

Comparison of heart rate and lactate concentration response before and after the completion of the individual time trial



Comparación de la frecuencia cardíaca y la respuesta de la concentración de lactato antes y después de la finalización de la contrarreloj individual

Juan Alcides Zambrano Estrella.¹, Alex Israel Coque Martínez.², Jonathan Roberto Rodríguez Espín.³ & Luisa Alejandra Sánchez Arcos.⁴

Recibido: 21-05-2020 / Revisado: 26-06-2020 / Aceptado: 13-07-2020/ Publicado: 07-08-2020

Abstract.

DOI: <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v3i3.1.1392>

In order to compare the response of heart rate and lactate concentration before and after completing the individual time trial test in pre-youth cycling athletes in the province of Cotopaxi, a study was carried out that had the impact of the design of a heart rate monitoring system based on lactate concentrations in the blood of cyclists. The beneficiaries are pre-young athletes from the province of Cotopaxi, as well as the body of coaches of this sport throughout the province. The study was based on the quantitative paradigms approach because the results of the field research were subjected to numerical analysis with the support of statistics. Also, qualitative because these numerical results were critically interpreted to establish conclusions and recommendations. In this same way, we unveil a feasible investigation because it guarantees the application of an eminently scientific process to determine the loads of cyclists, who in Ecuador are forced to extrapolate from other sports the evaluation tables of the training areas or otherwise they select from other countries that are neither somatotypical nor biologically equal to cyclists in the Andean region of Ecuador. The main results obtained are a series of means and methodologies for the development of speed resistance.

Keywords: Heart rate, blood lactate, against the clock.

¹ Universidad Técnica de Ambato. Carrera de Cultura Física, Facultad de Ciencias de la Educación, Ecuador. jazcicle@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7400-3939>

² Universidad Técnica de Ambato. Carrera de Cultura Física, Facultad de Ciencias de la Educación, Ecuador. acoquemartines@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8100-2910>

³ Universidad Técnica de Ambato. Carrera de Cultura Física, Facultad de Ciencias de la Educación, Ecuador. jonatan.1990@outlook.com, <https://orcid.org/0000-0002-6870-5803>

⁴ Universidad Técnica de Ambato. Carrera de Cultura Física, Facultad de Ciencias de la Educación, Ecuador. luisaa.sanchez@educación.gob.ec, <https://orcid.org/0000-0001-7573-0903>

Resumen.

Con el objetivo de comparar la frecuencia cardiaca y la respuesta de concentración de lactato antes y después de culminada la prueba de contra reloj individual en atletas de ciclismo categoría pre-juvenil de la provincia de Cotopaxi, se realizó una investigación que tuvo como impacto, la concepción de un sistema de control de la frecuencia cardiaca partir de las concentraciones de lactato en sangre de los ciclistas. Los beneficiarios son atletas pre-juveniles de la provincia de Cotopaxi, así como el cuerpo de entrenadores de este deporte en toda la provincia. El estudio se sustentó en el enfoque de los paradigmas Cuanti-cualitativo, cuantitativo porque los resultados de la investigación de campo fueron sometidos a análisis numéricos con el apoyo de la estadística. También cualitativo porque estos resultados numéricos fueron interpretados críticamente con el fin de establecer conclusiones y recomendaciones. De este mismo modo develamos una investigación factible porque garantiza la aplicación un proceso eminentemente científico en la determinación de cargas de los ciclistas, los cuales en Ecuador se ven obligados a extrapolar de otros deportes las tablas de valoración de las zonas de entrenamiento o de lo contrario las seleccionan de otros países que no son somatotípica ni biológicamente iguales a los ciclistas de la región andina del Ecuador. Se obtiene como principales resultados una serie de medios y metodologías para el desarrollo de la resistencia a la velocidad.

Palabras Claves: Frecuencia cardiaca, lactato en sangre, contra reloj individual.

Introducción.

La Frecuencia Cardiaca Máxima (FCM) es un parámetro básico para determinar el esfuerzo y la intensidad del ejercicio. Se pueden adoptar dos maneras de registro de la FCM: la primera, considera el registro obtenido de FC más elevada tras un esfuerzo de alta intensidad (Marins, 2001); la segunda, por medio de modelos estadísticos por ecuaciones que estiman la FCM de un sujeto (Tanaka H, 2001). De manera muy extendida se suele utilizar la ecuación $FCM = 220 - \text{edad}$ para estimar la FCM. Pero hay que considerar que estudios como los Silva VA (2007) y Robergs R & Landwehr (2005) apuntan que utilizar esta ecuación de manera generalizada es un error metodológico. Se sabe que la FCM disminuye con la edad. A partir de los 20–25 años es predecible una reducción de un latido por minuto (lpm) al año. También está bien descrito que la edad es el principal factor en modular la FCM, representando entre un 70–75% (Londree B & Moeschberger, 1982). Pero cuando solamente se considera esta, es posible un aumento en la probabilidad de error del valor estimado de FCM. Así que, además de la edad factores como obesidad, región corporal activa durante el ejercicio (brazos o piernas), ambiente de registro en competición o laboratorio, nivel de entrenamiento, sexo y acción metodológica de toma de datos son ejemplos de factores que influyen en la FCM, sugiriendo, así, el empleo de ecuaciones específicas.

