

## Efectos de la hipoxia en atletas paralímpicos con entrenamiento escalonado en la altura

### Effects of hypoxia on paralympic athletes receiving phased altitude training

Santiago Calero Morales,<sup>I</sup> Roberto Carlos Caizaluisa Alvarado,<sup>I</sup> Carlos Fabián Morales Pillajo,<sup>I</sup> Andrea Maciel Vera Vilatuña,<sup>I</sup> Fredy Geovanny Moposita Caillamara,<sup>II</sup> Raúl Ricardo Fernández Concepción<sup>III</sup>

<sup>I</sup> Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Ecuador.

<sup>II</sup> Comité Paralímpico Ecuatoriano. Ecuador.

<sup>III</sup> Universidad de Pinar del Río. Pinar del Río.

---

#### RESUMEN

**Introducción:** el entrenamiento deportivo en hipoxia estimula numerosos procesos biológicos de utilidad para alcanzar altos rendimientos, es una necesidad aplicar los métodos más óptimos para lograr mejores bio-adaptaciones.

**Objetivo:** estudiar los efectos de la hipoxia sobre el peso corporal, el lactato y la frecuencia cardíaca máxima en un entrenamiento escalonado de cinco días en altitud en atletas de fondo (5000 m) profesionales paralímpicos.

**Métodos:** se estudian ocho atletas de la selección paralímpica ecuatoriana adaptados a entrenamientos sistemáticos en los  $\pm 2450$  msnm. La muestra se sometió a cinco entrenamientos escalonados en la altura ( $\pm 2808$  msnm;  $\pm 2924$  msnm;  $\pm 2950$  msnm), valorándose los niveles iniciales y finales en el peso corporal, el lactato en sangre y la frecuencia cardíaca máxima.

**Resultados:** el Peso corporal antes de iniciarse el entrenamiento no evidenció pérdidas significativas ( $p= 0,866$ ) al comparar el primer ( $\bar{x}58,9$  Kg) y quinto entrenamiento ( $\bar{x}56,8$  Kg), mientras que sí se presentaron diferencias significativas al finalizarse los entrenamientos ( $p= 0,034$ ). Los índices de lactato antes de iniciado el entrenamiento presentaron diferencias significativas ( $p= 0,018$ ), siendo no significativos al concluir de manera inmediata el entrenamiento ( $p= 0,674$ ). Por otra parte, La frecuencia cardíaca máxima estableció una diferencia significativa ( $p= 0,012$ ) finalizándose de inmediato el entrenamiento con ocho rangos negativos al comparar el primer y quinto entrenamiento, según se estableció con la Prueba de los Rangos con Signo de Wilcoxon.

**Conclusiones:** los efectos de la hipoxia con un entrenamiento escalonado combinándose los cambios de altitud (2450-2950 mnm) durante cinco días en atletas paralímpicos fueron positivos, dado la mejora de la frecuencia cardiaca máxima y la tolerancia y eliminación de lactato, sin evidenciarse una pérdida significativa del peso corporal.

**Palabras clave:** hipoxia; Lactato; frecuencia cardiovascular máxima; peso corporal; paralímpicos; entrenamiento escalonado en la altura.

---

## ABSTRACT

**Introduction:** Hypoxic sports training stimulates a large number of biological processes useful to achieve high athletic results. It is necessary to apply the most efficient methods to obtain better bioadaptations.

**Objective:** Study the effects of hypoxia on body weight, lactate and maximum heart rate during a five-day phased altitude training program with professional Paralympic long-distance (5 000 m) runners.

**Methods:** A study was conducted with eight athletes from the Ecuadorian national Paralympic team, who are used to systematic training at  $\pm 2450$  mamsl. The sample was subjected to five phased altitude training sessions ( $\pm 2808$  mamsl,  $\pm 2924$  mamsl,  $\pm 2950$  mamsl), and initial and final values were recorded for the variables body weight, blood lactate and maximum heart rate.

