

El desarrollo de las zonas funcionales en la marcha deportiva y las carreras de fondo

Development of functional areas in middle-fund distance run and sport march



<http://opn.to/a/oMrvm>

Marco Chango-Sigüenza¹, Raynier Montoro-Bombú²✉

¹Departamento médico, Ministerio del Deporte, Ecuador

²Federación Deportiva de Atletismo Tungurahua, Ecuador

RESUMEN: El entrenamiento de las *zonas funcionales* es un tema apasionante, que toma mayor repercusión cuando es imprescindible asumir la individualización de las cargas de entrenamiento y de los procesos de adaptación deportiva. Mientras, los modelos tradicionales establecidos en la bibliografía no satisfacen los cambios producidos en los efectos de las cargas. El presente artículo establece una variante en el planteamiento de las zonas funcionales. Para ello se realizó una investigación experimental de corte longitudinal que tuvo como objeto a los atletas ecuatorianos de marcha deportiva, y carreras de medio fondo con el objetivo de constatar en la práctica la factibilidad de las zonas funcionales para los atletas que entrenan a más de 2500 m de altura en la región andina del Ecuador. La investigación se enmarca en el proceso de control de la adaptación deportiva. Se utilizaron métodos analíticos sintéticos, inducción-deducción, que permitieron recopilar toda la información sobre controles y resultados médicos realizados a atletas internacionales. Se obtienen como principales resultados las modificaciones establecidas a estas zonas, los cuales se fundamentan en principios biológicos de gran actualidad. A partir de esta investigación estos resultados representan referentes aprobados por federaciones de atletismo sudamericanas y la Federación Española de Atletismo.

Palabras clave: zonas funcionales, entrenamiento deportivo, carga física, marcha deportiva

ABSTRACT: The training of the functional areas is an exciting topic, which takes greater repercussion when it is essential to assume the individualization of training loads and the processes of sports adaptation. Meanwhile, the traditional models established in the bibliography do not satisfy the changes produced in the effects of physical charges. The present article establishes a variant in the approach of the functional zones. To this end, an experimental longitudinal-sectional investigation was carried out, having as object of study ecuadorian sports athletes in middle-fund distance run and sport march, with the aim of verifying in practice the feasibility of the functional zones for athletes training at more than 2500 m in altitude in the Andean region of Ecuador. The research is part of the process of control of sports adaptation. We used synthetic analytical methods, induction-deduction, which allowed collecting all the information on controls and medical results made to international athletes. The modifications established to these zones are obtained as main results, which are based on highly current biological principles. Based on this research, these results represent references approved by South American Athletics Federations and the Spanish Athletics Federation.

Keywords: functional zones, sports training, physical loading, sports march

✉ Autor para correspondencia: Raynier Montoro-Bombú. E-mail: rayniermb@gmail.com

Recibido: 12/5/2018

Aceptado: 3/8/2018

INTRODUCCIÓN

Al referirse a las zonas funcionales Hollman y Keul (1960) citados por [V.N. Platonov \(1989\)](#) dividieron las zonas de entrenamiento en zonas aerobias y anaerobias. Las zonas aerobias, a su vez, la subdividieron en subzonas de bajo, mediano y alto nivel aerobio. Maglinscho (1982) citado por [Astrand y Rodahl \(1986\)](#) subdividió la zona aerobia en áreas: subaerobia, supraerobia y la de máximo consumo de oxígeno. Así también [Bacallao \(1990\)](#) trabajó en Cuba estas zonas funcionales con atletas a nivel del mar.

En el caso del Ecuador en esta disciplina, existen carencias por parte de los entrenadores en el trabajo con las zonas funcionales y la adecuación de estas para el desarrollo de las áreas de fondo y la marcha deportiva. En este sentido se propone resolver desde un estudio experimental de corte longitudinal la problemática existente.

La investigación se sustenta en las concepciones teóricas de Brooks. [George A y Mc Graw Hill \(2005\)](#), así como los aportes de [López Chicharro \(2004\)](#) y [Álvarez Berta M, Cachón Zagalaz J, \(2014\)](#) acerca de las zonas funcionales en las disciplinas de resistencia. Además presentan en forma resumida los resultados científicos que llevaron a plantear criterios acerca de la conformación de las zonas funcionales en el Ecuador. El estudio se propone mejorar los resultados deportivos de la marcha deportiva y las carreras de fondo ecuatoriano, en las competencias internacionales de primer nivel como juegos olímpicos y campeonatos mundiales con su mejor exponentes en estas modalidades.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en las instalaciones de la Federación Deportiva de la provincia de Azuay, entre los años 1994 y el 2004. Se realizaron experimentos en entrenamientos y competiciones de los atletas de fondo y marcha de los equipos nacionales de la Federación Ecuatoriana de Atletismo.