Un dato de interés sobre la determinación de las intensidades de los esfuerzos físicos. En estudios realizados por Conconi, Ferarri, & otros (1982), se demuestra que la FC tiene un

comportamiento con la intensidad del esfuerzo, hasta que llega a un momento de quiebre y estabilización. Este momento es conocido como Punto de Deflexión de la FC. Al respecto Conconi (1982), plantea un $r = 0.99$ con respecto a la FC y la intensidad del esfuerzo expresado en valores de Umbral Anaeróbico (UA). Por consecuencia de estos estudios se hizo muy popular su método de usar la FC como parámetro válido de medir los esfuerzos físicos. La facilidad para tomar el dato y el método no invasivo de los test le dio carácter de popular al conocimiento divulgado por Conconi en el año 1982.

Por otro lado, la evaluación de lactato en sangre, tiene hoy día un papel muy importante como herramienta de diagnóstico y pronóstico del rendimiento deportivo. A pesar de esta aseveración, durante años se consideró al ácido láctico (AL) como un producto terminal del glucolisis cuyos efectos en definitiva bloqueaban la síntesis de ATP anticipando la aparición de la fatiga.

Sin embargo, nuevos y numerosos estudios plantearon cambios en la concepción y utilización del lactato como producto pernicioso, otorgándole (a partir de investigaciones profundas) un nuevo valor. El hecho está en que las nuevas investigaciones se orientaron no sólo a la producción de lactato sino también a los mecanismos celulares de remoción y transporte.

Según Mazza (1996) Estos mecanismos de reversibilidad permiten la reconversión de lactato a piruvato, sea en el citoplasma de la misma célula donde tuvo lugar la producción a partir del piruvato, o bien en otras células del organismo (grupos musculares, corazón, hígado, etc.) para las que el lactato es considerado como un combustible. Este transporte y reutilización del lactato se conocen como “Lactate Shuttle”

Este proceso es importante dado que regenera el lactato producido en ejercicio intenso, trabajando a la vez como eliminador del lactato residual y como ahorrador de glucosa dentro del proceso. El proceso de recambio de lactato o “Turnover Lactate” ha sido estudiado en los últimos años, demostrándose que el Lactato aumenta en ejercicio intenso; si la intensidad se mantiene dentro de ciertos límites, el lactato alcanza un nivel elevado con relación al lactato en reposo, pero se estabiliza, es decir no continúa elevando su nivel. Lo que da la pauta que la tasa de producción y remoción han alcanzado valores similares. Está demostrado también que la tasa de remoción de lactato en sangre es dependiente también de la concentración de lactato en sangre, es decir que cuando el AL aumenta en sangre los mecanismos de remoción se ven estimulados. También es preciso expresar que la capacidad de remoción de lactato tiene una relación exponencial con la potencia aeróbica, es decir con el consumo de oxígeno (VO_2). Esta correlación se plantea en un $r = 0.94$.

Es preciso indagar también sobre los puntos en común de las variables FC y AL. Al respecto Conconi y Col. (1982) hallaron un $r=0.99$ entre UA y FC en condiciones para la elaboración de pruebas de etapas múltiples donde la intensidad del ejercicio era aumentada. Sin embargo, STokmakidis & Léger (1992) con un protocolo similar, fueron incapaces de identificar un punto de deflexión apropiado en 45% de los casos. Además, otros estudios que confirman los trabajos de Conconi y Col. (1982) reafirmando un $r= 0.98$. Estos trabajos fueron revisados por STokmakidis & Léger (1992) quien encontró bajo las mismas condiciones un $r=0.52$, confirmando un grave error metodológico en la investigación. Baraldi y Col. (1989) y Mahon

& Vacaro (1991) citados por Ruffino & Wheeler (2003) encontraron también correlaciones más bajas ($r=0.76$ y 0.80).

Otras críticas a los estudios de Conconi y Col. (1982), fueron realizadas por Mazza, J.C. (1996), quien no compartía la metodología de los estudios de Conconi y los resultados del mismo.

