

Los índices de resistencia en las carreras de atletismo

Physical Endurance Ratings in athletics races

EDGARDO ROMERO FRÓMETA (*a) , SERGIO CARRILLO CABIEDES (b) ,
NELSON GUTIÉRREZ PEREZ (c) 

(a) Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE, Av. General Rumiñahui s/n y Ambato, Sangolquí- Ecuador

(b) Universidad de Ciencias de la Cultura Física y Deportes Manuel Fajardo,
Avenida Santa Catalina, entre Boyeros y Primelles, #12453, La Habana - Cuba.

(c) Concentración Deportiva de Pichincha,
Queseras del Medio Quito- Ecuador

* eromero4@espe.edu.ec

RESUMEN

La determinación del nivel de resistencia láctica en las carreras transita por la dificultad de su costo, asociado por el valor de un frasco de 25 tiras reactivas para tal fin, más allá de los 100 dólares y su encarecimiento al utilizar la medición del ácido láctico de forma masiva. Ello obligó a buscar las vías para determinar cómo evaluar el desarrollo de la resistencia láctica en el proceso del entrenamiento de los corredores, sin utilizar la medición del lactato sanguíneo. Con el objetivo de encontrar índices metrológicos que permitieran evaluar pedagógicamente y mediante fórmulas matemáticas de correspondencia el comportamiento de la capacidad láctica

de los corredores, se realizó un estudio descriptivo de corte cualitativo, utilizando métodos teóricos de investigación que permitieron encontrar tres índices de resistencia muy efectivos para tal fin. Ellos se constituyen en indicadores muy útiles para valorar el desarrollo de la resistencia láctica en los corredores de aquellas distancias donde la dirección resistencia láctica desempeña un papel rector, sin necesidad de realizar la medición del lactato sanguíneo.

Palabras clave: índice de resistencia, resistencia láctica, medición.

Recibido: 2022-09-22
Aceptado: 2022-03-28



ABSTRACT

The determination of the level of lactic endurance in races goes through the difficulty of its cost, which is associated with the value of a 25-strip test bottle for this purpose that goes beyond 100,00 dollars and its increase in price when using the measurement of lactic acid in a massive way. This aspect forced us to look for ways to determine how to evaluate the development of lactic endurance in the process of training runners without using the blood lactate measurement. With the aim of finding metrological ratings that would allow us to evaluate pedagogically through mathematical formulas of correspondence the runners' behavior of the lactic capacity, a descriptive study of a qualitative type was made by using theoretical research methods, which allowed us to find three very effective resistance ratings for this purpose. They become very useful indicators to assess the development of lactic resistance in the runners of those distances where the lactic endurance direction plays a leading role without the need for blood lactate measurement.

Keywords: endurance ratings, lactic endurance, measurement.

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA SOCIAL

La determinación del nivel de resistencia láctica en las carreras transita por la dificultad de su costo, asociado al valor de un frasco de 25 tiras reactivas para tal fin, más allá de los 100 dólares y su encarecimiento al utilizar la medición del ácido

láctico de forma masiva en corredores que no son de alto rendimiento en diferentes distancias de carrera. ello conduce a dificultades asociadas a cómo determinar el desarrollo de la resistencia láctica en el proceso del entrenamiento, sin utilizar la medición del lactato, lo que impone buscar índices pedagógicos que permitan solventar esa dificultad y que puedan ser utilizados por los entrenadores sin costo alguno.

SÍNTESIS Y APLICACIONES PRÁCTICAS

- Se muestra la metodología para calcular los índices de resistencia en las carreras, mediante fórmulas matemáticas de correspondencia.
- Se procesan algunos ejemplos de resultados de deportistas de alto rendimiento, mediante sus índices de resistencia, como sustitutos didácticos del control del lactato sanguíneo.

INTRODUCCIÓN

La medición del lactato sanguíneo para evaluar el comportamiento de la resistencia láctica y su nivel en corredores se constituye en una práctica muy usual en el deporte de alto rendimiento, sin embargo, se hace más complejo en los deportistas pre juveniles, juveniles y seniors por el costo que representa utilizar tiras reactivas con ese fin. Si se entrena a un deportista en la dirección anaerobia láctica y se procede a medir cómo influyó el entrenamiento sobre la carga biológica dirigida a tal propósito, ineludiblemente

que hay que utilizar tales tiras. Pero en el microciclo de entrenamiento se utilizan varias repeticiones de la carga, así que la relación carga-contenido-método puede ser evaluada en consonancia con la medición del lactato. Sin embargo, si se cuenta, por ejemplo, con un equipo de 12 corredores de diferentes distancias competitivas, medir ese efecto conlleva en una repetición a utilizar varias tiras. Es obvio que esos equipos realizan varias repeticiones, entonces, ¿cuánto cuesta la evaluación? Se impone recurrir a índices pedagógicos que, sin ser sustitutivos plenamente de la medición de laboratorio, ayuden al entrenador en ese sentido.

