

CONTROL Y VALORACIÓN DEL ENTRENAMIENTO DE CARRERA A PIE MEDIANTE EL USO DE WEARABLES



**GRADO EN CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEL
DEPORTE**

AUTOR: SERGIO MORILLO MATEOS

TUTOR: ÓSCAR DEL CASTILLO ANDRÉS

ÍNDICE

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 1 | RESUMEN/ABSTRAC Y PALABRAS CLAVE | 3 |
| 2 | JUSTIFICACIÓN..... | 4 |
| 3 | MARCO TEÓRICO | 5 |
| 4 | OBJETIVOS | 13 |
| 5 | METODOLOGÍA..... | 14 |
| 6 | RESULTADOS | 20 |
| 7 | DISCUSIÓN..... | 22 |
| 8 | CONCLUSIONES | 24 |
| 9 | PROPUESTAS DE FUTURO Y AGRADECIMIENTOS..... | 24 |
| 10 | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 25 |

1 RESUMEN/ABSTRAC Y PALABRAS CLAVE

Resumen

En este estudio, se analiza la fiabilidad y validez de diferentes modelos de dispositivos Garmin para la medición del volumen de oxígeno máximo en la disciplina atlética de carrera a pée, más concretamente en corredores de media maratón. Para ello, se realiza a estos deportistas un test de campo indirecto adaptado a cinta rodante, con el fin de obtener sus datos de volumen de oxígeno máximo y compararlos con la estimación realizada por los relojes deportivos analizados. Finalmente, tras la realización del estudio, no se puede corroborar que los wereables Garmin midan con fiabilidad y validez el volumen de oxígeno máximo.

Abstrac

In this study, the reliability and validity of different models of Garmin devices for measuring the maximum oxygen volume in the athletic discipline of running, more specifically in half marathon runners, is analyzed. To do this, these athletes are given an indirect field test adapted to a treadmill, in order to obtain their maximum oxygen volume data and compare them with the estimate made by the sports watches analyzed. Finally, after conducting the study, it cannot be confirmed that the Garmin wearables measure the maximum oxygen volume reliably and validly.

Palabras clave

Running, wearables, Garmin, heart rate and VO2Máx.

2 JUSTIFICACIÓN

Este proyecto nace de mi motivación e interés por el entrenamiento deportivo, más en concreto por el entrenamiento de la carrera a p e, incluida como una de las disciplinas atléticas por la Real Federación Española de Atletismo (RFEA, 2020). Como atleta de carrera a p e he podido vivir el gran cambio tecnológico que ha tenido lugar en la valoración del entrenamiento, contando hoy en día la gran mayoría de atletas con wearables para controlar su entrenamiento, los cuales estiman datos que posteriormente tienen en cuenta los entrenadores. Los datos proporcionados por los wearables deportivos, en muchos casos sustituyen pruebas de esfuerzo, cronómetros, cintas de pecho, medidores de distancia, nutricionistas y hasta a los propios entrenadores deportivos al entrenar muchos atletas sin entrenador, como muestra una encuesta realizada a 4186 corredores por la plataforma y app Runnea (2021), en la que un 69,4% de los participantes de la encuesta no entrenan bajo la supervisión de un profesional deportivo, siendo guiados solamente por los datos que les dan los relojes deportivos que actualmente podrían estimar volumen máximo de oxígeno ($VO_{2M x.}$), frecuencia cardiaca, zonas de entrenamiento, gasto calórico, distancia recorrida, longitud de zancada, frecuencia de zancada, velocidad de carrera y tiempo de reposo (Germini et al., 2022).

El objetivo principal de este trabajo es comprobar la fiabilidad y validez de los relojes deportivos de Garmin para la inferencia del volumen máximo de oxígeno. Esta investigación no sólo se llevará a cabo mediante una revisión bibliográfica, sino que también se llevará a la práctica, con atletas tanto federados, como no federados, de distintas edades y con distintas metodologías de entrenamiento, además de contar con distintos modelos deportivos de la marca Garmin, existiendo así una gran diversidad de situaciones sobre las que comprobar datos. Para medir la validez y fiabilidad de los dispositivos Garmin, se compararán los datos de $VO_{2M x.}$ y zonas de entrenamiento que el reloj estima, con los obtenidos con un test de campo indirecto adaptado a una cinta rodante, el test de la Universidad de Montreal, comprobado como válido y fiable para estimar el $VO_{2M x.}$ (García et al., 2014).

Tras el desarrollo al completo de este trabajo de investigación, se podrán aconsejar propuestas de entrenamiento dirigidas a atletas que cuenten con un reloj deportivo Garmin en su día a día desde el conocimiento de su fiabilidad y validez para la cuantificación del entrenamiento.