**Results:** Body weight before the start of training did not show any significant loss ( $p= 0.866$ ) when comparing the first ( $\bar{X}58.9$  kg) and fifth ( $\bar{X}56.8$  kg) sessions, but significant differences were found at the end of training ( $p= 0.034$ ). Lactate values exhibited significant differences before the start of training ( $p= 0.018$ ), but differences were not significant immediately after the end of training ( $p= 0.674$ ). Maximum heart rate showed a significant difference ( $p= 0.012$ ) immediately after the end of the training, with eight negative ranges when comparing the first and the fifth training sessions, as established by the Wilcoxon signed-rank test.

**Conclusions:** The effects of hypoxia in phased training with changes in altitude (2450-2950 mamsl) during a five-day training program with Paralympic athletes were positive, given the improvement in maximum heart rate, and lactate tolerance and elimination, with no evidence of significant loss of body weight.

**Key words:** hypoxia; lactate; maximum heart rate; body weight; Paralympic; phased altitude training.

---

## INTRODUCCIÓN

El entrenamiento deportivo implica la aplicación de estímulos a través de cargas físicas que provocan una bio-adaptación orgánica al esfuerzo, y por ende una súpercompensación que permite un incremento gradual del rendimiento,<sup>1,2</sup> incremento que se refleja en transformaciones morfofuncionales específicas del organismo,<sup>3,4</sup> de allí la importancia del control físico<sup>5</sup> y médico-biológico.<sup>6-8</sup> En este sentido, el trabajo físico provoca adaptaciones orgánicas considerables al someter al organismo a una

---

planificación sistemática, en donde se potencia la aplicación de métodos más óptimos, como es el caso del entrenamiento en la altura.<sup>9-12</sup>

Por lo tanto, el rendimiento físico de un deportista se encuentra de manera estrecha ligado al metabolismo energético<sup>13</sup> y éste en función del tipo de actividad deportiva, de la duración y la intensidad percibida dependerá el estudio de sus fundamentos básicos.

Se debe tener en cuenta que el tipo de producción de energía mayoritario va a estar en dependencia de la intensidad del ejercicio y está en relación con el metabolismo anaeróbico o aeróbico, pero tanto cuando se habla del aeróbico (de forma directa) como del anaeróbico (de forma indirecta a través de la velocidad de recuperación de ese esfuerzo puntual), todos ellos son dependientes del oxígeno y de puntual Consumo Máximo de Oxígeno (VO<sub>2</sub> max); por lo tanto, existe una relación directa entre oxígeno y rendimiento físico.<sup>14</sup> Por ello, la hipoxia estimula numerosos indicadores biológicos,<sup>15-17</sup> incluyéndose lípidos, carbohidratos, enzimas y proteínas que inciden en el peso corporal,<sup>18</sup> puesto que todos estos son la base de la mejora del rendimiento físico en el deporte.<sup>19</sup> De manera específica esa mejora se produce porque la hipoxia mantenida, así como la hipoxia intermitente, e incluso en algunos aspectos el entrenamiento hipóxico, dan lugar a adaptaciones fisiológicas que afectan a la sangre, al músculo y a la circulación sanguínea.<sup>20,21</sup>

Los entrenamientos deportivos que provocan hipoxia suelen ser muy importantes para la mejora de diversos parámetros sanguíneos, permitiéndose la producción endógena de eritropoyetina, estimulándose la producción de glóbulos rojos y de sus precursores los reticulocitos.<sup>22</sup> Esto conlleva a un aumento del VO<sub>2</sub> max y por ende de la resistencia aeróbica, por cuanto el rendimiento físico en pruebas deportivas en las que se ve implicado el metabolismo aeróbico mejora de forma significativa. La hipoxia produce también una clara estimulación en la producción del factor de crecimiento vascular, por lo tanto aumenta la capilarización de los tejidos, y de manera básica de aquellos tejidos afectados por la hipoxia como es el músculo en actividad intensa o en proceso de recuperación.<sup>23</sup> Por ello el uso de indicadores claves como la frecuencia cardiaca suelen ser recurrentes para la planificación del entrenamiento deportivo,<sup>24-26</sup> además de ser un indicador de recuperación orgánica.

