrés oxidativo (EO), principalmente mediante la generación de superóxido mitocondrial y peróxido de hidrógeno (1). El exceso de producción de estos RL y especies reactivas de oxígeno (ERO) en vivo tiene una variedad de efectos dañinos que incluyen la peroxidación de la membrana lipídica, la oxidación de proteínas y la degradación del ADN (2).

Los trabajos sobre el rol del EO en relación con la exposición a la hipoxia y el ejercicio en altura señalan un incremento de la formación de ERO debido a una disminución en la mitocondria del potencial redox o un aumento en la producción de catecolaminas (3). Ante esta amenaza, la respuesta celular antioxidante está dada por mecanismos a través de los cuales la célula anula la reactividad o inhibe la generación de RL (4). Se sabe que los atletas de resistencia sometidos al ejercicio en condiciones de hipoxia tienen una respuesta antioxidante superior en comparación con los individuos sedentarios (5).

Todos los sistemas antioxidantes se encuentran enlazados en un sistema amortiguador celular. Los sistemas antioxidantes se pueden medir de diferentes formas específicas y el sistema amortiguador antioxidante global se puede evaluar en el plasma con las pruebas de capacidad antioxidante total (CAT), la cual depende especialmente de la capacidad y cantidad de albúmina, vitamina C y ácido úrico (AU) (6). La hipoxia es un estímulo potente para el incremento en la producción de urato, sobre todo a gran altitud (7). La principal fuente de un aumento inducido por la hipoxia en el urato es el desglose de adenosina (6).

Una prioridad de estudio en nuestro país es el efecto que tiene la altitud sobre el ser humano, puesto que en nuestros Andes y más allá de los 3500 m. s. n. m. vive alrededor del 15% de los peruanos ya sea por motivos de trabajo, comercio, turismo y deporte (8). Nuestros atletas se ven enfrentados a uno de los factores más limitantes en este desafío, la hipoxia; sin embargo, hoy en día, el entrenamiento de resistencia normalmente incorpora el uso de entrenamiento hipóxico, que implica la exposición breve o prolongada a este fenómeno para así mejorar el rendimiento a nivel del mar (9).

Con la finalidad de aportar a este tema fue que nos propusimos realizar el presente trabajo, que considera la CAT como marcador del estado antioxidante y que los estudios sobre los niveles de este marcador antioxidante son escasos en atletas nativos de altura. Justificamos la realización del presente estudio con la necesidad de tener más datos acerca de los eventos fisiológicos que suceden en diferentes altitudes. Así, nuestros hallazgos contribuirán a una mejor comprensión de la fisiología del sistema antioxidante en condiciones de hipoxia, generadas en las zonas con mayor altitud geográfica de nuestro país. Resulta de

gran interés aprovechar lo mejor de los conocimientos y experiencias adquiridas, para determinar cómo se adaptan las funciones del cuerpo humano.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio descriptivo, transversal y comparativo en el periodo comprendido entre junio y agosto de 2013. Este fue aprobado por las autoridades del Instituto Peruano del Deporte (IPD) y todos los sujetos con sus tutores fueron informados de los riesgos potenciales, incomodidades y beneficios involucrados en el estudio antes de dar su consentimiento informado por escrito.

El estudio se realizó en 32 fondistas varones sanos, participantes regulares en competiciones regionales e internacionales, realizadas en 4 ubicaciones geográficas diferentes. Se seleccionó a 8 voluntarios varones entre los deportistas de la Federación Deportiva Peruana de Atletismo (FDPA), quienes nacieron y entrenan en la ciudad de Lima, a una altitud de 154 m. s. n. m. El resto de atletas fue seleccionado entre los residentes habituales de los

Centros de Alto Rendimiento (CAR), los cuales nacieron y entrenan según la siguiente distribución: 8 deportistas en la ciudad de Arequipa, a 2350 m. s. n. m. (aproximadamente, 550 mmHg), 8 deportistas en la ciudad de Huancayo, a 3245 m. s. n. m. (aproximadamente, 510 mmHg), y 8 deportistas en la ciudad de Cusco, a 3399 m. s. n. m. (aproximadamente, 496 mmHg) (10).

Para la determinación del IMC, mediante el índice de Quetelet, se midió el peso en una balanza calibrada con una precisión de $\pm 0,05$ kg (marca Seca, modelo 700) y la talla, en posición supina, utilizando un tallímetro (según normas reconocidas a nivel internacional: Weiner and Lourie, 1981), con los sujetos ligeramente vestidos y descalzos. El porcentaje de grasa corporal se calculó a partir de seis mediciones de los pliegues cutáneos, en promedio tres mediciones por cada sitio, utilizando un calíper (marca Rosscraft, modelo Gaucho Pro), según criterios ISAK y de acuerdo con la fórmula de Carter-Yuhasz (11). La edad, talla, antropometría y características del entrenamiento de estos cuatro grupos se resumen en la tabla 1.