Es claro ver que la FC y AL, salvo para Conconi (1982), no tienen una correlación que evidencie la utilidad científica, significando que la FC no es una medida de umbral válida, de acuerdo a las investigaciones mencionadas, lo cual presenta un panorama confuso y no recomendable como parámetro desde el punto de vista de STokmakidis & Léger (1992)

Otros artículos indagados como resultado de la revisión documental se fundamentan elementos en concordancia con las investigaciones anteriores, tal es el caso que el trabajo titulado: *Relações entre o limiar anaeróbio, limiar anaeróbio individual e máxima fase estável de lactato em ciclistas*. Artículo revisado en portugués de (FIGUEIRA, 2004) EL objetivo de este estudio fue analizar la variabilidad del lactato individual en el entrenamiento por intensidades de nueve ciclistas de sexo masculino ($20,6 \pm 2,3$ años, $69,1 \pm 9,9$ kg, $177,5 \pm 5,0$ cm) analizaron mediante el test incremental máximo en una bicicleta estática varios parámetros que llegaron a resultados satisfactorios. Pero en este estudio no se presentan los parámetros de comparación de cómo se comporta la frecuencia cardiaca con respecto a los indicadores de lactato.

El artículo titulada *Modelación del nivel de ácido láctico para atletas de alto rendimiento* (Leminszka, 2010) Proponen un modelo para la medición de ácido láctico de manera no invasiva. El modelo puede usarse de manera efectiva para medir ácido láctico en atletas de alto rendimiento. Se presentan diversos modelos que tratan de resolver el problema haciendo una correlación de variables físicas medibles. Los resultados indican que los modelos predicen en forma efectiva la cantidad de lactato en las pruebas físicas aplicadas a tres atletas. En las pruebas de campo presentadas el modelo ideal ponderado presenta la mejor exactitud en general. Al comparar los resultados de los modelos con mediciones de muestras de sangre en un analizador electrónico, el modelo ideal mejorado obtiene una eficiencia (exactitud) máxima del 94.71% y el Modelo Ideal básico obtiene una eficiencia mínima de 90.61 %. Todos los modelos generan un margen de error alrededor del 5%. Las eficiencias son un indicativo de qué tan cerca está el modelo con respecto a la medición de un analizador electrónico de muestras de sangre.

La investigación titulada *Comportamiento del metabolismo láctico y la composición corporal en atletas pre-juveniles de atletismo, ciclismo y natación en la fase de preparación general* (Orozco Lozano, 2015). El objetivo de esta investigación fue analizar el umbral del metabolismo anaeróbico y aeróbico además de la composición corporal de atletas pre-juveniles hembras y varones en los deportes mencionados. Se realizaron tres mediciones una al inicio, otra a mediados y la última al final del mesociclo de preparación general. Los resultados del test de Conconi (1982) en cicloergómetro para determinar el umbral anaeróbico probó la efectividad del mismo, logrando frecuencias cardíacas entre las 168 y 189 pulsaciones que se corresponden con el 80% y 90% de la frecuencia cardíaca máxima, con velocidades entre los 30 y 42 km/h en hembras y varones. Se registraron correlaciones significativas entre frecuencia cardíaca y velocidad en nadadores de $r = 0,64$ y $r = 0,55$ en ciclismo $r = 0,61$ y $r = 0,45$; en

atletismo $r = 0,40$ y $r = 0,44$. Las mediciones antropométricas, para la composición corporal y madurez biológica, mostraron las diferencias significativas entre los dos sexos $\alpha \leq 0,001$. Los test pedagógicos también mostraron en mejoramiento de las capacidades físicas rapidez. El consumo máximo de oxígeno VO_{2max} mostró diferencias significativas entre la primera y tercera medición en los varones de todos los deportes $\alpha \leq 0,005$. La recuperación de oxígeno fue superior en los atletas de natación de ambos sexos con el 100% de las hembras evaluadas de bien y el 89% de los varones con la misma evaluación, también en el atletismo el 100% de las hembras se evaluaron de bien. A pesar de constituir una gran fuente de riqueza de información en esta investigación tampoco se realizan comparaciones entre, los niveles de ácido láctico y la frecuencia cardiaca.

Otro artículo investigado fue: Lactato sanguíneo a partir de biomarcadores salivales. Un estudio con indicadores fisiológicos en ciclistas de La ciudad de Tunja (Colombia) durante prueba de esfuerzo (Quintero-Burgos; 2017). La investigación tuvo como objetivo: Determinar la correlación entre las proteínas totales salivales y el lactato salival con las concentraciones de lactato en sangre en ciclistas, como un punto de partida para construir un modelo no invasivo de medición de lactato sanguíneo. En atletas de alto rendimiento es de gran interés conocer el comportamiento y concentración de lactato en diferentes niveles de estrés físico, ya que es el mejor indicador metabólico del esfuerzo. Presentó como materiales y métodos: Es un diseño cuantitativo de tipo descriptivo correlacional, se aplicó un análisis de medidas repetidas para las variables de estudio en laboratorio, frecuencia cardiaca, concentración de lactato y proteínas en saliva, y lactato en sangre. Población y muestra: Ocho ciclistas rutereros del equipo pre-juvenil de Boyacá, participaron de forma voluntaria.