Al respecto detallan (Úbeda, 2014) y (Ayala, 2011) que el índice de resistencia en esfuerzos máximos es el porcentaje de pérdida de tiempo en una distancia respecto al tiempo en otra distancia inferior.

Indica (Ayala, 2011) que la previsión de marcas es una excelente ayuda para saber si la distancia en que se prepara una atleta está bien enfocada, y las fórmulas para determinar el tiempo posible, en una determinada distancia, son producto de estudios estadísticos que servirán para este objetivo y permitan una planificación adecuada de los segmentos de la carrera. A lo anteriormente expuesto se le denomina Índice de Resistencia Específica (IRE).

Se denomina Índice de Resistencia (IR) al número que resulta al interrelacionar dos distancias atléticas para determinar en qué medida el deportista puede mantener su velocidad máxima o su velocidad máxima relativa, al realizar carreras, en una distancia superior.

Lamentablemente sobre el particular se ha escrito muy poco.

Los índices de resistencia constituyen cifras numéricas que actúan como método del control del nivel de la resistencia especial, en particular evalúan el nivel de la resistencia anaerobia láctica.

Al respecto (García & Vázquez, 2011) estudiaron a un grupo de corredoras de 800 m y calcularon, mediante fórmulas de correspondencia, su nivel de resistencia láctica. Los autores establecieron que la atleta ideal sería la que fuera tan rápido como los velocistas, con un índice de resistencia como los fondistas, y que alcanzar esto constituye un reto de los entrenadores para el futuro. También se destacan (Hierrezuelo & Romero, 2016) con su propuesta metodológica de planificación y de intensidad para el entrenamiento de corredores de fondo.

Lastimosamente, ninguna de las investigaciones se ha relacionado con índices numéricos sencillos que permitan evaluar el nivel de resistencia de los corredores.

(Pupo; Y, Protestan Y; Neyra, R, 2015) explican que los índices de resistencia constituyen una serie de indicadores eficaces para determinar el nivel de resistencia especial de los corredores. Permiten relacionar mediante fórmulas de correspondencia, la dependencia entre distancias de competencias y otras afines a al proceso de entrenamiento. Por lo tanto, los índices de resistencia contribuirán en un mejor control de manera práctica para corredores, para lograr mejores resultados en entrenamientos de las distancias pruebas del atletismo.

Los índices de resistencia en las carreras de atletismo

- Edgardo Romero Frómata, Sergio Carrillo Cabiedes y Nelson Gutiérrez Perez
- VÍNCULOS-ESPE (2022) VOL.7, No.2: 31-44

Explican al respecto (Castro, Romero, & Fleitas, 2019) que se puede apreciar la variedad de factores que influyen en la formación de un deportista y es importante señalar que es la adecuada combinación entre ellos, lo que conduce al éxito, sobre la base del desarrollo de procesos formativos eficaces que culminen en éxitos deportivos.

De acuerdo con diferentes autores como (Dietrich , Klaus , & Klaus, 2021) y (Navarro, 1996) la resistencia es la capacidad que permite mantener una determinada velocidad de desplazamiento durante un tiempo determinado, es decir, que estos autores hacen referencia a la capacidad de un corredor de mantener la mayor velocidad posible en el periodo que dura la carrera, siempre considerando los sistemas energéticos que interactúan con mayor relevancia.

Según se señala en diferentes fuentes bibliográficas, (Verkhoshansky, 1994), (Platonov & Bulatova, 1995), (Romero, 1995) y (S/A, 2018), la resistencia especial se define como la capacidad que permite al deportista recorrer la distancia competitiva a la mayor velocidad posible. Refiriéndose a la carrera de 400 m, por ejemplo, expresa (Hart, 1981) que “la habilidad para distribuir la velocidad y la energía, de la manera más eficiente, sobre la distancia total es el prerequisite para el éxito en la carrera de 400 m”.

Al respecto (Pupo, 2000) plantea que los índices de resistencia se definen como el constituyente de una serie de indicadores que permiten relacionar mediante fórmulas matemáticas de correspondencia la interdependencia entre distancias tanto de competencia como de otros procesos que tienen influencia directa en el entrenamiento.

No puede obviarse que en Ecuador los índices de resistencia han sido muy poco estudiados, pudiendo ser de gran utilidad su caracterización.

Los índices de resistencia se constituyen en un instrumento pedagógico muy útil para controlar y evaluar el nivel de la resistencia láctica del deportista.

La capacidad anaeróbica láctica se define como la cantidad total de ATP que puede resintetizar la vía glucolítica en un esfuerzo de máxima intensidad hasta el agotamiento (Calbet, 2008).

El entrenamiento de resistencia a la rapidez máxima, 6-20 segundos o submáxima, hasta 2 min, exige intensidades entre el 90-100 % del más alto rendimiento (Grosser, 1992).

Cuando se habla de resistencia especial se está en presencia de carreras 400-1500 m planos. Siendo que la preparación del corredor para la competencia refiere de una velocidad óptima, sin olvidar su contribución al desarrollo de los mecanismos lácticos de producción de energía.