TABLA 1. EDAD, TALLA, ANTROPOMETRÍA Y CARACTERÍSTICAS DEL ENTRENAMIENTO DE LOS PARTICIPANTES

| Parámetro | Lima <i>n</i> = 8 | Arequipa <i>n</i> = 8 | Huancayo <i>n</i> = 8 | Cusco <i>n</i> = 8 |
|---|----------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------|
| Edad (a) | 17,71 \pm 0,51 | 17,63 \pm 0,50 | 17,10 \pm 0,50 | 17,5 \pm 1,85 |
| Talla (cm) | 168,66 \pm 6,38 | 168,37 \pm 8,12 | 167,96 \pm 3,22 | 167,45 \pm 3,46 |
| Peso (kg) | 62,78 \pm 7,98 | 62,34 \pm 7,76 | 56,34 \pm 4,11 | 56,41 \pm 3,26 |
| Índice de Masa Corporal (IMC) | 22,27 \pm 1,04 | 21,59 \pm 1,51 | 20,33 \pm 1,44 | 20,41 \pm 0,17 |
| Porcentaje de grasa (%) | 8,44 \pm 0,81 | 8,19 \pm 0,37 | 7,76 \pm 1,30 | 7,81 \pm 0,46 |
| Años de entrenamiento | 3,5 \pm 0,43 | 3,43 \pm 0,39 | 3,37 \pm 0,41 | 3,31 \pm 0,34 |
| Sesiones de entrenamiento (días/semana) | 5,62 \pm 0,51 | 5,62 \pm 0,51 | 5,75 \pm 0,46 | 5,75 \pm 0,46 |

Valores: promedio \pm desviación estándar

Para establecer que los atletas de los cuatro grupos tuvieron niveles similares de macronutrientes, se coordinó con los nutricionistas y se elaboró un registro de la dieta durante siete días previos a la

toma de muestras de sangre (12). Para su análisis, se utilizó el sistema Ciencia Fit Dieta 200A (Sciencefit). El análisis de la ingesta alimentaria aparece en la tabla 2.

TABLA 2. APOORTE TOTAL DE MACRONUTRIENTES DE LOS FONDISTAS

| Parámetro | Lima | Arequipa | Huancayo | Cusco |
|----------------------|---------|----------|----------|---------|
| Energía (kcal) | 2997,14 | 3058 | 3053,11 | 3089,15 |
| Carbohidratos (kcal) | 1962,34 | 2000,85 | 2012,48 | 2025,53 |
| Grasas (kcal) | 441,08 | 449,55 | 442,23 | 462,57 |
| Proteínas (kcal) | 593,61 | 607 | 598,35 | 601 |

Valor: promedio \pm desviación estándar

La frecuencia cardíaca y la saturación arterial de oxígeno se midieron usando un oxímetro de pulso marca Nonin, modelo 8000A. Asimismo, las muestras de sangre para el análisis hematológico fueron tomadas de cada sujeto en posición sentada y de la vena antecubital del antebrazo derecho, en tubos Vacutainer, y colocadas en viales con EDTA, con un total de 5 ml cada una. Todas las muestras fueron rotuladas con los nombres de cada participante, se mantuvieron a -20°C para el transporte al laboratorio y se mantuvieron a -40°C (congeladora marca Coldex, modelo CH10P) hasta el análisis final.

La sangre fue centrifugada a 2000 rpm durante 30 minutos (centrífuga marca Sigma, modelo 2-16), la concentración de hemoglobina se realizó por el método de la cianometahemoglobina, el microhematocrito se determinó mediante el método de D'angelo and Lacombe y el recuento de hematíes se obtuvo por el método hematimétrico (13). El plasma fue separado, almacenado en tubos y congelado a -20°C para su adecuado transporte y posterior análisis. El análisis de las características fisiológicas se muestra en la tabla 3.