Ante las constantes incertidumbres investigativas del caso y atendiendo a la inminente necesidad de poder constatar la efectividad del desempeño de los atletas en la prueba de contra reloj individual. Se propone el siguiente objetivo: Comparar la frecuencia cardiaca y la respuesta de concentración de lactato antes y después de culminada la prueba de contra reloj individual en atletas de ciclismo categoría pre-juvenil de la provincia de Cotopaxi.

Metodología.

Los principales métodos de nivel teórico fue el método analítico sintético que logró analizar y sintetizar las concepciones relacionadas con el análisis de la concentración de lactato en sangre y la frecuencia cardiaca, además se utilizó el método inductivo y el método deductivo.

El método inductivo va a estar asociado con la investigación del enfoque cualitativo el mismo que consiste en ir de lo particular a lo general; es decir que por medio de las mediciones podremos conocer en qué estado se encuentra el proceso de entrenamiento y nos permitirá elaborar conclusiones al final de la investigación. El método deductivo que va a estar Ligado a la investigación del enfoque cuantitativo el cual tiene como objetivo ir de lo general a lo particular; esto indica que al aplicar las mediciones se podrá lograr que los ciclistas tengan un óptimo rendimiento.

Para las indagaciones empíricas se utilizó métodos como: la revisión de tesis de grado de varias universidades y artículos científicos.

La medición se utilizará para la adquisición de información sobre la predicción del rendimiento y así poder crear un sistema de planificación que cubra las necesidades de los deportistas y llene las expectativas de los entrenadores y directores técnicos.

Muestra.

Los siete atletas en la prueba deportiva contra reloj individual de la provincia de Cotopaxi. Todos los sujetos participantes fueron informados del tipo de estudio que se iba a realizar y previamente firmaron el consentimiento voluntario para que se les tomaran las medidas durante el transcurso de la prueba. Las características de los sujetos son: 15 ± 1.1 años, 157.3 ± 3 cm, 55.3 ± 2.7 kg, 13.0 ± 2.6 % grasa, 93.8 ± 33.8 minutos de entrenamiento diarios, 532.5 ± 213.8 minutos de entrenamiento semanal y una experiencia en pruebas de 2 ± 2.3 años

Procedimiento.

Para realizar las comparaciones entre la concentración de lactato en sangre con la frecuencia cardiaca de la muestra seleccionada, se realizarán mediciones de lactato y frecuencia cardiaca durante la prueba de contra reloj individual. Estas medidas fueron tomadas en tres ocasiones antes y después con una frecuencia de 15 días (sábados).

Protocolo para la medición de la frecuencia cardiaca

La determinación de la FC se realizó mediante el pulsómetro Garmin Forerunner 910 colocando una banda inteligente en el pecho de los ciclistas y el GPS en la bicicleta de los atletas. La medición se realizó durante todo el tiempo que duró la prueba tomando el pulso de recuperación después de terminado el calentamiento y el pulso de terminación de la prueba y al minuto 1, 3 y 5 de recuperación final. Los atletas debían acercarse a la mesa tan pronto como podían de forma de no alterar las condiciones de la medición.

Esta evaluación se realizó primero dado la celeridad con la que se puede administrar y obtener los datos. Los resultados de la prueba de FC se expresaron en cantidad de latidos por minutos.

Protocolo para la medición de lactato:

El equipo utilizado para la toma de las muestras fue el Accutrend Plus de la empresa COBAS, para ellos se tomó la muestra de sangre del lóbulo de la oreja, ya que es menos doloroso, la piel en esta área es de fácil vasodilatación comparados a los capilares de los dedos de la mano. Regularmente solo una punción en el lóbulo de la oreja es suficiente para tomar las muestras sanguíneas de medio día. Para interpretación de las pruebas, la concentración más alta de lactato después del esfuerzo se utilizará para el procesamiento de información. A manera de asegurarnos que obtuvimos el valor más alto, a intervalos de 1, 3 y 5 minutos se tomarán, cuando esto sea posible.

Desde el punto de vista metodológico se establecieron los siguientes ítems:

1. Se dispuso de una mesa de evaluación situada equidistante en el área de finalización de la prueba.
2. Se dispuso el equipo necesario para las evaluaciones.
3. Se convocó a un profesional evaluador con experiencia en toma de lactato y muy familiarizado con el manejo del equipo y a un asistente.
4. Los ciclistas debían acercarse a la mesa de control luego de terminada la contra reloj individual y después de ser evaluados en FC, se sometían a la prueba de lactato.
5. La prueba de ácido láctico (AL) se realizó con una sola muestra de sangre por cada tiempo de recuperación. Es decir, cada atleta se sometió una vez a la extracción de sangre por prueba realizada.
6. La sangre fue extraída bajo normas de seguridad del óvulo de la oreja.
7. Una vez recogida los datos se volcaron en una planilla de seguimiento.
8. Los resultados de la prueba de AL se expresaron en mmol/l.