Si bien las dificultades de movimiento serán mayores cuando más importante sea la deficiencia en el suministro de oxígeno, se debe tomar en cuenta que cuanto más fuerte son las limitaciones motrices, más difícil se hará el desarrollo psicomotor de la persona,<sup>27</sup> siendo un impedimento adicional si el estudio es realizado en personas no videntes. Una insuficiente implementación del esquema corporal, el equilibrio y la coordinación dinámica general provoca dificultades adicionales para la adquisición de la marcha.<sup>28</sup>

Por lo general la preparación de un deportista vidente es igual al de un deportista no vidente, por lo que el entrenamiento deportivo no se modifica en esencia, la aplicación de periodos de microciclos, mesociclos y macrociclos tienen la misma funcionalidad en los dos casos. De igual manera, el trabajo de las capacidades físicas tiene una estrecha relación con el deportista convencional,<sup>29</sup> de allí la importancia de aplicar diversos principios biológicos del entrenamiento deportivo, como es el caso del principio del aumento gradual de las cargas, el principio de confusión muscular, y el principio de alternancia de las cargas.<sup>30,31</sup>

Por ello, la presente investigación pretende dar un enfoque sobre los efectos de la hipoxia en atletas con discapacidad visual, intelectual y auditiva del Comité Paralímpico Ecuatoriano mediante la aplicación de pruebas de valoración del rendimiento deportivo (peso corporal, lactato y frecuencia cardiaca máxima),

---

determinándose si dichos efectos son positivos o negativos como parte de un entrenamiento escalonado en la altura en un corto tiempo.

## MÉTODOS

Del total de deportistas que conforman las Selección Paralímpica Ecuatoriana de Atletismo (31: todas las modalidades), se seleccionó la totalidad poblacional de la modalidad fondo (5000 m), se estudió a partir de un muestreo intencional a seis deportistas con discapacidad y dos guías sin discapacidad (visual T11: 1 Ciego Total; T12: 2 Ciego Parcial; T20: 2 Intelectual; 1 atleta sordo, más dos guías sin discapacidad), los cuales poseían un entrenamiento sistemático en Conocoto (2,522 msnm).

Las pruebas se realizaron en el Parque La Moya Conocoto ( $\pm 2450$  msnm), Parque la Carolina ( $\pm 2808$  msnm), el Parque Itchimbia ( $\pm 2924$  msnm) y el Parque Chimbacalle ( $\pm 2950$  msnm). Se aplicaron de manera inmediata antes del entrenamiento (a.e) e inmediata después del entrenamiento (d.e) las siguientes pruebas de valoración del rendimiento:

*Peso corporal (P)*. Se utilizó una balanza electrónica.

*Lactato (L)*. Se utilizó el analizador de lactato "Roche Accutrend Plus".

*Frecuencia Cardíaca Máxima (FCM)*. Se utilizó el Garmin 910XT y saturadores de oxígeno. Esta prueba solamente fue aplicada al finalizar el entrenamiento.

El entrenamiento consistió en realizar una carrera de 5000 m a una intensidad similar durante los cinco días que duró la investigación. Para conocer la existencia de diferencias significativas se aplicó la Prueba de los Rangos con Signo de Wilcoxon ( $p \leq 0,05$ ).

## RESULTADOS

La tabla 1 evidencia un promedio de peso corporal antes de iniciado el entrenamiento de 58,9 Kg, y después de finalizado el entrenamiento de 57,6 Kg, son estos cifras significativas diferentes ( $p = 0,012$ ). La Prueba de Lactato evidenció un promedio a.e de 2,6 mmol, y al d.e de 15,1 mmol, fueron estos también significativamente distintos ( $p = 0,012$ ). Por otra parte, el promedio de la frecuencia cardíaca se estableció en 128,8 pulsaciones por minuto (ppm).

**Tabla 1.** Entrenamiento a 2808 msnm. Estudio realizado de manera inmediata antes de iniciar el entrenamiento (a.e) e inmediato después de finalizado el entrenamiento (d.e)

	Martes 03 de mayo 2016				
	Parque La Carolina ±2808 msnm				
	PESO		LACTADO		FCM
	a.e (Kg)	d.e (Kg)	a.e (mmol)	d.e (mmol)	Máx. (ppm)
1	56,8	55,4	2	14,5	140
2	59,1	57,3	3	15,1	130
3	54,4	53,3	2,1	13,6	140
4	62,7	61,2	3,1	19,1	120
5	60,9	59,2	4,1	21,1	130
6	57,8	56,3	2,1	10,8	130
7	61,2	59,9	2,1	16,1	110
8	58,1	57,2	2,1	10,8	130
PROMEDIO	58,9	57,5	2,6	15,1	128,8
Wilcoxon	p= 0,012		p= 0,012		