TABLA 3. CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS DE LOS PARTICIPANTES

| Parámetro | Lima | Arequipa | Huancayo | Cusco |
|---------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Frecuencia cardíaca (lpm) | 54 \pm 6,92 | 55 \pm 7,83 | 59 \pm 7,03 | 57 \pm 5,57 |
| Saturación arterial (%) | 94 \pm 1,02 | 97 \pm 0,99 | 95 \pm 1,45 | 93 \pm 1,60 |
| Hemoglobina (g/dl) | 15,12 \pm 0,54 | 15,52 \pm 0,87 | 16,43 \pm 1,08 | 17,26 \pm 0,57 |
| Hematocrito (%) | 43,47 \pm 1,79 | 45,88 \pm 2,32 | 50,11 \pm 3,10 | 51,6 \pm 2,0 |
| Hematíes (millones/ul) | 4,68 \pm 0,23 | 4,97 \pm 0,32 | 5,51 \pm 0,33 | 5,62 \pm 0,27 |

Valores: promedio + desviación estándar

Se determinaron los niveles plasmáticos de CAT mediante el método FRAP, el cual midió de forma total el potencial reductor de las sustancias antioxidantes del plasma para reducir el tripiridil-triazina férrica (Fe^{3+} -TPTZ) a la forma ferrosa (Fe^{2+}), con una absorbancia máxima a 593 nm. Las concentraciones plasmáticas de FRAP se midieron a una temperatura controlada de 37 °C, en un espectrofotómetro (marca Spectronic, modelo Genesys), de acuerdo con el método propuesto por Benzie y Strain (14). Este análisis se realizó durante el periodo precompetitivo del ciclo de entrenamiento para evitar elevación de las enzimas antioxidantes como producto del aumento de la intensidad y volumen del protocolo orientado a la competición de alto rendimiento (15).

Para verificar la consistencia de datos, se utilizó el programa de archivo de formato Microsoft Office Excel versión 2010. Se realizó el análisis estadístico respectivo mediante la prueba t de Student para grupos independientes y se expresaron todos los resultados como media. El nivel

de significación estadística se estableció fijo en un valor de valor de $p < 0,05$ y los resultados se expresaron como media \pm desviación estándar.

III. RESULTADOS

Los fondistas del grupo de Lima (154 m. s. n. m.) tuvieron menor cantidad de hemoglobina ($15,12 \pm 0,54$), hematocrito ($43,47 \pm 1,79$) y número de hematíes ($4,68 \pm 0,23$) en comparación con los demás grupos (tabla 3). Se midieron los niveles basales de CAT (micromol Fe^{2+}/l) para evaluar el estado antioxidante del plasma. No se encontró diferencia significativa en los valores de CAT encontrados entre los grupos de Cusco y Huancayo, pero sí se observó entre estos dos grupos con respecto a los encontrados en los grupos de Arequipa y Lima ($p < 0,05$). De igual manera, se halló una diferencia significativa entre el grupo de Arequipa y el de Lima ($p < 0,05$) (tabla 4). Los valores de CAT de cada fondista de las diversas altitudes aparecen en la figura 1.

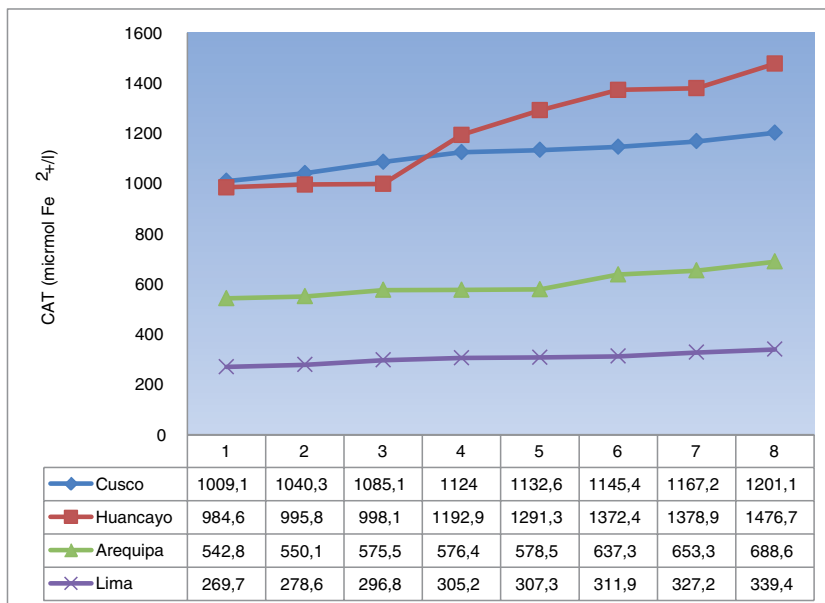


FIGURA 1. VALORES DE CAPACIDAD ANTIOXIDANTE TOTAL DEL PLASMA (CAT) DE LOS FONDISTAS DE LAS DIVERSAS ALTITUDES.