Resultados.

Resultados de la relación frecuencia cardiaca-lactato.

Tabla 1. Relación Frecuencia Cardíaca-Lactato Ciclista 1

Atletas	T CRI	FC _{In}	Al _{In}	FC _{Fn}	Al _{Fn}	FC ₁	Al ₁	FC ₃	Al ₃	FC ₅	Al ₅
Ciclista	27.18.204	91.00	1.70	183.00	8.3	167.00	10.50	138	15.8	101.00	11.50
Media		91.71	1.61	183.57	8.3	166.42	10.51	135	15.67	101.57	11.12

Fuente: Elaboración propia.

Análisis.

En el análisis de resultados de la tabla n°1 de la contra reloj individual de 15 km realizada por el ciclista n°1 de la categoría pre juvenil de la provincia de Cotopaxi encontramos que la frecuencia cardiaca (FC) permanece algo elevada en relación a la media, durante los primeros 3 min, normalizándose a los 5 min, en relación al lactato encontramos que durante la fase de recuperación hasta el tercer min permanece dentro de la media estadística, finalizando con una ligera elevación a los 5 min, es decir al finalizar la segunda medición del ácido láctico.

Tabla 2. Relación Frecuencia Cardíaca-Lactato Ciclista 2

Atletas	T CRI	FC _{In}	Al _{In}	FC _{Fn}	Al _{Fn}	FC ₁	Al ₁	FC ₃	Al ₃	FC ₅	Al ₅
Ciclista 2	27.40.569	93.00	1.80	181.00	8.0	170.00	9.90	134	14.2	101.00	10.40
Media		91.71	1.61	183.57	8.3	166.42	10.51	135	15.67	101.57	11.12

Fuente: Elaboración propia.

Análisis.

En el análisis de resultados de la tabla n° 2 de la contra reloj individual de 15 km realizada por el ciclista n° 2 de la categoría pre juvenil de la provincia de Cotopaxi encontramos que la frecuencia cardiaca permanece dentro de la media estadística en relación al cuadro comparativo

de frecuencia cardiaca de los n-7 ciclistas; en relación al lactato encontramos que durante la fase de recuperación hasta finalizada la evaluación también se encuentra dentro de la media estadística de los n-7 ciclistas evaluados.

Tabla 3. Relación Frecuencia Cardíaca-Lactato Ciclista 3

Atletas	T CRI	FC _{In}	Al _{In}	FC _{Fn}	Al _{Fn}	FC ₁	Al ₁	FC ₃	Al ₃	FC ₅	Al ₅
Ciclista 3	27.31.942	90.00	1.60	180.00	8.4	166.00	10.40	131	16.00	99.00	11.00
Media		91.71	1.61	183.57	8.3	166.42	10.51	135	15.67	101.57	11.12

Fuente: Elaboración propia.

Análisis.

En el análisis de resultados de la tabla n°3 de la contra reloj individual de 15 km realizada por el ciclista n°3 de la categoría pre juvenil de la provincia de Cotopaxi encontramos que la frecuencia cardiaca permanece ligeramente elevada en 2.44 lpm menos, como resultado de las variaciones negativas en relación a la media, durante los 5 min que duro la fase de recuperación, en relación al lactato encontramos una ligera elevación de 0.1 mmol/l al finalizar la tercera medición del ácido láctico.

Tabla 4. Relación Frecuencia Cardíaca-Lactato Ciclista 4

Atletas	T CRI	FC _{In}	Al _{In}	FC _{Fn}	Al _{Fn}	FC ₁	Al ₁	FC ₃	Al ₃	FC ₅	Al ₅
Ciclista 4	25.51.367	90.00	1.50	186.00	8.5	168.00	10.70	141	15.90	101.00	10.30
Media		91.71	1.61	183.57	8.3	166.42	10.51	135	15.67	101.57	11.12

Fuente: Elaboración propia.

Análisis.

En el análisis de resultados de la tabla n°4 de la contra reloj individual de 15 km realizada por el ciclista n°4 de la categoría pre juvenil de la provincia de Cotopaxi encontramos que la frecuencia cardiaca permanece 8.08 lpm elevada en relación a la media durante la evaluación, mencionando que al primer min de recuperación se mantiene marcadamente elevada para normalizarse en relación a la media al min 5, en relación al lactato encontramos que durante la fase de recuperación es menor en 1.11 mmol/l en relación a la media estadística.