Incluyó a atletas de diferentes categorías y ambos sexos, que poseían una experiencia previa de entrenamiento sistemático de al menos cinco años de trabajo continuo y comprendió una muestra de 12 atletas, los que se dividen por sexo en cuatro femeninos y ocho masculinos, de ellos tres juveniles y nueve en categoría adultos.

Los métodos aplicados durante la investigación fueron, del *nivel teórico*: el sistémico-estructural y funcional, que permitió establecer la relación estructura-función entre los componentes de todo el proceso de investigación. Asimismo, mediante los procesos lógicos del pensamiento: analítico sintético, el inductivo-deductivo, la generalización, entre otros, se logró analizar y sintetizar las concepciones relacionadas con el objeto de estudio y formular conclusiones que permitieron desarrollar conceptos y transformaciones en estas disciplinas de la región andina del Ecuador.

Para las *indagaciones empíricas* se utilizó el análisis documental, que permitió examinar los libros clásicos de fisiología del deporte donde se establecen criterios acerca del objeto de estudio.

Durante todo el proceso se analizaron pruebas de lactato en sangre, electromiografías, hematocritos y hemoglobina, pruebas de esfuerzo, controles hormonales, pruebas de tipo físico en los diferentes momentos de la preparación deportiva individual de las dos disciplinas. Se tomó como referencia fundamental la marcha deportiva y las carreras de fondo en los análisis biomecánicos establecidos en los centros de alto rendimiento del Ecuador.

Principales resultados

Además de las zonas funcionales de trabajo y su nomenclatura, fue necesario buscar estudios que correlacionaran los parámetros objetivos, indispensables para la adecuación de las zonas funcionales, de allí construir a su desarrollo. Fueron encontrados varios estudios, destacándose el de Pancorbo-Cuba (2002)

citado por López Chicharro (2004), donde se establece una relación de los parámetros funcionales con los bioquímicos y los de percepción similar a otros estudios de latinos.

En este sentido, luego de la aplicación de los métodos teóricos y empíricos declarados anteriormente, se establecen parámetros de referencia para la creación de zonas funcionales en la región andina de Ecuador.

Los conceptos más importantes, donde se sustentó el cálculo de Zonas Funcionales para el fondo y la marcha ecuatoriana fueron:

- a) Umbral Aerobio (UMA).
- b) Potencia Lipídica y zona de entrecruzamiento de sustrato aerobio.
- c) Umbral Anaerobio (UMAN).
- d) Umbrales Ventilatorios (1 y 2).
- e) VO₂máx. Como límite superior de la zona de potencia aerobia y límite inferior de la zona de tolerancia láctica.
- f) Comportamiento de la frecuencia cardíaca (FC), tanto en ejercicio como en recuperación.
- g) Escala de percepción de la fatiga “Escala Borg”.

A partir de estos parámetros biológicos se reformularon las Zonas Funcionales de la siguiente manera.

Zona 1 Regenerativa – Recuperación: Comprende los valores inferiores < a 1.8 a 2 milimoles (mM/l) de lactato en sangre)

Se estableció que esta zona regenerativa trabajara por debajo del conocido “umbral aerobio” o 2 mM/L de lactato en sangre (UMA o UA) (Kinderman, (1979); Skinner y McLellan, (1980) citados por [Atko Viru \(2003\)](#), que es la zona por excelencia de entrenamiento del metabolismo oxidativo a partir de las grasas, tal cual se aprecia líneas abajo al hablar de la zona 2.