Todas ellas se basan en el mejor tiempo de la distancia inmediata inferior, ya que los tiempos de base más veloces permiten una planificación adecuada de los segmentos de la carrera. A lo anteriormente expuesto es lo que se llama Índice de Resistencia Específica (IRE) (Ayala, 2011).

Esta resistencia se manifiesta cuando hay acumulación de lactato, de manera que en pruebas de 400 m y 800 m al permanecer en alta intensidad, el cuerpo acumula esta sustancia, obligando a bajar el rendimiento.

(Millikonsky, 1993) considera que la Capacidad Anaeróbica Láctica es el gasto energético total en un esfuerzo máximo que dure entre 30-40 s. expresado en moles de ATP. La potencia Anaeróbica Láctica es el máximo nivel energético alcanzado (pico máximo) en un esfuerzo de intensidad masiva que dura entre 30 y 40 s. y se expresa en moles de ATP/min.

No puede dejarse de considerar en este estudio que la resistencia anaerobia o capacidad para generar energía anaeróbicamente, se fundamenta en alta intensidad con un tiempo de duración bajo, como es el caso del atletismo de velocidad, que requieren un mayor esfuerzo en un tiempo corto, con acumulación de ácido láctico (Gutiérrez, 2014).

El esfuerzo a una intensidad de capacidad anaerobia requiere de un consumo energético prácticamente exclusivo del glucógeno muscular por la vía de la glucólisis anaeróbica, así como una disminución significativa de las reservas de ATP que se hallan en las fibras musculares activas (Gorostiaga & Calbet, 2010).

Detallan (Mena & González, 2013) que estos sistemas energéticos son:

- Sistema anaeróbico. ATP–Creatín fosfato.
- Sistema de ácido láctico o glucólisis anaerobia.
- Sistema aerobio.

En las pruebas tanto de velocidad 200 a 400 m. como de media distancia existe una fuerte influencia del sistema láctico y de ahí parte la importancia de conocer sus características en la resistencia de los corredores.

Sobre el sistema del ácido láctico o glucólisis anaerobia detalla (Villalón & Valdés, 2020), que puede definirse como los esfuerzos en los que se utiliza la degradación de glucógeno provocado por la insuficiencia del oxígeno.

El sistema láctico, de acuerdo con (Jiménez & Vila, 2012), tiene una duración de 25 segundos y hasta 3 minutos. Es decir, que son carreras en el entorno de los 200-1200 m. De acuerdo con el autor, (Leminszka, Dieck-Assad, Martínez, & Garza, 2010) el lactato es la consecuencia del metabolismo de la glucosa para la obtención de energía cuando se sobrepasa el umbral aerobio.

Todo ello ocasiona un incremento del ácido láctico cuando existe una alta demanda de la disponibilidad de oxígeno presente en la sangre, que puede evaluarse con tiras de lactato, que resultan caras cuando se emplean de forma masiva en el entrenamiento.

Lamentablemente, Ecuador no cuenta con evaluaciones de los niveles de resistencia láctica en los corredores adultos por no disponer índices numéricos de carácter pedagógico que permitan a los entrenadores tomar en cuenta esta parte esencial en los atletas.

En el Programa para la Formación Básica del Velocista Cubano Atletismo II (Romero, 2006) se estableció un conjunto de fórmulas matemáticas, muy útiles para la determinación de los índices de resistencia que pueden ser extrapoladas a varias distancias competitivas y de entrenamiento y que no han sido plenamente publicadas, sobre la base de la experiencia de los autores en este campo.

- Edgardo Romero Frómata, Sergio Carrillo Cabiedes y Nelson Gutiérrez Perez
- VÍNCULOS-ESPE (2022) VOL.7, No.2: 31-44

Objetivos

Ejemplificar cuáles son las fórmulas matemáticas de referencia que permitan establecer el nivel de la resistencia láctica de los corredores sin utilizar el lactato sanguíneo, empleando ejemplos de atletas nacionales e internacionales, mediante los índices de resistencia (IR).

MATERIALES Y MÉTODOS

Este artículo es de corte descriptivo. Se realizó una revisión bibliográfica en torno a la búsqueda de indicadores que, mediante fórmulas matemáticas explicadas más adelante, interrelacionarán el tiempo en distancias competitivas afines para determinar el nivel de desarrollo de la resistencia láctica del corredor. Todo ello con la intención de encontrar índices pedagógicos que admitieran sustituir el empleo del lactato sanguíneo, mediante la utilización de los índices de resistencia efectivos para tal fin.

El estudio realizado y las experiencias de los autores permitieron delimitar, metrológicamente, tres tipos de índices de resistencia, asociados con fórmulas matemáticas de correspondencia, a saber:

1.El índice de Resistencia Tipo 1: por el ΔX Temporal.