3 MARCO TEÓRICO

El número de corredores ha crecido de forma significativa durante los últimos años, registrándose un 5,13% de corredores nuevos en 2021, siendo este dato mucho mayor que el crecimiento medio registrado entre 2015 y 2019 que fue del 3,10% (Consejo Superior de Deportes y RFEA, 2021). Por ello, la carrera a pie es una disciplina a la que tener en cuenta en el presente y futuro del entrenamiento deportivo por parte de los profesionales de la actividad física y deportiva visto su gran crecimiento en el sector. Esta disciplina deportiva ha evolucionado tecnológicamente hasta la posibilidad de usar los wereables deportivos actuales de los atletas, siendo este tema una de las tendencias entre los consumidores y entrenadores deportivos (Figura 1).

Figura 1

Top 20 tendencias de los consumidores y entrenadores deportivos.

| Rank | Top 20 Worldwide Fitness Trends for 2022 |
|------|--|
| 1 | Wearable technology |
| 2 | Home exercise gyms |
| 3 | Outdoor activities |
| 4 | Strength training with free weights |
| 5 | Exercise for weight loss |
| 6 | Personal training |
| 7 | High Intensity Interval Training |
| 8 | Body weight training |
| 9 | Online live and on-demand exercise classes |
| 10 | Health/wellness coaching |
| 11 | Fitness programs for older adults |
| 12 | Exercise is Medicine |
| 13 | Employing certified fitness professionals |
| 14 | Functional fitness training |
| 15 | Yoga |
| 16 | Mobile exercise apps |
| 17 | Online personal training |
| 18 | Licensure for fitness professionals |
| 19 | Lifestyle medicine |
| 20 | Group exercise training |

Nota. Tomado de *Worldwide Survey of Fitness Trends for 2022 de la producción científica española en economía del deporte: n° de artículos*, por W.R.Thompson, Ph.D., FACSM, 2022.

Estos dispositivos, pueden analizar una gran cantidad de variables con distintos medios/métodos para la valoración del rendimiento como son los siguientes:

-Medición de la variabilidad de la frecuencia cardíaca: se realiza mediante la aplicación Élite Hrv, que se conecta al dispositivo electrónico o sensor que utilice el deportista mediante bluetooth 4.0 o Ant+ (Élite Hrv, 2022). Una variabilidad cardíaca baja es síntoma de fatiga o inadaptación por parte del deportista, mientras que una variabilidad cardíaca alta es un factor que indica predisposición al entrenamiento y buenas condiciones fisiológicas del deportista. Cuando se produzcan adaptaciones en el atleta, es decir, una mejora del rendimiento, la variabilidad cardíaca tendrá valores más efectivos (García, 2012). La medición se realiza por las mañanas antes de despertar (Élite Hrv, 2022).

-Medición de la frecuencia cardíaca: para su medición se dispone de multitud de dispositivos electrónicos que la miden constantemente, ya sea mediante un sensor óptico o mediante banda en el pecho (Garmin, 2022). Un factor que indica mejora del rendimiento es una menor frecuencia cardíaca mínima, que conllevaría a mayor eficiencia cardiovascular (Gómez, 2011).

-VO₂máx.: actualmente, existen relojes deportivos que miden con cada vez más exactitud el volumen máximo de oxígeno. Un mayor volumen máximo de oxígeno conlleva un mayor rendimiento en carrera a pie (Martín, 2018).

-Sueño, hidratación, peso, calorías totales y minutos de intensidad: estos parámetros también son medidos o guardados por los relojes deportivos, aunque se pone en duda su fiabilidad, sobre todo en los parámetros de calorías totales y minutos de intensidad (Fuller et al, 2020). Dispositivos de marcas como Garmin, disponen de la aplicación Garmin Connect, que permite introducir diariamente de forma manual datos de peso e hidratación y guardarlos en el dispositivo (Garmin, 2022).

El uso de los wearables no sólo se propone como un método actual en el control y valoración del entrenamiento, suponiendo herramientas adaptadas a las nuevas tecnologías y que logran hacer de la conexión entrenador-atleta, una relación más estrecha con contacto constante, sino que también sirven para establecer relaciones con otros atletas de la disciplina, ya que muchas apps como Strava o Garmin sirven para conectar a los atletas entre sí en estas redes sociales. Tras analizar el nuevo Informe Digital 2021 publicado por Hootsuite y We Are Social y elaborado por Kemp (2021), podemos ver que el 50% usuarios mundiales utilizan las redes sociales para diversas utilidades como conectar con amigos, familias, entrenadores... un porcentaje menor utiliza las redes sociales para ver información actualizada, como noticias, datos que se pueden extrapolar a la disciplina atlética con su aumento tecnológico.