La [tabla 2](#) muestra un promedio de peso corporal antes de iniciar el entrenamiento de 58,7 Kg, y después de finalizado el entrenamiento de 57,4 Kg, siendo la comparación de ambos significativamente diferentes (p= 0,012). La Prueba de Lactato evidenció un promedio antes de iniciar el entrenamiento de 2,6 mmol y al finalizar el entrenamiento de 14,9 mmol, son estos significativamente distintos (p= 0,012). Por otra parte, el promedio de la frecuencia cardiaca se estableció en 125 ppm.

**Tabla 2.** Entrenamiento a 2924 msnm. Estudio realizado de manera Inmediata antes (a.e) de iniciar el entrenamiento e inmediato después de finalizado el entrenamiento (d.e)

	Miércoles 04 de mayo de 2016				
	Parque Itchimbia ±2924 msnm				
	PESO		LACTADO		FCM
	a.e (Kg)	d.e (Kg)	a.e (mmol)	d.e (mmol)	Máx. (ppm)
1	56,5	55,7	2	14,1	140
2	58	57,3	3	14,9	130
3	54,1	53,7	2,1	13,5	130
4	61,6	60,4	3,1	18,9	120
5	61,1	60,1	4,1	20,8	120
6	58,4	57,5	2,1	10,5	130
7	62,1	61	2,1	15,9	100
8	58,1	57,3	2,1	10,6	130
PROMEDIO	58,7	57,4	2,6	14,9	125
Wilcoxon	p= 0,012		p= 0,012		

La tabla 3 demuestra un promedio de peso corporal antes de iniciado el entrenamiento de 58,4 Kg, y después de finalizado el entrenamiento de 57,3 Kg, siendo estos significativamente diferentes ( $p= 0,011$ ). La Prueba de Lactato evidenció un promedio antes de iniciar el entrenamiento de 1,8 mmol y al finalizar el entrenamiento de 14,9 mmol, son la comparación de ambos significativamente diferentes ( $p= 0,012$ ). Por otra parte, el promedio de la frecuencia cardiaca se estableció en 113,8 ppm.

**Tabla 3.** Entrenamiento a 2450 msnm. Estudio realizado de manera Inmediata antes (a.e) de iniciar el entrenamiento e inmediato después de finalizado el entrenamiento (d.e)

	Jueves 05 de mayo de 2016				
	Parque La Moya Conocoto $\pm$ 2450 msnm				
	PESO		LACTADO		FCM
	a.e (Kg)	d.e (Kg)	a.e (mmol)	d.e (mmol)	Máx. (ppm)
1	56,4	55,3	1,6	13,9	130
2	57,7	56,6	1,8	15,6	120
3	53,5	52,8	1,3	13,3	120
4	60,8	60	2,1	18,8	110
5	61,4	60,7	3,1	20,6	110
6	57,5	57,3	1,1	10,3	110
7	61,6	59,7	1,8	15,8	90
8	58,5	57,4	1,4	10,5	120
PROMEDIO	58,4	57,3	1,8	14,9	113,8
Wilcoxon	$p= 0,011$		$p= 0,012$		

La tabla 4 expone un promedio de Peso corporal antes de iniciado el entrenamiento de 58,8 Kg, y después de finalizado el entrenamiento de 57,6 Kg, siendo ambos significativamente diferentes ( $p= 0,011$ ). La Prueba de Lactato evidenció un promedio antes de iniciar el entrenamiento de 1,8 mmol y al finalizar el entrenamiento de 14,8 mmol, siendo la comparación de estos significativamente diferentes ( $p= 0,012$ ). Por otra parte, el promedio de la frecuencia cardiaca se estableció en 105 ppm.