Este índice responde metrológicamente a la siguiente fórmula matemática:

$$IR_{(\Delta X T)} = T_{(Dl)} - T_{(Dc)}$$

Donde $T_{(Dl)}$ es el tiempo en la distancia competitiva más larga y $T_{(Dc)}$ es el tiempo en la distancia competitiva más corta.

Ejemplo:

$$IR_{(\Delta X T)} = T_{(200)} - T_{(100)}$$

Donde $T_{(200)}$ y $T_{(100)}$ se corresponden con el tiempo en 200 m. y el tiempo en 100 m.

2. El índice de Resistencia Tipo 2: por el ΔX Proporcional

Como su nombre lo indica, este es un índice que refleja la proporción en que la distancia más corta es submúltiplo de la distancia más larga.

Metrológicamente la fórmula de correspondencia es la siguiente:

$$IR_{(\Delta X P)} = T_{(Dl)} - X T_{(Dc)}$$

Donde X representa la cantidad de veces que la distancia más corta es submúltiplo de la distancia más larga.

Ejemplo:

$$IR_{(\Delta X P)} = T_{(200)} - 2T_{(100)}$$

3. El índice de Resistencia tipo 3: por el ΔX de velocidad.

Se calcula de la forma siguiente:

$$IR_{(\Delta X V)} = Vm_{(Dc)} - Vm_{(Dl)}$$



Donde $Vm_{(Dc)}$ es la velocidad media en la distancia más corta y $Vm_{(Dl)}$ es la velocidad media en la distancia más larga.

Este índice resulta de dividir la distancia entre el tiempo logrado en ella. Al restar a la velocidad media en la distancia más corta la velocidad media en la distancia más larga se establece en esa unidad de medida la pérdida de velocidad que se ocasiona al recorrer una distancia mayor.

Ejemplo:

$$IR_{(\Delta X)} = Vm_{(100)} - Vm_{(200)}$$

Se seleccionaron las marcas de algunos corredores del continente americano, obtenidas a través de los sitios web de las federaciones deportivas de los diferentes países, seleccionados por sus resultados relevantes. Fueron seleccionados: de Ecuador, Ángela Tenorio y Álex Quiñonez; de Jamaica, Usain Bolt y Elaine Thomson; de Colombia, Anthony Zambrano y de Cuba Ana Fidelia Quirot, Alberto Juantorena y Andy González; con el objetivo de mostrar ejemplos de cómo funcionan esos índices.

Para la selección de los resultados de los corredores mencionados se tomó como criterio de inclusión que las marcas seleccionadas en los dúos de distancias afines 100-200m.; 200-400m ; 400-800m y 800-1500 m, debían haberse realizado en el mismo periodo competitivo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. El índice de Resistencia Tipo 1: por el ΔX Temporal, en el ejemplo de la corredora ecuatoriana Ángela Tenorio se comportó de la forma siguiente:

$$\begin{aligned} IR_{(\Delta X T)} &= T_{(Dl)} - T_{(Dc)} \\ T_{(200m)} &= 22,59 \text{ s.} \\ T_{(100m)} &= 10,99 \text{ s.} \end{aligned}$$

Entonces:

$$\begin{aligned} IR_{(\Delta X T)} &= 22.59 - 10.99 \\ &= 11,60 \text{ s.} \end{aligned}$$

Siendo que en el segundo tramo de 100 m de los 200 m lanzados, la corredora realiza un tiempo superior a su marca personal en 100 m.

Este índice, por ejemplo, para la corredora olímpica y mundial Elaine Thompson (Jamaica) se comporta como sigue:

$$\begin{aligned} IR_{(\Delta X T)} &= T_{(Dl)} - T_{(Dc)} \\ T_{(200 \text{ m})} &= 21.78 \text{ s.} \\ T_{(100 \text{ m})} &= 10.71 \text{ s.} \end{aligned}$$

De ahí que:

$$\begin{aligned} IR_{(\Delta X T)} &= T_{(200)} - T_{(100)} \\ &= 21.78 - 10.71 \\ &= 11.07 \text{ s.} \end{aligned}$$

Los índices de resistencia en las carreras de atletismo

- Edgardo Romero Frómeta, Sergio Carrillo Cabiedes y Nelson Gutiérrez Perez
- VÍNCULOS-ESPE (2022) VOL.7, No.2: 31-44

Mientras menor sea el valor del $IR_{(\Delta XT)}$ es indicativo de un nivel más elevado de su resistencia láctica, por ser el suministro energético de mayor relevancia en la carrera de 200 m.

En el ejemplo del corredor ecuatoriano Álex Quiñónez, muy lamentablemente fallecido, se procede de forma similar.

$$IR_{(\Delta XT)} = T_{(DI)} - T_{(DC)}$$

$$T_{200\text{ m}} = 19,87\text{ s.}$$

$$T_{100\text{ m}} = 10,09\text{ s.}$$

Por lo tanto:

$$IR_{(\Delta XT)} = T_{(200)} - T_{(100)}$$

$$= 19,87 - 10,09$$

$$= 9,78\text{ s.}$$

La comparación entre los resultados de estos tres corredores es muy indicativa del nivel de resistencia láctica de Quiñónez, quien logra una diferencia muy inferior a su marca personal en los 100 m al recorrer la distancia en los últimos 100 m. Todo ello es indicativo de un alto nivel de resistencia láctica.