La *zona regenerativa* es una de las zonas más importantes en el entrenamiento deportivo, por ser de aparente intensidad baja, generalmente menospreciada por entrenadores y deportistas; mas es la clave para completar los

procesos de recuperación y adaptación a la carga. Entre sus características se encuentran:

- No predominan notables mejoras en el rendimiento deportivo. Se produce una recuperación aumentada de los depósitos energéticos de la musculatura y del organismo en general. De allí su utilización como recuperador y regenerador, tanto de los ejercicios de gran volumen, como de los de intensidad elevada. Existe un discreto nivel de transpiración sin llegar a la sudoración. El *cociente respiratorio (CR)*, que es la proporción existente entre la utilización de O₂ durante la actividad y el CO₂ eliminado por la vía respiratoria, equivaldría a un valor de 0,8 a 0,85, es decir un poco por encima de los valores de reposo (CR de 0,78 a 0,80, de acuerdo con lo planteado por [Wilmore Jack y Costill, 2007](#))

Zona 2ª. AEROBIA BAJA (que incluye de 1.8 a 2,8 mM/l de Lactato en sangre) Zona de los trabajos extensivos largos

Esta zona se aplicó para el entrenamiento de los grandes fondos, que generalmente se realizaron una vez por semana, llamada también “aerobia total” o de “gran fondo”. Si bien existe una participación del metabolismo de los hidratos de carbono, esta vía se caracterizó por una gran participación del metabolismo oxidativo a partir de las grasas. En esta zona se realizaron todos los entrenamientos extensivos largos y ocupó un lugar preponderante en el período preparatorio general, donde el objetivo fue desarrollar una excelente capacidad oxidativa a grandes distancias y a ritmo lento. Se estudió como el efecto fisiológico de entrenar a estas intensidades, puede provocar que el organismo se acostumbre a consumir grasas y que exista por ende un desarrollo enzimático adecuado para este proceso. Los parámetros funcionales y bioquímicos en que se basaron los estudios para crear esta área oxidativa serían dos:

1. El piso de esta zona, es el umbral aerobio (UMA o UA)

2. El concepto de potencia lipídica que algunos autores están mencionando últimamente, y el entrecruzamiento de sustratos o Crossing Over (G. Brooks, y col 1996).

Lo anterior puede observarse en la [figura 1](#).

Los cambios orgánicos y funcionales producidos por el entrenamiento en esta zona están basados en:

Los niveles de lactato en sangre, permanecieron bajos (< a 2,6 y 2,8 mM/l en sangre), e incluso con tendencia a la baja, debido a la adaptación a la carga en el estado estable “steady state”.

- La capacidad de transferencia de los ácidos grasos desde el medio extracelular hacia el intracelular a través de la membrana.

Zona 2b. AEROBIA ALTA 2,8 a 3.5 mM/l (UMANI o umbral anaerobio individual), de Lactato en sangre. Zona de trabajo extensivo corto.

A pesar de ser una zona predominantemente aerobia, esta difiere de la anterior por obtener el gran porcentaje de su energía proviene de los hidratos de carbono, con una participación cada vez menor de los ácidos grasos, dependiendo del grado de entrenamiento del atleta y la intensidad en la que se está ejercitando. Este trabajo tomó preponderancia en el período preparatorio especial donde es necesario desarrollar velocidades altas a ritmo aerobio por debajo del umbral anaerobio individual.

Como límite de esta zona durante el proceso se analizaron dos fenómenos:

- *El piso de esta zona*, fue el momento en que ocurre la potencia lipídica y la zona de máxima utilización de las grasas aeróbicamente.
- *El techo o zona límite*, estaría dado por el umbral anaerobio teórico o el individual, que normalmente los atletas de fondo estaban por debajo del teórico de los 4 mM/l de lactato en sangre. En el caso los atletas de marcha se manejó como valor medio para este umbral anaerobio individual, los valores entre los 3,5 y 4 mM/l. En esta zona, el aporte de energía a partir de los ácidos grasos disminuye ostensiblemente; incluso puede llegar a ser nulo en personas no tan entrenadas.

Los cambios fisiológicos más importantes producidos por el entrenamiento de esta zona son:

- Acoplamiento entre el metabolismo oxidativo (ciclo de Krebs) y la glicólisis anaerobia. Lo que permitió una integración progresiva del sustrato más importante de la glicólisis el “piruvato” hacia el interior de la mitocondria, con la ayuda de la piruvato deshidrogenasa (PDH). Se desarrollaron además los mecanismos de depuración del lactato en sangre, que luego fueron la base del proceso de aclaramiento del exceso de lactato producido durante la glicólisis anaerobia en las actividades físicas de