**Tabla 4.** Entrenamiento a 2950 msnm. Estudio realizado de manera Inmediata antes (a.e) de iniciar el entrenamiento e inmediato después de finalizado el entrenamiento (d.e)

	Lunes 09 de mayo de 2016				
	Parque Chimbacalle ±2950 msnm				
	PESO		LACTADO		FCM
	a.e (Kg)	d.e (Kg)	a.e (mmol)	d.e (mmol)	Máx. (ppm)
1	56,1	55,5	1,2	12,2	120
2	58	56	1,3	15,5	110
3	54,8	54,2	2,2	11,1	110
4	62,4	61,3	2,4	9,1	100
5	60,4	59,7	0,9	18,8	100
6	58,5	57,9	1,9	10,5	100
7	62,3	61,2	3,1	18,5	90
8	58	57,3	1,6	10,6	110
PROMEDIO	58,8	57,6	1,8	14,8	105
Wilcoxon	p= 0,011		p= 0,012		

La [tabla 5](#) evidencia un promedio de Peso corporal antes de iniciado el entrenamiento de 58,8 Kg, y después de finalizado el entrenamiento de 56,6 Kg, siendo estos significativamente diferentes ( $p= 0,012$ ). La Prueba de Lactato evidenció un promedio antes de iniciar el entrenamiento de 1,7 mmol y al finalizar el entrenamiento de 13,5 mmol, siendo estos significativamente diferentes ( $p= 0,012$ ). Por otra parte, el promedio de la Frecuencia Cardiaca se estableció en 96 ppm.

**Tabla 5.** Entrenamiento a 2808 msnm. Estudio realizado de manera Inmediata antes (a.e) de iniciar el entrenamiento e inmediato después de finalizado el entrenamiento (d.e)

	Miércoles 10 de mayo de 2016				
	Parque La Carolina ±2808 msnm				
	PESO		LACTADO		FCM
	a.e (Kg)	d.e (Kg)	a.e (mmol)	d.e (mmol)	Máx. (ppm)
1	56,3	53,8	1,8	7,1	101
2	57,7	55,5	1,2	20,9	93
3	54,7	52,9	1,3	17	106
4	61,6	59,2	1,3	19,2	90
5	60,8	59,2	2,5	6,2	110
6	58,4	56,7	1,8	20,4	90
7	63,1	59,4	2,1	6,8	85
8	58,1	56,4	1,6	10,3	93
PROMEDIO	58,8	56,6	1,7	13,5	96
Wilcoxon	p= 0,012		p= 0,012		

## DISCUSIÓN

Tomándose en cuenta el promedio del peso inicial antes del entrenamiento (a.e), la tabla 1 estableció un peso promedio de 58,9 Kg en relación a la tabla 2 (58,7 Kg), demostrándose la existencia de pérdida adicional de peso corporal que el día anterior (-0,2 Kg). Por otra parte, el promedio de pérdida de peso en la tabla 2 (58,7 Kg) en relación a la tabla 3 (58,4 Kg) se estableció en -0,3 Kg, provocándose de manera posterior un incremento del peso corporal inicial en la tabla 4 (58,8 Kg) dado la existencia de varios días de descanso, que al compararse con la tabla 3 fue de +0,4 Kg. El peso promedio inicial antes del entrenamiento (a.e) en la tabla 5 (58,8 Kg) fue igual que el establecido en la tabla 4.

Teniéndose en cuenta el promedio de peso después del entrenamiento (d.e), la tabla 1 (57,5 Kg) con respecto a la tabla 2 (57,4 Kg) estableció una pérdida de peso corporal (-0,1 Kg). Por otra parte, la comparación del peso promedio establecido en la tabla 2 con respecto a la tabla 3 (57,3 Kg) determino una perdida adicional de peso corporal (-0,1 Kg), y la comparación de la tabla 3 con la tabla 4 (57,6 Kg) estableció un aumento del peso final luego de culminado el entrenamiento (+0,3 Kg), dado la existencia de varios días planificados de descanso relativo, siendo el peso final de la tabla 5 (56,6 Kg) inferior al de la tabla 4 (1 Kg) y al de la tabla 3 (-0,7Kg).