En el caso de Usain Bolt el comportamiento es el siguiente:

$$T_{(200)} = 19,19\text{ s.}$$

$$T_{(100)} = 9,58\text{ s.}$$

$$IR_{(\Delta XT)} = T_{(200)} - T_{(100)}$$

$$= 19,19 - 9,58$$

$$= 9,61\text{ s.}$$

Los resultados muestran que en el sexo femenino el tiempo en el segundo tramo de 100 m. es superior al tiempo personal en los 100 m., a diferencia del sexo masculino que realiza un tiempo lanzado inferior o muy similar en los segundos 100 m.

Para la carrera de 400 m. la fórmula de correspondencia actúa de la siguiente forma:

$$IR_{(\Delta XT)} = T_{(400)} - T_{(200)}$$

Siendo $T_{(400)}$ y $T_{(200)}$ el tiempo en las distancias de 400 m. y 200 m. respectivamente.

En el ejemplo del corredor colombiano Anthony Zambrano, medallista olímpico que obtuvo plata en Tokio 2020, este índice se presenta de la siguiente forma:

$$IR_{(\Delta XT)} = T_{(400)} - T_{(200)}$$

$$= 44,08 - 20,31$$

$$= 23,77\text{ s.}$$

El valor obtenido regula su velocidad en toda la carrera, respecto a su marca personal en los 200 m. y es indicativo de su nivel de resistencia láctica.

Mientras más pequeño sea ese número, mayor es el nivel de resistencia láctica.

En la carrera de 800 m. este índice se calcula de la forma siguiente:

$$IR_{(\Delta XT)} = T_{(800)} - T_{(400)}$$

Tomando como ejemplo al corredor cubano bicampeón olímpico Alberto Juantorena, los resultados se comportaron entonces de la manera siguiente:

$$T_{(800)} = 1.43,50\text{ min.}$$

$$T_{(400)} = 44,26\text{ s.}$$



$$\begin{aligned} IR_{(\Delta XT)} &= 103.50 - 44,26 \\ &= 59.24 \text{ s.} \end{aligned}$$

Para este corredor el índice obtenido se considera Bueno; según la Tabla 1.

Tabla 1

Evaluación del Índice de Resistencia, en el sexo masculino, según (Pupo, 2000).

<i>Evaluación</i>	<i>Intervalo (s)</i>
Excelente	58,3 y menos
Bueno	58.4 - 60,3
Regular	60.4 - 62.4

Nota. Esta tabla muestra los resultados del índice de resistencia Tipo 1

Esto permite considerar la potencialidad de este corredor cuando se retiró, pues el índice de resistencia lo ubicaba con un nivel bueno de resistencia láctica.

2. El índice de Resistencia Tipo 2, por el ΔX Proporcional.

En el caso de la corredora ecuatoriana Ángela Tenorio se obtiene:

$$\begin{aligned} IR_{(\Delta XP)} &= T_{(200)} - 2T_{(100)} \\ &= 22,59 - 2(10,99) \\ &= +0,61 \text{ s.} \end{aligned}$$

Es decir, que al doblar la distancia de 100 m. esta corredora tiene una pérdida de 0,61 segundos. Si se compara este IR con el resultado mostrado por Elaine Thomson se obtiene lo siguiente:

$$\begin{aligned} T_{200} \text{ m.} &= 21.78 \\ T_{100} \text{ m.} &= 10.71 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} IR_{(\Delta XP)} &= T_{(200)} - 2T_{(100)} \\ &= 21.78 - 2(10,71) \\ &= +0,36 \text{ s.} \end{aligned}$$

Con este $IR(\Delta XP)$ Thomson muestra una capacidad de resistencia láctica muy superior a su par ecuatoriana.

El comportamiento de Álex Quiñónez en su $IR_{(\Delta XP)}$ refleja las siguientes cifras:

$$\begin{aligned} IR_{(\Delta XP)} &= 19,87 - 2(10,09) \\ &= -0,31 \text{ s.} \end{aligned}$$

Observe que este número, -0,31, con signo negativo es indicativo de su alto nivel de resistencia láctica.

El caso de Usain Bolt se comportó de la forma siguiente:

$$\begin{aligned} IR_{(\Delta XP)} &= 19,18 - 2(9,58) \\ &= +0,02 \text{ s.} \end{aligned}$$

Al realizar una comparación entre los cuatro corredores, se muestra que el mejor $IR(\Delta XP)$ le corresponde a Álex Quiñónez, indicativo de un mayor nivel de resistencia láctica, lo que lo hubiera obligado en el futuro a cambiar para la carrera de 400 m.