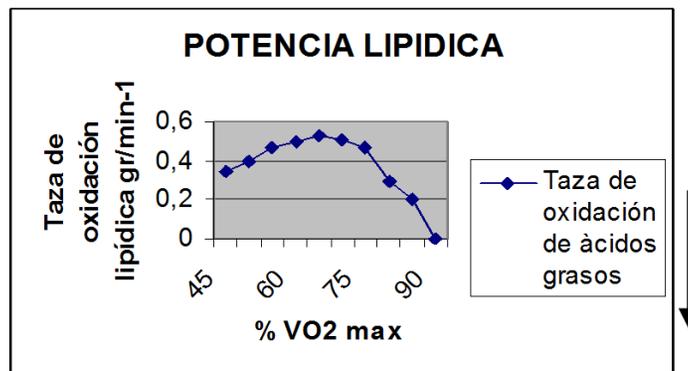


Figura 1. Curva de la Potencia Lipídica, Límite superior de la zona extensiva larga. Fuente: Elaboración propia

intensidades mayores al umbral anaerobio (UMAN - UAN).

Zona 3. ZONA MIXTA Transición Aerobia – Anaerobia y/o de Umbral Anaerobio (UMAN-UAN)(3.5 a 5 mM/l de Lactato en sangre). Zona de trabajo intensivo corto e intervalos

En esta zona 3 o de UMAN, la producción de energía en su casi totalidad dependió del uso de los hidratos de carbono. Por lo tanto este sistema energético estará constituido por la glucosa, desde la glicólisis anaerobia en el citoplasma y se dirigirá hacia el interior de la mitocondria (metabolismo aerobio o ciclo de Krebs) a través del piruvato y la Acetil coenzima A (AcoA); donde además cobra importancia los procesos de amortiguación de la acidosis metabólica y de la neoglucogénesis, [Wilmore Jack y Costill. D L \(2007\)](#)

A modo de resumen se declaran los cambios fisiológicos establecidos por el entrenamiento en esta zona:

- Mejora de la capacidad enzimática, que permitió un incremento de la velocidad de integración del piruvato hacia el interior de la mitocondria. Esto es con ayuda de la enzima piruvato deshidrogenasa (PDH).
- Incremento de la disponibilidad y capacidad de acoplamiento del sistema enzimático y la cadena respiratoria dentro del ciclo de Krebs. El número de vueltas que de un sustrato determinado por unidad de tiempo, será más rápido.

Zona 4. ZONA DE VO₂MÁX O DE POTENCIA AEROBIA 5 a 9 marcha (12)mM/l de Lactato en sangre. Zona de trabajo intensivo corto e intervalos

Esta zona de competencia es demasiado peligrosa para los marchistas y los corredores de fondo, sin duda alguna, arriesgarse a competir en esta zona es encaminarse al fracaso; más bien, es la zona en que se compite las pruebas de medio fondo, 5.000 y 10.000 mts. Aunque se asevera que el VO₂máx tiene una alta correlación con el rendimiento

deportivo en pruebas de larga distancia ([G. Brooks, 2000](#)).

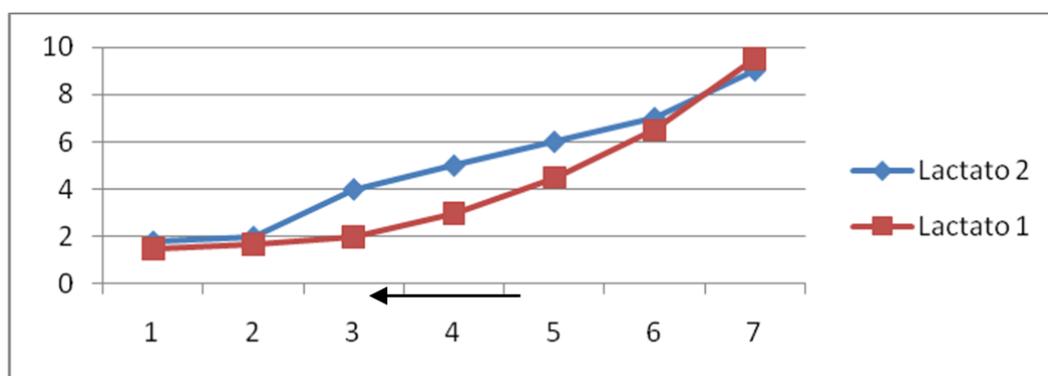
Zona 5 CAPACIDAD ANAERÓBICA LÁCTICA (12 a 16mM/l de Lactato en sangre). Zona de trabajo intensivo corto – intervalos

Aunque la bibliografía no lo reconozca, en esta zona se perciben con los estudios prácticos de terreno que son diferentes en corredores y marchistas. Los lactatos utilizados en esta zona son menores en la marcha que en la carrera, esto debido al poco desarrollo del sistema glicolítico, que raramente sobrepasan en entrenamiento y competencia de los 10 a 12mM/l de lactato; contrario a lo que sucedió con los corredores de fondo, donde se produjeron niveles más elevados de lactato entre los 13 a 17mM/l de lactato en sangre, debido a la mayor cantidad de músculos comprometidos. Este estudio realizado por los autores, puede constatarse a continuación ([Figura 2](#)).