Tabla 5. Relación Frecuencia Cardíaca-Lactato Ciclista 5

Atletas	T CRI	FC _{In}	Al _{In}	FC _{Fn}	Al _{Fn}	FC ₁	Al ₁	FC ₃	Al ₃	FC ₅	Al ₅
Ciclista 5	25.58.429	91.00	1.50	183.00	9.0	164.00	11.90	126	17.30	104.00	12.20
Media		91.71	1.61	183.57	8.3	166.42	10.51	135	15.67	101.57	11.12

Fuente: Elaboración propia.

Análisis.

En el análisis de resultados de la tabla n°5 de la contra reloj individual de 15 km realizada por el ciclista n°5 de la categoría prejuvenil de la provincia de Cotopaxi encontramos que la

frecuencia cardiaca permanece 6.57 lpm elevada en relación con la media durante la evaluación; en relación al lactato encontramos que durante la fase de recuperación es mayor en 3.29 mmol/l en relación a la media estadística.

Tabla 6. Relación Frecuencia Cardíaca-Lactato Ciclista 6

Atletas	T CRI	FC _{In}	AI _{In}	FC _{Fn}	AI _{Fn}	FC ₁	AI ₁	FC ₃	AI ₃	FC ₅	AI ₅
Ciclista 6	26.46.257	96.00	1.40	183.00	6.9	164.00	9.20	135	13.50	100.00	10.10
Media		91.71	1.61	183.57	8.3	166.42	10.51	135	15.67	101.57	11.12

Fuente: Elaboración propia.

Análisis.

En el análisis de resultados en el grafico n°6 de la contra reloj individual de 15 km realizada por el ciclista n°6 de la categoría pre juvenil de la provincia de Cotopaxi encontramos que la frecuencia cardiaca inicial se encuentra 4.29 lpm elevada frente a la frecuencia cardiaca inicial y permanece 4.01 lpm elevada en relación a la media estadística durante la evaluación; en relación al lactato encontramos que durante la fase de recuperación es 1.92 mmol/l menor en el control realizado a los 3 min y es 5.86 mmol/l menor en relación a la media estadística.

Tabla 7. Relación Frecuencia Cardíaca-Lactato Ciclista 7

Atletas	T CRI	FC _{In}	AI _{In}	FC _{Fn}	AI _{Fn}	FC ₁	AI ₁	FC ₃	AI ₃	FC ₅	AI ₅
Ciclista 7	26.10.238	91.00	1.80	189.00	9.0	166.00	11.00	140	17.00	105.00	12.40
Media		91.71	1.61	183.57	8.3	166.42	10.51	135	15.67	101.57	11.12

Fuente: Elaboración propia.

Análisis.

En el análisis de resultados de la tabla n°7 de la contra reloj individual de 15 km realizada por el ciclista n°7 de la categoría prejuvenil de la provincia de Cotopaxi encontramos que la frecuencia cardiaca permanece 2.74 lpm elevada fluctuando por momentos en relación a la media durante la evaluación; en relación al lactato encontramos que durante la fase de recuperación es 3.99 mmol/l mayor en relación a la media estadística.

Discusión.

Los resultados obtenidos en el presente estudio ponen de manifiesto que se produce una asociación entre la frecuencia cardiaca y el umbral de lactato para la prueba de 15 km contra reloj individual. Aunque existen estudios que avalan esta teoría (Chicharro, 2004) sí fue oportuno conocer los indicadores para la muestra seleccionada.

Para la determinación de los indicadores de frecuencia cardiaca, no se tuvo en cuenta los valores propuestos por Ahumada (2012) donde establece las zonas de frecuencia ideales para los ciclistas de ruta comprendiendo en su estudio diferentes categorías. Estos valores a nuestro juicio no están en correspondencia con la actualidad ecuatoriana y se propone revisar los

estudios de donde salieron los datos antes referidos y que actualmente son valores que toman en cuenta entrenadores en la Federación Deportiva de Cotopaxi.

A continuación, se presenta una propuesta de Chambers (2015) que propone integrar el uso de dos variables bien definidas como lo son el Consumo Máximo de Oxígeno y la Frecuencia cardiaca, los niveles de lactato entre otros indicadores que, aunque no fueron valorados en este estudio si consideramos pertinente pudiéndose leer, como en determinados porcentajes de las zonas de adaptaciones fisiológicas.