TABLA 4. CUADRO COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE TOTAL DEL PLASMA ENTRE LOS DIFERENTES GRUPOS

| Parámetro | Lima (154 m. s. n. m.) | Arequipa (2350 m. s. n. m.) | Huancayo (3245 m. s. n. m.) | Cusco (3399 m. s. n. m.) |
|---------------------------------------|---------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| CAT (micromol Fe ²⁺ /l) | 304,5 ± 23,1 | 600,3 ± 52,7 ^a | 1211,3 ± 198 ^{a,b} | 1113,1 ± 64,5 ^{a,b} |

Valores: promedio ± desviación estándar

CAT: capacidad antioxidante total del plasma

p < 0,05, ^a en comparación con el grupo de Lima; ^b en comparación con el grupo de Arequipa

IV. DISCUSIÓN

Las recientes investigaciones sobre el sistema antioxidante plasmático en deportistas que entrenan a diversas altitudes mostraron resultados diversos.

El trabajo de Sinha y col. (16) se realizó en dos grupos de soldados varones, el primero conformado por nativos que residen a nivel del mar y el segundo también por nativos que residen a gran altitud (3800 - 4000 m. s. n. m.). El primer grupo fue expuesto, durante 4 semanas, a una altitud de 4560 m. s. n. m. Como resultado, los niveles de CAT fueron superiores y mostraron una correlación positiva ($p < 0.001$) en relación a sus niveles basales. La investigación resaltó la importancia del ácido úrico (AU) como contribuyente en dos tercios del total de CAT en sangre en situaciones de hipoxia, pero puede no ser eficaz para la prevención del estrés oxidativo en la altura. Sin embargo, en el estudio no se consideró al ejercicio como factor oxidativo agregado, a pesar de que los participantes fueron soldados sometidos a entrenamiento físico regular. Tampoco se reportaron datos de nativos que residen por debajo de los 3800 m. s. n. m.

Tong y col. (17) investigaron la influencia de un programa de entrenamiento de 12 semanas sobre una población de jóvenes fondistas, dividida en un grupo de nativos que residen y entrenan a nivel del mar y su contraparte conformada por nativos con las mismas características que fue

sometido al programa de entrenamiento durante el mismo periodo de tiempo, pero a una altitud de 1700 m. s. n. m. Para ello, se realizó una selección homogénea de la población (edad, peso, talla, IMC y años de entrenamiento), con características muy similares a las de nuestro estudio (tabla 1). Se encontró que en ambos grupos no hubo variación en los niveles de CAT al inicio y al final del programa de entrenamiento. Los autores señalaron estos resultados como favorables al contribuir a la regulación del perfil redox como respuesta al entrenamiento de resistencia a largo plazo a baja altitud natural. Cabe destacar que los niveles de CAT no siempre cambian, pues dependen de la intensidad del entrenamiento, la frecuencia y el tiempo, así como de otros factores endógenos (genómicos y fenotípicos) y exógenos (18). Además, en el trabajo no se obtuvo evidencia de algún análisis por encima de los 1700 m. s. n. m. y tampoco sobre exposiciones mayores de 12 semanas. Sin embargo, el ejercicio físico en la altura podría llevar a la exacerbación del estrés oxidativo inducido por la altitud en función de la dosis de hipoxia y la intensidad del ejercicio (19).

El efecto del ejercicio físico sobre la concentración de CAT se consigue tras el entrenamiento físico progresivo, lo que disminuye el estrés oxidativo adaptando los tejidos a los radicales libres y aumentando los niveles de CAT en valores altos a nivel vascular, que reducen el daño oxidativo endotelial (20).

Consideramos como puntos débiles en nuestra investigación el número bajo de deportistas que formaron parte de nuestra población del estudio y de biomarcadores adicionales para aclarar las incertidumbres existentes en el mantenimiento del equilibrio redox en corredores profesionales. Son necesarios estudios posteriores para una mejor comprensión de este fenómeno y extrapolar los resultados a una base de datos que sirva como guía de entrenamiento para el deporte nacional y permita esclarecer la literatura actual.

Para finalizar, nuestro estudio mostró resultados en una muestra de deportistas nativos que residen y entrenan a diferentes altitudes, como las de Cusco (3399 m. s. n. m.), Huancayo (3245 m. s. n. m.), Arequipa (2350 m. s. n. m.) y Lima (154 m. s. n. m.). En el grupo a nivel del mar, los valores de CAT fueron inferiores en relación con los demás grupos.

V. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecemos a las autoridades del Instituto Peruano del Deporte por su colaboración e interés en este estudio, así como el apoyo técnico proporcionado por los metodólogos licenciados en educación física Vladimir Armenteros y Alfredo Herrera. También Estamos también muy agradecidos con el magister en economía Fernando Vásquez, por los análisis estadísticos. Y, en especial, agradecemos a todos los deportistas que se ofrecieron voluntariamente para la investigación y a los trabajadores de los Centros de Alto Rendimiento por su ayuda logística.

CONFLICTOS DE INTERESES

Los autores refieren no tener ningún conflicto de intereses o vínculos financieros a revelar.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Forman HJ, Boveris A. Superoxide radical and hydrogen peroxyde in mitochondria. *Free Radicals in Biology* 1982; 5: 65-90.
2. Halliwell B, Chirico S. Lipid peroxidation: its mechanism, measurement, and significance. *Am J Clin Nutr.* 1993; 57 (5): 715-24.
3. Mazzeo RS, Child A, Butterfield GE, Mawson JT, Zamudio S, Moore LG. Catecholamine response during 12 days of high-altitude exposure (4300 m) in women. *J Appl Physiol.* 1998; 84: 1151-7.
4. Avello M, Suwalsky M. Radicales libres, antioxidantes naturales y mecanismos de protección. *Atenea (Concepc.)* 2006; 2 (494): 161-72.
5. Marzatico F, Pansarasa O, Bertorelli L, Somenzini L, Della Valle G. Blood free radical antioxidant enzymes and lipid peroxides following long distance and lactacidemic performances in highly trained aerobic and sprint athletes. *J Sports Med Phys Fitness* 1997; 37: 235-9.
6. Quintanar M, Calderón J. La capacidad antioxidante total. Bases y aplicaciones. *Revista de Educación Bioquímica* 2009; 28 (3): 89-101.
7. Vij AG, Dutta R, and Satija NK. Acclimatization to oxidative stress at high altitude. *High Alt. Med. Biol* 2005; 6: 301-10.
8. Ramírez A. Exposición toxicológica en las grandes alturas: ¿es necesario corregir los valores límite umbral de exposición de tóxicos? *An. Fac. Med.* 2011; 72 (1): 61-7.
9. Stray-Gundersen J, Chapman RF, Levine BD. "Living high-training low" altitude training improves sea level performance in male and female elite runners. *J Appl Physiol.* 2001; 91: 1113-20.
10. Monge C, León-Velarde F, editores. *El reto fisiológico de vivir en los Andes.* Lima: IFEA-UPCH; 2003.
11. Carter JEL, Yuhasz MS. Skinfolds and body composition of Olympic athletes. *Medicine Sport Scie.* 1984; 18: 144-82.
12. Bingham, S. The dietary assessment of individuals: Methods, accuracy, new techniques and recommendations. *Nutr. Abstr. Rev.* 1987; 57: 705-41.
13. Gonzáles de Buitrago J. *Técnicas y métodos de laboratorio clínico.* 3ra. ed. Barcelona: Elsevier; 2010.
14. Benzie IF, Strain JJ. Ferric reducing/antioxidant power assay: Direct measure of total antioxidant activity of biological fluids and modified version for simultaneous measurement of total antioxidant power and ascorbic acid concentration. *Meth. Enzymol.* 1999; 299: 15-27.

15. Viru A, Viru M. Análisis y control del rendimiento deportivo. Barcelona: Paidotribo; 2003.
16. Sinha S, Singh S, Ray U. Total antioxidant status at high altitude in lowlanders and native highlanders: role of uric acid. *High Altitude Medicine and Biology* 2009; 10 (3): 269-70.
17. Tong TK, Kong Z, Lin H, He Y, Lippi G, Shie Q, Zhang H, Nie J. Effects of 12-week endurance training at natural low altitude on the blood redox homeostasis of professional adolescent athletes: a quasi experimental field trial. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity* 2016; 2016: 1-9.
18. Souza G, Kusano C. Exercise modulation of total antioxidant capacity (TAC): towards a molecular signature of healthy aging. *Frontiers in Life Science* 2011; 5 (3): 81-90.
19. Debevec T, Pialoux V, Mekjavic I, Eiken O, Mury P, Millet G. Moderate exercise blunts oxidative stress induced by normobaric hypoxic confinement. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 2014; 46 (1): 33-41.
20. Suvorava T, Kojda G. Prevention of transient endothelial dysfunction in acute exercise: a friendly fire? *Thromb Haemost.* 2007; 97: 331-3.

RECIBIDO: 8/11/2015
ACEPTADO: 10/12/2015

AUTOR: ALAN PATRICIO MURILLO SALAS
CORRESPONDENCIA: alan-murillo@hotmail.com