La comparación del peso corporal de los ocho sujetos estudiados en el primer entrenamiento (tabla 1: 58,9 Kg) con respecto al último entrenamiento (tabla 5: 56,8 Kg) establece una diferencia de 0,1 Kg, es dicha comparación no significativa ( $p= 0,866$ ), demostrándose que el entrenamiento escalonado no establece a corto tiempo una pérdida significativa del peso corporal inicial, es satisfactorio el proceso de recuperación orgánica. Por otra parte, el peso corporal final luego de culminado el entrenamiento (d.e), al comparar los resultados en los ocho sujetos sometidos a estudio, estableció la existencia de una diferencia significativa ( $p= 0,034$ ); por lo cual, el incremento escalonado de la altura sobre el nivel de mar en los entrenamientos de corredores de fondo paralímpicos, podría a corto plazo influir en una pérdida de peso mayor luego de culminado el entrenamiento. Para casos como estos, es importante establecer una adecuada hidratación y nutrición orgánica inmediatamente se culmina el entrenamiento o la propia competición.<sup>19</sup>

Los indicadores de lactato estudiado establecieron promedios iniciales iguales antes del entrenamiento en la tabla 1 y 2 (2,6 mmol respectivamente), y una disminución en los índices de lactado en la tabla 3 (1,8 mmol) con respecto a las anteriores de -0,8mmol, siendo el promedio igual en la tabla 4 (1,8 mmol), e inferior en la tabla 5 (1,7 mmol) que las dos tablas anteriores (0,1 mmol). Por otra parte, los indicadores de lactato promedio establecidos inmediatamente de culminar el entrenamiento (d.e) determinaron una disminución al comparar la tabla 1 (15,1 mmol) con la tabla 2 (14,9 mmol) de -0,2 mmol, siendo iguales las tabla 2 y 3 (14,9 mmol), e inferiores de manera consecutiva en las tabla 4 y 5 (14,8 mmol y 13,5 mmol respectivamente).

La comparación de los indicadores iniciales de lactato en sangre antes del entrenamiento en los ocho sujetos sometidos a estudio, establecidos en la tabla 1 con respecto a la tabla 5, demostraron una diferencia significativa ( $p= 0,018$ ), siendo menores siete de los ocho rangos según se estableció con la Prueba de los Rangos con Signo de Wilcoxon, indicando una mayor recuperación, eliminación y tolerancia al lactato sanguíneo, infiriéndose que el método de entrenamiento escalonado en la altura permite una eliminación mayor del ácido láctico luego de una recuperación activa del organismo. Por otra parte, los indicadores finales de lactato en sangre luego de culminado inmediatamente el entrenamiento (d.e) se establecieron al comparar la tabla 1 con la tabla 2, son estos no significativos ( $p= 0,674$ ). Por consiguiente, si bien no existen diferencias en la eliminación de ácido láctico inmediatamente de finalizar



un entrenamiento corto y escalonado en la altura, luego de la recuperación se demostró que la concentración de lactato en sangre fue de manera significativa menor para el presente estudio. En ese sentido autores como *Messonnier y colaboradores*,<sup>6</sup> evidencian que el entrenamiento de la resistencia aumenta las capacidades de producción y eliminación de lactato, siendo este proceso más intensivo con entrenamientos escalonados como se demuestra en el presente estudio.

Tomándose en cuenta el promedio de la FCM después de finalizar de inmediato el entrenamiento (a.e), la comparación de la tabla 1 (128,8 ppm) con la tabla 2 (125 ppm) estableció una disminución de las pulsaciones por minuto (-3,8 ppm), mientras que la comparación de la tabla 2 con la tabla 3 (113,8 ppm) estableció una disminución de las pulsaciones en -11,2 ppm con el mismo nivel de intensidad en el entrenamiento. Por otra parte, al comparar los datos de la tabla 3 con la tabla 4 (105 ppm) existió una disminución de las pulsaciones (-8,8 ppm), y la comparación de la tabla 4 con la tabla 5 (96 ppm) también evidenció una disminución (-9 ppm). Al comparar la cantidad de pulsaciones por minuto en las pruebas finales como parte de la tabla 1 y la tabla 5, se demostró la existencia de diferencia significativas ( $p= 0,012$ ) con ocho rangos negativos. Por demás, se infiere para la presente investigación que el entrenamiento escalonado en la altura pudiera potenciar la recuperación orgánica en términos de FCM, dado que a menor FCM mayor es la recuperación del organismo.<sup>24,25</sup>