Tabla 8. Gráficos de correlación de diferentes parámetros y el comportamiento del Lactato Chambers (2015)

	Reposo	estadio 1	Estadio 2	estadio 3	estadio 4	estadio 5	estadio 6	estadio 7	Clearance	Clearance
Velocidad/watts. (km/h.)		24 100w.	29 150w.	32,5 200w.	35,5 250w.	38 300w.	40,5 350w.	43 400w.	3'	10'
Lactato (mMol/l)	1,2	1,6	1,7	2	3,3	6,2	9,6	10,7	9	5,5
F.C. (ppm.)		105	104	111	125	149	172	175	111	104
PSE. (1 al 10)		1	1	1	3	5	8	10	5	2
Tiem. Por est.		3' 25"	4' 33"	4' 09"	3' 21"	3' 31"	3' 20"	3' 11"	3' 00"	7' 00"
FC. máx.		128	123	132	147	161	178	182	155	113
FC. Promedio		110	114	124	138	152	169	176	130	103
Vel. Promedio		24,4	28,9	31,7	32,1	35,7	37,6	39,5		
Distancia por est.		1,4	2,2	2,2	1,8	2,1	2,1	2,1		
Distancia total.		1,4	3,6	5,9	7,7	9,8	12	16,3		

Fuente: Chambers (2015)

Este es un buen índice para controlar la intensidad del esfuerzo, aunque hay algunas consideraciones que deben ser tenidas en cuenta, ya que pueden modificar su respuesta: i) Calor, ii) Nivel de deshidratación, iii) Variabilidad del día, iv) Tipo de ejercicio, v) Pendiente del terreno, vi) Posición sobre la bicicleta Al parecer, cuando se realiza ejercicio en clima cálido la frecuencia cardiaca se incrementa y por el contrario cuando se realiza en clima frío parecería que es similar a las condiciones ambientales neutras (Jeukendrup, 2002). Estos parámetros lo consideramos como variables ajenas ya que no fueron posibles de controlar para este estudio.

Conclusiones.

- El análisis de los referentes teóricos permitió conocer que hoy día los monitores de frecuencia cardiaca, así como los analizadores de lactato en química seca se han convertido en una herramienta de uso generalizado en los últimos años. Estos dispositivos permiten observar en tiempo real la respuesta de un parámetro fisiológico que representa una relación lineal con la intensidad del ejercicio. Es decir, que a medida que aumenta la intensidad del ejercicio en su respuesta sub-máxima lo hace la frecuencia cardiaca
- La aplicación de las mediciones de lactato y frecuencia cardiaca se utilizaron equipos como el Accutrend Plus de la empresa COBAS, para ellos se tomó la muestra de sangre del lóbulo de la oreja. Para el caso de la frecuencia cardiaca se utilizó el pulsómetro

forerunner 910. La interpretación de las pruebas, permitieron constatar la falta de preparación de resistencia general y resistencia a la velocidad que tenían los atletas.

- Durante esta investigación se establecieron criterios metodológicos que se pondrán en práctica para la adecuación de los entrenamientos de la contra reloj individual. Estos criterios están basados de manera objetiva en el desarrollo de la capacidad aeróbica y la resistencia a la velocidad.

Referencias Bibliográficas.

- Ahumada, F. (2012). *Curso de Preparación Física Integral en el Ciclismo de Ruta y Montaña*.
www.g-se.com.
- Bangsbo, J., Mohr, M., Krstrup, & P. (2006). Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *Journal of Sports Sciences*, 665 - 674.
- Brooks, G. (2000). *Exercise Physiology*. Mayfield Publishing Company, third edition. California. USA: Mountain View,.
- CARRILLO AGUAGALLO, A. M., MONTORO BOMBÚ, R., LINCANGO IZA, P. D., MON LÓPEZ, D., ROMERO FRÓMETA, E., & PÉREZ RUIZ, M. E. (2018). Efectos del método continuo-extensivo para potenciar la resistencia aeróbica en trail running y fondo. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*.
- Chambers, R. (2015). Determinación del Umbral de Lactato en Triatletas: Aplicaciones Para el Entrenamiento. Obtenido de <https://g-se.com/determinacion-del-umbral-de-lactato-en-triatletas-aplicaciones-para-el-entrenamiento-1887-sa-857cfb2725e054>
- Chicharro, L. (2004). *Transición aeróbica-anaeróbica*. España : Boehringer Ingelheim.
- Conconi, F., Ferarri, M., & otros. (1982). Determination the anaerobics thresnold by a. *Journal of Applied Physiology*.
- Di Salvo, V., Baron, R., Tschan, H., Calderon Montero, F., Bachl, N., & Pigozzi, F. (2007). Performance Characteristics According to Playing Position in Elite Soccer. *Training & Testing*, 222 - 227.
- Fiallos, G. (2016). "LA RESISTENCIA ANAERÓBICA EN LA FORMACIÓN DE LOS DEPORTISTAS DE FÚTBOL EN LA CATEGORÍA SUB-16 DEL CLUB TÉCNICO UNIVERSITARIO, MACARÁ Y MUSHUC RUNA EN LA PRIMERA ETAPA DEL CAMPEONATO ECUATORIANO DE FÚTBOL". Ambato, Tungurahua, Ecuador.
- FIGUEIRA, T. R. (2004). Relações entre o limiar anaeróbio, limiar anaeróbio individual e máxima fase estável de lactato em ciclistas. *R. bras. Ci e Mov*.
- García Manso, J. (2013). Aplicación de la variabilidad de la frecuencia cardiaca al control del entrenamiento deportivo:análisis en modo frecuencia. *Arch Med Deporte*, 43 - 51.