En la distancia de 400 m este índice se expresa de la forma siguiente:



Los índices de resistencia en las carreras de atletismo

- Edgardo Romero Frómata, Sergio Carrillo Cabiedes y Nelson Gutiérrez Perez
- VÍNCULOS-ESPE (2022) VOL.7, No.2: 31-44

$$IR_{(\Delta XP)} = T_{(400)} - 2T_{(200)}$$

En el ejemplo del corredor colombiano Anthony Zambrano se comporta como sigue:

$$IR_{(\Delta XP)} = 44,08 - 2(20,31) = 3,46 \text{ s.}$$

Es decir, que al doblar la distancia de 200 m. este corredor tiene una pérdida de 3.46 segundos.

En la carrera de 800 m el Índice de Resistencia por el ΔX proporcional funciona de la forma siguiente:

$$IR_{(\Delta XP)} = T_{(800)} - 2T_{(400)}$$

En el ejemplo de la corredora cubana Ana Fidelia Quiroz, este índice, en su período de máximo esplendor, se comportó de la forma siguiente:

$$IR_{(\Delta XP)} = 1.45,44 - 2(49,61) = +15,22 \text{ s.}$$

Siendo esta cifra una de las mejores del mundo de ese momento, donde las deportistas oscilaban entre 17.3 s. y 17,89 s. (García & Vázquez, 2011).

En el ejemplo del corredor cubano Alberto Juantorena, este índice funciona de la forma siguiente:

$$IR_{(\Delta XP)} = 1.43,50 - 2(44,26) = 103.50 - 88,52 = 9,48 \text{ s.}$$

Es decir, que al doblar la distancia tenía una pérdida de 9.48 segundos.

En investigación realizada por (Leonenko, G, 1977) estableció una excepción al caracterizar el $IR(\Delta XP)$ para la carrera de 1500 m de la forma siguiente:

$$IR_{(\Delta XP)} = T_{(1500 \text{ m.})} - 2T_{(800 \text{ m.})}$$

Se deduce de lo planteado por este autor, anteriormente mencionado, que no siendo 800 m. submúltiplo de 1500 m. se convierte una excepción, estableciéndose entonces la gran interdependencia entre las dos distancias competitivas (Ver Tabla 2).

Tabla 2

Evaluación del Índice de Resistencia, en el sexo masculino, según (Leonenko, G, 1977).

Evaluación Intervalo(s)	
Excelente	0-3
Bueno	3-6
Regular	6-10
Deficiente	>10

Nota. Esta tabla muestra los resultados del índice de resistencia Tipo 2



Observe que 800 m no es submúltiplo de 1500 m.

Aquí se presenta el ejemplo del corredor cubano Andy González, que con una marca de 1.45,72 min. en los 800 m. corría 3.42,60 min. en los 1500 m., entonces:

$$\begin{aligned} IR_{(\Delta XP)} &= T_{(1500)} - 2T_{(800)} \\ &= 222,60 - 2(105,72) \\ &= 11,16 \text{ s.} \end{aligned}$$

Este valor es indicativo de un nivel de resistencia láctica Deficiente.

3. El índice de Resistencia tipo 3: por el ΔX de velocidad

En el ejemplo del corredor cubano Andy González, quien corría los 800 m en un tiempo de 1.45,72 min. y los 1500 m. en una marca de 3.42,60 min. sería:

$$\begin{aligned} IR_{(\Delta XV)} &= V_{(Dc)} - V_{(Dl)} \\ IR_{(\Delta XV)} &= V_{(800)} - V_{(1500)} \\ &= 600/105,72 - 1500/222,60 \\ &= 8,86 \text{ m/s.} - 6,73 \text{ m/s.} \\ &= 2,13 \text{ m/s.} \end{aligned}$$

Ello equivale a una pérdida de 2,13m/s al comparar una distancia con otra e indica su índice de resistencia, es decir, su capacidad láctica para correr una distancia superior.

Por lo general este índice es utilizado en distancias de entrenamiento que no son submúltiplos entre sí, aunque también se puede aplicar en aquellas que sí lo son.

CONCLUSIONES

El estudio permitió determinar tres tipos principales de índices de resistencia, todos ellos asociados metrológicamente con fórmulas matemáticas de correspondencia, muy útiles para los entrenadores. Estos son:

Índice de Resistencia Tipo 1: por el ΔX Temporal:

$$IR_{(\Delta XT)} = T_{(Dl)} - T_{(Dc)}$$

Índice de Resistencia Tipo 2: por el ΔX Proporcional:

$$IR_{(\Delta XP)} = T_{(Dl)} - XT_{(Dc)}$$

Índice de resistencia tipo 3: por el ΔX de Velocidad:

$$IR_{(\Delta XV)} = V_{(Dc)} - V_{(Dl)}$$

donde;

- $T_{(Dl)}$ es tiempo en la distancia más larga y $T_{(Dc)}$ es el tiempo en la distancia más corta, medidos ambos en segundos
- $V_{(Dc)}$ y $V_{(Dl)}$ la velocidad media en la distancia más corta y más larga, respectivamente.