No sólo ha existido un cambio en lo que ha tecnología se refiere en el ámbito deportivo como se ha mencionado anteriormente, sino un cambio en la ramificación profesional, creciendo el número de profesionales que se dedican a la rama del entrenamiento deportivo, ya sea federado, o no federado, interfiriendo esto a favor de las distintas disciplinas deportivas (Bernal-García et al., 2019). Según el informe de difusión profesional 2019 divulgado por la Universidad de Sevilla y Consejo Colef y elaborado por Bernal-García y col. (2019), hay un cambio de tendencia en la ocupación profesional de los titulados en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, bajando el porcentaje de dedicación a la docencia desde un 55% en estudios de 2001 hasta un 37,7% en el año 2019, en favor de un crecimiento hasta un 20,4% y 9,4% de ámbitos como salud/fitness y competición respectivamente, que están compuestos por deportistas de entrenamiento de carrera a píe enfocado a la salud y deportistas de entrenamiento de carrera a píe enfocado en competición, que utilizan wearables en ambos casos, siendo por tanto este un tema de vital importancia para los profesionales en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte.

Una vez descrita la importancia de los wearables tanto de forma general como en el ámbito deportivo de la carrera a píe, además del importante cambio de ocupación profesional en ciencias del deporte, se definen las cualidades fundamentales que engloban el entrenamiento de carrera a píe, destacando la resistencia como la más importante y en la cual se centrará el marco teórico, pero siendo necesario el entrenamiento del resto de capacidades, que producen adaptaciones en el atleta por efecto múltiple (Gómez, 2011).

De acuerdo con Manno (1991, p.157), “la resistencia es la capacidad de resistir la fatiga en trabajos de prolongada duración y que se caracteriza por la máxima economía de las funciones”. El rendimiento en resistencia aeróbica depende desde un punto de vista fisiológico de la economía del gesto, el % VO₂Máx. sostenible durante un tiempo prolongado y del VO₂Máx., siendo esta última variable la excluyente del alto rendimiento en resistencia aeróbica (López et al., 2018). La economía del gesto pone en relación la cantidad de energía gastada en el desplazamiento de la masa corporal con la energía total disponible y tiene relación con la mejora del VO₂Máx., la técnica o la fuerza (Ogueta et al., 2016). Además de las variables citadas, en los últimos años, también ha aparecido el uso de la variabilidad de la frecuencia cardíaca como otro indicador fisiológico de rendimiento de la capacidad de resistencia. Como muestra García (2012), las aplicaciones de la variabilidad de la frecuencia cardíaca son la detección de alteraciones funcionales, asimilación de cargas de entrenamiento, prevención de estados de sobreentrenamiento, evaluación funcional del deportista, determinación de

umbrales, diseño de cargas de entrenamiento y valoración de respuesta aguda al ejercicio. A pesar de todas las variables mencionadas anteriormente, el VO2Máx. sigue siendo el principal indicador de rendimiento para valorar la capacidad de resistencia (López et al., 2018). Por ello, y ya que el VO2Máx. es la variable en la que se centra el trabajo de investigación, se va a hablar de ello de forma más extensa y detallada, basando en las afirmaciones en Martín (2018).

El VO2Máx. se alcanza cuando el atleta, a pesar de aumentar la intensidad del esfuerzo, no es capaz de aumentar los litros de oxígeno consumidos, es decir, su capacidad ventilatoria llega a su límite fisiológico. Esta variable está limitada por la capacidad muscular de extraer y usar el oxígeno proveniente del torrente sanguíneo, que no llega a estar en déficit, sino que el metabolismo oxidativo por saturación no puede continuar con los procesos aeróbicos. Cuando el metabolismo oxidativo llega a su límite, actúa el metabolismo no oxidativo en mayor medida conforme se va aumentando la intensidad del esfuerzo, hasta llegar a un punto de exceso de acumulación de ácido láctico y protones que obligue al atleta a parar. Mediante un entrenamiento constante y planificado se puede mejorar el VO2Máx., aunque solo un 15%-20%, ya que el resto depende de la genética del atleta. Para el seguimiento de los entrenamientos del atleta resulta difícil aplicar el porcentaje de VO2Máx. en los entrenamientos, utilizándose la velocidad aeróbica máxima (VAM), que es la mínima velocidad a la que se consigue el VO2Máx. Aunque el VO2Máx. es poco mejorable, si resulta interesante entrenar la capacidad del atleta para mantener la VAM durante el mayor rango de tiempo posible. En VO2Máx. se puede tener en cuenta bien en valores absolutos o bien en valores relativos, dependiendo todo ello de la disciplina deportiva a valorar. Los valores absolutos se representan en litros/minuto, mientras que los relativos se representan en mililitros/ kilogramo/ minuto, dependiendo por tanto del peso corporal. En el caso de la carrera a píce, se utiliza la representación del VO2Máx. relativo, ya que se tiene que soportar el peso corporal en su totalidad durante el desplazamiento, siendo por lo tanto este un valor importante.