- Hoff, J. (2005). Training and testing physical capacities for elite soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 573 - 582.
- Jeukendrup, A. (2002). High Performance Cycling. *Human Kinetics Publishers*.
- Karvonen M, V. T. (1988). Heart rate and exercise intensity during sports activities: Practical application. *Sports Med*.
- Leminszka, D.-A. M. (2010). Modelación del nivel de ácido láctico para atletas de alto rendimiento. *Revista mexicana de ingeniería biomédica*.
- Londeree B, & Moeschberger, M. (1982). Effect of age and other factors on maximal heart rate. *Res Q Exerc Sport*.
- Lucía A, R. M.-C. (2006). Frequency of the V02max Plateau Phenomenon in World-Class Cyclists. *Int J Sport Medicine*.
- Mallqui, V. (2013). "EL ENTRENAMIENTO DEL FÚTBOL EN LA ALTURA Y SU IMPACTO EN EL RENDIMIENTO FÍSICOCATEGORÍA SUB 16 DEL CLUB MUSHUC RUNA CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA.". Ambato, Tungurahua, Ecuador.
- Marins, J. (2001). *Comparación de la frecuencia cardiaca máxima y fórmulas para su predicción*. Granada: INEF Universidad de Granada.
- Mazza, J. (1996). Fundamentos fisiológicos del entrenamiento por áreas funcionales. *Journal of actulization on sports*.
- Midgley AW, M. L. (2007). Criteria for determination of maximal oxygen uptake: A brief critique and recommendations for future research. *Sports Med*.
- Montoro, R., Hernández, V., Ortiz, P., & Castro, W. (2019). Contribución al control físico - pedagógico del rendimiento deportivo de los corredores de 400 m planos. *Ciencia Digital*, 78 - 97.
- Mora- Rodriguez R, A. J. (2006). Performance at High Pedaling Cadences in Well-Trained Cyclists. *Med Sci Sports Exerc*.
- Orozco Lozano, G. (2015). *Comportamiento del metabolismo lactico y la composición corporal en atletas pre-juveniles de atletismo, ciclismo y natación en la fase de preparación general*. Guayaquil. : Universidad de Guayaquil .
- Quintero-Burgos RI, M.-A. F.-A. (2017). Lactato sanguíneo a partir de biomarcadores salivales. Un estudio con indicadores fisiológicos en ciclistas de la ciudad de Tunja (Colombia) durante prueba de esfuerzo. *Arch Med*.
doi:<https://doi.org/10.30554/archmed.17.2.2408.2017>

- Robergs R, & Landwehr , R. (2005). The surprising history of the “ $H_{max} = 220 - \text{age}$ ” equation. *JEPonline*.
- Romero Pileta, I., Dopico Pérez, H. M., Fernández Téllez, I., Montoro Bombú,, R., Chávez Cevallos, E., & Contreras Calle, W. T. (2019). Análisis integral de la motivación en boxeadores. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*.
- Ruffino, J., & Wheeler, A. (2003). NIVELES DE LACTATO EN SANGRE Y FRECUENCIA CARDIACA EN PARTIDOS DE RUGBY MODALIDAD SEVEN. *EFdeportes* .
- Schmidt, R., Lee, T., Wistein, C., Wulf, G., & Zelaznick, H. (2018). *Motor control and Learning: a behavioral emphasis, 2nd ed.* Edwar Brothers Malloy.
- Silva VA, B. M. (2007). Maximum heart rate in Brazilian elderly women: Comparing measured and predicted values. *Arq Bras Cardiol*.
- STokmakidis , a., & Léger , L. (1992). Comparación de puntos de "umbral" de lactato sanguíneo y frecuencia cardíaca determinados matemáticamente y relación con el rendimiento. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*.
- Tanaka H, M. K. (2001). Age-predicted maximal heart rate revisited. *J Am Coll Cardiol*.

PARA CITAR EL ARTÍCULO INDEXADO.

Zambrano Estrella, J. A., Coque Martínez, A. I., Rodríguez Espín, J. R., & Sánchez Arcos, L. A. (2020). Comparison of heart rate and lactate concentration response before and after the completion of the individual time trial. *ConcienciaDigital*, 3(3.1), 243-256. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v3i3.1.1392>



El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Conciencia Digital**.

El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Conciencia Digital**.