Los índices de resistencia que se han caracterizado constituyen indicadores muy útiles para valorar el desarrollo de la resistencia láctica en los corredores de aquellas distancias donde la dirección resistencia láctica desempeña un papel rector.

Aunque estos índices no sustituyen el estudio de laboratorio resultante del lactato sanguíneo, son un medio muy eficaz para

Los índices de resistencia en las carreras de atletismo

- Edgardo Romero Frómata, Sergio Carrillo Cabiedes y Nelson Gutiérrez Perez
- VÍNCULOS-ESPE (2022) VOL.7, No.2: 31-44

darle seguimiento al nivel de desarrollo de la resistencia anaerobia láctica de los corredores de diferentes distancias competitivas, en especial aquellas inferiores a 1500 m, incluyéndola, donde las reacciones anaerobias lácticas son relevantes en el aporte energético.

Se precisa realizar estudios en atletas prejuveniles, juveniles, seniors y adultos de Ecuador practicantes de estas disciplinas del atletismo, para profundizar en el comportamiento de estos baremos, así como en la dinámica de estos de un grupo etario a otro, y de este modo, definir dónde se encuentra un desarrollo ineficiente del nivel de la resistencia láctica de estos corredores.

AGRADECIMIENTOS

Al grupo AFIDESA, de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE, a la Concentración Deportiva de Pichincha, Ecuador, y a la Universidad de Ciencias de la Cultura Física y Deportes Manuel Fajardo de La Habana, Cuba.

REFERENCIAS

Ayala, F. (2011). Los índices de resistencia específica de los corredores de Cuba y del mundo en los 800 m. planos con mejores resultados en el periodo 2005-2008. *Lecturas Educación física y Deportes*, 16(158). Recuperado el Febrero 22, 2022, de <https://www.efdeportes.com/efd158/los-indices-de-resistencia-especifica-de-corredoras-de-800.htm>

Calbet, J. (2008). Potencia y capacidad anaeróbicas. En J. Chicharro, & A. Fernández, *Fisiología del Ejercicio*. (pág. 487). Madrid: Editorial Médica Panamericana.

Castro, E., Romero, E., & Fleitas, I. (2019). La formación básica de los corredores menores ecuatorianos en distancias medias y largas. Tulcán, Carchi, Ecuador: Universidad Politécnica Estatal de Carchi. Recuperado el Septiembre 15, 2021, de <https://www.publicacionesupec.org/index.php/carchi/catalog/view/17/15/35>

Dietrich, M., Klaus, C., & Klaus, L. (2021). *Manual de Metodología del Entrenamiento Deportivo*. Barcelona, España: Paidotribo.

García, N., & Vázquez, J. (2011). Influencia del índice de resistencia en los resultados de las corredoras de 800 m en Cuba. *Lecturas Educación física y Deportes*, 16(158). Recuperado el Septiembre 14, 2021, de <https://www.efdeportes.com/efd158/indice-de-resistencia-en-corredoras-de-800.htm>

Gorostiaga, M., & Calbet, J. (2010). *Asignatura 5.1: Fisiología aplicada a la Actividad Física y el Alto Rendimiento Deportivo [Apuntes]*. Madrid, España: Universidad Autónoma de Madrid: Máster de Alto Rendimiento del Comité Olímpico Español.

Grosser, M. (1992). *Entrenamiento de la velocidad: fundamentos, métodos y programas*. España: Martínez Roca Eds.

Gutiérrez, A. (2014). Las diferencias entre ejercicio anaeróbico, anaeróbico láctico y aeróbico. *Run & Walk*. Recuperado el septiembre 2021, de https://canal.ugr.es/wp-content/uploads/2014/05/runandwalknet_Las_diferencias_entre_ejercicio_anaerobico_anaerobico_lctico_y_aerbico.pdf