Se debe considerar que el entrenamiento en altura debe realizarse en un comienzo de forma progresiva, y a la vez ir aumentando la altura de forma gradual, para detrás realizar entrenamientos más intensos y a mayor altura,<sup>11</sup> siguiéndose algunos principios del entrenamiento ya establecidos como es el caso del principio de la alternancia y del aumento gradual de las cargas.<sup>30</sup> Esto se demuestra dado que los sujetos paralímpicos de alto rendimiento sometidos a estudio se encontraban bio-adaptados al entrenamiento en condiciones de altura en aproximadamente  $\pm 2500$  msnm, y el incremento y cambio de altitud en su entrenamiento provocaron respuesta orgánicas específicas que reguladas pueden contribuir al incremento del rendimiento deportivo, como respuesta bioadaptativa al estímulo, tal y como se define en numerosas obras.<sup>1,2</sup>

## CONSIDERACIONES FINALES

Con el entrenamiento en altura podemos concluir que al momento de competir en superficies inferiores a la altura propuesta por el entrenador, los deportistas pueden obtener mejores resultados en comparación a deportistas que solo entrenaron a nivel del mar, tal y como se evidencia en Moposita,<sup>12</sup> tomándose en cuenta que se logró tener un deportista con marca A y B dentro del indicador IPC (Comité Paralímpico Internacional).

Basados en los resultados obtenidos, se concluye que los efectos de la hipoxia dentro de la preparación del deportista son positivos a corto plazo, bajo un régimen de entrenamiento escalonado en la altura, dado la mejora en el Sistema Cardiovascular evidenciado por medio de la frecuencia cardiaca, permitiéndose una mejora de la tolerancia e eliminación de lactato en sangre, sin evidenciarse una pérdida significativa del peso corporal luego de establecida la recuperación. Se infiere que dentro del entrenamiento en altura la producción de glóbulos rojos puede aumentar incluso para organismos ya adaptados a vivir a grandes alturas sobre el nivel del mar, ayudándose de forma considerable a la resistencia aeróbica en los deportistas paralímpicos.

## DECLARACIÓN DE CONFLICTOS DE INTERESES

Los autores declaran que no poseen ningún tipo de conflicto de intereses, ni financiero ni personal, que puedan influir en el desarrollo de esta investigación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bompa T, Buzzichelli C. Periodization Training for Sports. 3rd ed.: Human kinetics; 2015.
2. Forteza A. La Bioadaptación, ley básica del entrenamiento deportivo. Lecturas: Educación Física y Deportes. 2001 Febrero;6(30):1-5.
3. León S, Calero S, Chávez E. Morfología funcional y biomecánica deportiva. 2nd ed. Quito: Editorial de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE; 2016.
4. Haff GG, Triplett NT. Essentials of Strength Training and Conditioning. 4th ed.: Human kinetics; 2015.
5. Baldeón JP, Calero S, Parra HA. Análisis comparativo de las pruebas físicas del personal naval. Región costa y sierra/Comparative analysis of physical tests of Naval Staff. Coastal and mountain region. Revista Cubana de Medicina Militar. 2016;45(1):0-0.
6. Messonnier LA, Emhoff CA, Fattor JA, Horning MA, Carlson TJ, Brooks GA, et al. Lactate kinetics at the lactate threshold in trained and untrained men. Journal of Applied Physiology. 2013;114(11):1593-602.
7. Plews DJ, Laursen PB, Kilding AE, Buchheit M. Heart rate variability in elite triathletes, is variation in variability the key to effective training? A case comparison. European journal of applied physiology. 2012;112(11):3729-41.
8. Franchini E, Brito CJ, Artioli GG. Weight loss in combat sports: physiological, psychological and performance effects. Journal of the International Society of Sports Nutrition. 2012;9(1):52.
9. Álvarez-Herms J, Julià-Sánchez S, Urdampilleta A, Corbi F, Viscor G. Potenciales aplicaciones del entrenamiento de hipoxia en el fútbol.. Apunts. Medicina de l'Esport. 2013;48(179):103-8.
10. Bakoulis G, Karu C. Guía para progresar como corredor. Barcelona: Editorial Paidotribo; 2008.
11. Terrados N. El entrenamiento en altitud. Barcelona: INFOCOES; 1994.
12. Moposita F. XI Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología. In Entrenamiento en la altura y su efecto en competiciones a nivel del mar en deportistas paralímpicos de atletismo. Quito: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE; 2016.
13. Trexler ET, Smith-Ryan AE, Norton LE. Metabolic adaptation to weight loss: implications for the athlete.. Journal of the International Society of Sports Nutrition. 2014;11(1):7.