Al resumir los cambios fisiológicos característicos en esta zona se encuentran:

- Gran estimulación de la glicólisis anaerobia y desarrollo de las enzimas productoras de energía; es así que generalmente cuando se entrenó en estas zonas como sucede en el medio fondo (5000 y 10000 m), el organismo produjo cantidades crecientes de ácido láctico, contrario a lo que se necesita en las pruebas de largo aliento. Existe un desarrollo en las reacciones bioquímicas comandadas por la LDH y la piruvato deshidrogenasa PDH.
- Mejoró la tolerancia al incremento brusco de lactato en sangre y dentro del músculo; de cierto modo se dio una acomodación por parte del organismo de mantener la producción de energía a pesar de las condiciones adversas.

Zona VI. POTENCIA ANAERÓBICA LÁCTICA(> 12 mM/l de Lactato en sangre). Zona de trabajo súper intensivo - tramos cortos.



*X= intensidad; Y= mM/L lactato en sangre.

Figura 2. Comportamiento de la curva de lactato en trabajos muy lactácidos. Diferencia entre la marcha y fondo ecuatoriano. 1 fondo y 2 la marcha. Fuente : elaboración propia

Esta zona corresponde a trabajos en tramos relativamente cortos como los son los 50 y 100 mts. En realidad en la marcha, muy poco se usaron estas distancias para los entrenamientos, que más bien son utilizados en los corredores de fondo y medio fondo. Como se ha mencionado anteriormente, los niveles de lactato para esta zona en corredores incluso son más elevados, sobrepasando los 16mM/l de lactato en sangre en entrenamientos y competencia. Si bien en la marcha ecuatoriana se usan estos entrenamientos por parte de algunos de los entrenadores para fortalecer los niveles de fuerza y potencia glicolítica y de capacidad anaeróbica aláctica, en verdad no tiene relevancia en la marcha 20 Km y peor aún en los 50 Km.

Los dos objetivos están errados al aplicarlos en la marcha debido a:

- Como se mencionó, las velocidades utilizadas en esta zona, casi nunca fueron utilizadas en la competencia y más bien dañan la biomecánica de la marcha.
- Los niveles de VO₂máx. se mejoraron con los trabajos en zonas de potencia aerobia y en zonas de capacidad anaeróbica láctica en menor proporción.

Un concepto declarado es que: El tener un VO₂máx elevado no garantiza el éxito en las pruebas de fondo, sobre todo en marcha atlética; el VO₂máx es una variable de potencia

aerobia y más no de capacidad o resistencia ([Tabla 1](#)).

Como se aprecia en Jefferson Pérez (JP) manifiesta un índice de VO₂ máx mayor que el de todos los atletas examinados por este centro, lo que distingue a las características individuales de este atleta tres años después de comenzado el presente estudio. Al mismo tiempo este atleta logra un desplazamiento mayor que el resto ([Tabla 2](#)).

Esta investigación tiene como antecedentes las propuestas de autores como Brooks. [George A y Mc Graw Hill \(2005\)](#), [López Chicharro \(2004\)](#). Donde revelan la necesidad replantear las zonas funcionales en atletas donde la resistencia juega un papel fundamental. A su vez también se constatan como antecedentes las distintas limitaciones que tenían los entrenadores durante la compresión y planificación del entrenamiento desde la perspectiva de las zonas funcionales.

El estudio asume también presupuestos del tratamiento del objeto de investigación en la disciplina del boxeo por los especialistas [Álvarez Berta y Cachón Zagalaz \(2014\)](#).

Su aplicación práctica se evidenció en la amplia participación de atletas ecuatorianos de marcha deportiva y carreras de fondo en diferentes eventos internacionales y elevó los resultados obtenidos en Sudamérica y el mundo. Se ha evidenciado su efectividad en la

Tabla 1. Ritmo de VO₂máx, entre Jefferson Pérez y atletas élite.