- Hart, C. (1981). 400 m Training. Track and Field Coaching Manual. West Point: Leisure Press.
- Hierrezuelo, S., & Romero, E. (2016, Junio). Propuesta metodológica de planificación y tabla intensidad para el entrenamiento de corredores de fondo. *Lecturas Educación física y Deportes.*, 207(Año 21). Recuperado el Febrero 22, 2022, de <https://www.efdeportes.com/efd217/entrenamiento-de-corredores-de-fondo.htm>
- Jiménez, G., & Vila, M. (2012). Caracterización fisiológica de los sistemas energéticos en el atletismo. *EFDeportes.com, Revista Digital.*, 17(174). Recuperado el Enero 11, 2022, de <https://www.efdeportes.com/efd174/sistemas-energeticos-en-el-atletismo.htm>
- Leminszka, M., Dieck-Assad, G., Martínez, S., & Garza, J. (2010, Julio). Modelación del nivel de ácido láctico para atletas de alto rendimiento. *Revista mexicana de ingeniería biomédica.*, 31(1), 41-56. Recuperado el Enero 2022, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-95322010000100004
- Leonenko, G. (1977). Nuevas fórmulas de correspondencia de los corredores de distancias medias. *Liogkaya Atlética*, 53-81.
- Mena, O., & González, Y. (2013). Utilización y recuperación de los sistemas energéticos durante y después del ejercicio físico. *Lecturas Educación Física y Deportes*. Recuperado el Marzo 2, 2022, de <https://www.efdeportes.com/efd177/recuperacion-de-los-sistemas-energeticos.htm>
- Millikonsky, P. (1993). Capacidad y Potencia Anaeróbica según Sexo, Edad y Grupos Musculares. Recuperado el octubre 15, 2021, de G-SE.com: <https://g-se.com/capacidad-y-potencia-anaerobica-segun-sexo-edad-y-grupos-musculares-196-sa-m57cfb2711543e>
- Navarro, F. (1996). La resistencia. Madrid: Gymnos.
- Platonov, V., & Bulatova, M. (1995). La Preparación Física. Barcelona: Paidotribo.
- Pupo, Y. (2000). Los índices de Resistencia de los Corredores Cubanos en todas las edades. Instituto Superior de Cultura Física Manuel Fajardo. Recuperado el Marzo 2, 2022, de <https://repositorio.uho.edu.cu/handle/uho/2843>
- Pupo, Y. (2000). Los índices de Resistencia de los Corredores Cubanos en todas las edades. Instituto de Cultura Física Manuel Fajardo. Holguín: Facultad de Cultura Física. Recuperado el febrero 20, 2022, de <https://repositorio.uho.edu.cu/handle/uho/2843>
- Pupo, Y., Protestan Y; Neyra, R. (2015). Evaluación de los Índices de Resistencia Especial en corredores de larga distancia de la Escuela Deportiva integral de Holguín. *Deporvida*, 12(25). Recuperado el Septiembre 14, 2021, de <https://deporvida.uho.edu.cu/index.php/deporvida/article/view/282>. Recuperado el Febrero 20, 2022, de <https://repositorio.uho.edu.cu/handle/uho/2843>
- Romero, E. (1995). Metodología de Educación de la resistencia, la rapidez y la fuerza. Mérida: Universidad de los Andes.
- Romero, E. (2006). Programa para la formación básica del velocista cubano (tomo II). (INDER, Ed.) La Habana, Cuba: Comisión Nacional de Atletismo.



Los índices de resistencia en las carreras de atletismo

- Edgardo Romero Frómeta, Sergio Carrillo Cabiedes y Nelson Gutiérrez Perez
- VÍNCULOS-ESPE (2022) VOL.7, No.2: 31-44

S/A. (2018). La resistencia - Página WEB del IES Seritium. Recuperado el 01/2021, de Nanopdf.com: https://nanopdf.com/download/la-resistencia-pagina-web-del-ies-seritium_pdf

Úbeda, V. (2014). <https://www.vicenteubeda.com/blog>. Recuperado el 14 de Septiembre, 2021, de El índice de resistencia en las carreras de ruta.: <https://www.vicenteubeda.com/el-indice-de-resistencia-en-las-carreras-de-ruta/#respond>

Verkhoshansky, J. (1994). Un Nuevo Sistema de Entrenamiento en los Deportes Cíclicos. Recuperado el Enero 2022, de G-se.com: <https://g-se.com/un-nuevo-sistema-de-entrenamiento-en-los-deportes-ciclicos-242-sa-G57cfb2711ca91>

Villalón, C., & Valdés, V. (2020). Los sistemas energéticos y sus orientaciones en los deportes de resistencia. Revista Científica Caminos de Investigación, 1(1). Recuperado el Enero 2022, de <https://caminosdeinvestigacion.tecnologicopichincha.edu.ec/volumen1/article/view/106.html>

BIOGRAFÍA DE LOS AUTORES



Edgardo Romero Frómeta

Doctor de la Universidad de Ciencias de la Cultura Física y Deportes Manuel Fajardo, de la Habana, Cuba y Profesor Titular jubilado, con varias condecoraciones. Profesor Titular Agregado en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE de Ecuador. Ha publicado más de 50 artículos en revistas indexadas en bases Scopus y Latindex y varios libros. 50 años de experiencia profesional.



Sergio Raúl Carrillo Cabiedes

Doctor en Ciencia de la Cultura Física y Profesor Titular de la Universidad del Deporte Cubano "Manuel Fajardo", de la Habana, Cuba. Decano de la facultad de deporte y especialista de Atletismo, con 35 años de experiencia en el proceso de formación del profesional. Ha publicado en varias revistas indexadas.



Nelson Gutierrez Perez

Licenciado en Cultura Física. Especialista en Velocidad- Atletismo. Diplomado en Proceso Fisiológico del entrenamiento contemporáneo. Experiencia como entrenador 30 años. Ha logrado 11 medallas Campeonatos Mundiales de atletismo. 2 medallas en Juegos Olímpicos