14. Mora R. Efectos de la hipoxia sobre la actividad física y el rendimiento deportivo. *Lecturas: Educación Física y Deportes*. 2011 Octubre;16(161):1-16.
15. Siancas A, Ernesto E. Influencia de la hipoxia sobre el metabolismo óseo: rol central del factor inducible por hipoxia.. In *Anales de la Facultad de Medicina*. 2013 Octubre;74(4):321-5.
16. Nishimura A, Sugita M, Kato K, Fukuda AS. Hypoxia increases muscle hypertrophy induced by resistance training. *International journal of sports physiology and performance*. 2010;5(4):497-508.
17. Galvin HM, Cooke K, Sumners DP, Mileva, KN, Bowtell JL. Repeated sprint training in normobaric hypoxia. *British journal of sports medicine*. 2013;47(Suppl 1):i74-i9.
18. Casajus JA, Pueyo D, Vicente-Rodríguez G, González-Agüero A. Mejoras de la condición cardiorrespiratoria en jóvenes con síndrome de Down mediante entrenamiento aeróbico: estudio longitudinal. *Apunts. Medicina de l'Esport*. 2012;47(174):49-54.
19. Otegui AU, Sanz JM, Sánchez SJ, Herms JA. Protocolo de hidratación antes, durante después de la actividad físico-deportiva. *European Journal of Human Movement*. 2013;31:57-76.
20. Holliss BA, Fulford J, Vanhatalo A, Pedlar CR, Jones AM. Influence of intermittent hypoxic training on muscle energetics and exercise tolerance. *Journal of Applied Physiology*. 2013;114(5):611-9.
21. Faiss R, Girard O, Millet GP. Advancing hypoxic training in team sports: from intermittent hypoxic training to repeated sprint training in hypoxia. *British journal of sports medicine*. 2013;47(Suppl 1):i45-i50.
22. Lahiri S, Cherniak NS, Fitzgerald RS. *Response and Adaptation to Hypoxia: Organ to Organelle*: Springer; 2013.
23. West JB, Schoene RB, Luks A, Milledge, JS. *High altitude medicine and physiology*. Boca Raton, FL: CRC Press; 2013.
24. Álvarez-Herms J, Julià-Sánchez S, Urdampilleta A, Corbi F, Viscor G. Potenciales aplicaciones del entrenamiento de hipoxia en el fútbol. *Apunts. Medicina de l'Esport*. 2013;48(179):103-8.
25. Zamorano G, Peinado AB, Benito PJ, Calderón FJ. Respuesta de la frecuencia cardiaca de anticipación y recuperación en función del nivel de entrenamiento aeróbico. *Archivos de Medicina del Deporte*. 2013;30(4):202-7.
26. Plews DJ, Laursen PB, Stanley J, Kilding AE, Buchheit M. Training adaptation and heart rate variability in elite endurance athletes: opening the door to effective monitoring.. *Sports medicine*. 2013;43(9):773-81.
27. Ozmun JC, Gallahue DL. *Motor development*. 6th ed.: Human Kinetics; 2016.
28. Hernández B. El desarrollo motor y perceptivo del niño discapacitado. *Lecturas: Educación Física y Deportes*. 2009 Marzo;13(130):1-11.

29. Pérez JL, Pérez D. El entrenamiento atlético del velocista discapacitado visual. Lecturas: Educación Física y Deportes. 2009 Enero;13(128):1-8.

30. Stone MH, Stone M, Sands WA. Principles and practice of resistance training. Human Kinetics; 2007.

31. Correa JE, Corredor DE. Principios y métodos para el entrenamiento de la fuerza muscular. Rosario Ud, editor. Rosario: Colección Textos de Rehabilitación y Desarrollo Humano.; 2009.

Recibido: 2 de octubre de 2016.

Aprobado: 4 de noviembre de 2016.

*Santiago Calero Morales.* Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Ecuador.  
Correo electrónico: [sscalero@espe.edu.ec](mailto:sscalero@espe.edu.ec)