NOMBRE	VO₂MÁX. (ml/kg/min)	VELOCIDAD (Km/h)
VM	79	17
DP	68	17
JR	70	16
CR	73	16
FV	60	17
JP	72.62	18

Fuente. Centro de alto rendimiento de Barcelona – España, 1997.

Tabla 2. Resumen general de las zonas funcionales adaptadas para el medio fondo, fondo y marcha ecuatoriana.

Zona 1	Resistencia Regenerativa o de Recuperación
Zona 2a	Oxidativa a partir de las grasas – Extensiva Larga
Zona 2b	Oxidativa a partir de los Hidratos de Carbono – Extensiva corta
Zona 3	Umbral Anaerobio, zona de transición aerobia anaerobia – Intensiva Larga
Zona 4	Potencia Aeróbica, VO ₂ máx. ntensiva corta
Zona 5	Potencia Anaerobia (Láctica – Aláctica)
Zona 6	Máximo o Competitivo

Fuente. Centro de alto rendimiento de Barcelona – España, 1997.

obtención de dos medallas olímpicas, tres títulos en campeonatos mundiales y tres títulos en copas del mundo en el evento de 20 km marcha, con el atleta Jefferson Pérez, su mejor exponente histórico ecuatoriano de la modalidad. También se manifiesta con la obtención de cuatro títulos sudamericanos, tres participaciones en juegos olímpicos y cuatro títulos en mundiales a los atletas a los cual que se le aplicó este estudio.

El establecimiento de las zonas funcionales para el área de fondo medio fondo y marcha de la región andina del Ecuador, fueron avaladas por la Confederación Sudamericana de atletismo (CONSUDATLE) y la Federación Española de Atletismo al ver los resultados ascendentes del país andino en la mencionada década.

Entre las insatisfacciones de la investigación están las de su no generalización a todo el país, al limitarse a atletas de la región andina del Ecuador. Sería muy importante su extensión a las regiones de la Costa y la Amazonía. Los

evaluaciones de este estudio la consideraron novedoso, oportuno y replicable en equipos de otras federaciones nacionales o internacionales del propio deporte.

CONCLUSIONES

Ante la insatisfacción de los modelos tradicionales establecidos en la bibliografía para atender a los cambios producidos en los efectos de las cargas físicas para los atletas de estas disciplinas en la región andina se propone una variante en el planteamiento de las zonas funcionales.

El estudio de estas zonas, a pesar no con considerarse agotado y su aplicación en los atletas élites del Ecuador favorecieron la obtención resultados superiores a etapas precedentes, tales como la obtención de seis records sudamericanos y uno mundial en la Marcha. Se obtuvo más de 10 atletas clasificados a juegos olímpicos en las disciplinas de fondo y la marcha y se alcanzó la

condición de potencia de la disciplina en el área sudamericana.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Álvarez Berta M, Cachón Zagalaz J, (2014) Las áreas funcionales implicadas en el entrenamiento especial competitivo del boxeo. Un estudio de caso. Disponible en <http://www.redalyc.org/html/3457/345732292013/>

Astrand y Rodahl (1986). Fisiología del trabajo físico. Editorial médica Panamericana segunda edición español. Buenos Aires – Argentina.

Brooks George A, (2000) Exercise Physiology. Mayfield Publishing Company, third edition. Mountain View, California. USA

Brooks George A y Mc Graw Hill (2005) Exercise Physiology: Human bioenergetics and its aplicaciones. fourth edition. New York. USA.

López Chicharro (2004). Transición aeróbica-anaeróbica. Boehringer Ingelheim.

Madrid – España.

_____ (1991). Umbral Anaerobio. Editorial Interamericana, Madrid. España.

Platonov V.N. (1989). La adaptación en el deporte. Editorial Paidotribo, 2da edición. Barcelona – España

Sánchez Rodríguez D, Cruz Morales C (2014) Comparación de dos métodos para la determinación de las zonas funcionales de la resistencia en futbolistas. Revista digital FEdeportes

<http://www.efdeportes.com/efd193/zonas-funcionales-de-la-resistencia-en-futbolistas.htm>

Viru Atko y Viru Mehis (2003). Análisis y control del rendimiento deportivo.

Editorial Paidotribo, primera edición en español. Barcelona - España,

Wilmore Jack y Costill. D L (2007) Fisiología del esfuerzo y del deporte.

Editorial Paidotribo, 6ta edición en español. Barcelona – España

Marco Chango-Sigüenza: mwchango@yahoo.es

Raynier Montoro Bombú: rayniermb@gmail.com

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

Este artículo de se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)