Abordada ya la cualidad de resistencia y sus variables, se definen a continuación el resto de las cualidades fundamentales y su integración específica en la carrera a píce.

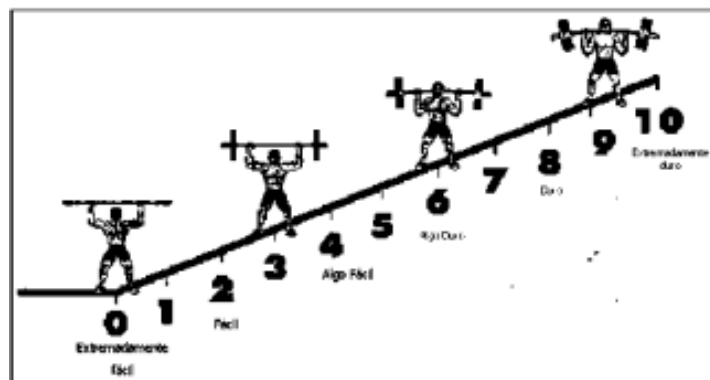
Para González-Badillo y Gorostiaga (1995, p.19), “la fuerza es la capacidad de producir tensión que tiene el músculo al activarse o, como se entiende habitualmente, al contraerse”. En las carreras, se necesita aplicar fuerza durante un periodo de tiempo limitado, de forma cíclica y repetitiva, por lo que el entrenamiento de fuerza es fundamental para el rendimiento de esta prueba. Al aumentar la fuerza máxima, el deportista aplicaría un menor porcentaje de fuerza

con respecto a la fuerza máxima al correr, lo que deriva en un aumento de la economía de carrera y por tanto del rendimiento en carrera (Jung, 2003). Respecto al entrenamiento de fuerza, se ha observado que el desarrollo de la fuerza máxima con la inclusión de alguna sesión de pliometría o circuitos de fuerza genéricos son los métodos más efectivos para los corredores (Ogueta et al., 2016).

Debido al alto presupuesto que se requiere para la adquisición de instrumentos de medición del entrenamiento de fuerza, se puede tomar la escala RPE OMNI-RES (Figura 2) como indicador del rendimiento del entrenamiento de fuerza, siendo una herramienta de control del entrenamiento establecida como válida y fiable por la comunidad científica (Naclerio et al, 2008). Una menor RPE ante una misma carga indica una mejora del rendimiento de fuerza.

Figura 2

Escala RPE OMNI-RES (0-10)



Nota. Tomado de *Control de la intensidad de los entrenamientos de fuerza por medio de la percepción subjetiva de esfuerzo*, por Naclerio et al., 2008.

Otra cualidad de la que hablar es la amplitud de movimiento, que corresponde con la medida de la movilidad y flexibilidad muscular en una acción motriz, expresada en ángulos (Rusch et al., 2004). La amplitud de movimiento tiene un componente específico en el atletismo como es la amplitud de zancada. Una relación óptima entre la amplitud de zancada y la frecuencia de zancada determinará un mejor rendimiento en el deportista, ya que de estas dos variables depende la velocidad de desplazamiento del atleta (Ogueta et al, 2016). Para medir la mejora del rendimiento se puede utilizar como herramienta un reloj Garmin, por ejemplo, el Garmin forerunner 235. Estos dispositivos usan datos de peso, estatura y velocidad de desplazamiento para determinar la frecuencia y amplitud de zancada en la carrera a píe (Garmin, 2022).

Terminando con las cualidades fundamentales, Los Santos (2004, p. 143) afirma que la cualidad coordinativa es “la capacidad que posee el sistema óseo-muscular de realizar aquello que le rige el sistema nervioso. Hacer aquello que realmente deseamos hacer”. De forma específica hay que hacer incidencia en una correcta técnica de carrera, que nos permitirá mejorar la eficiencia energética y por tanto el rendimiento (Ogueta et al, 2016). Los principales parámetros que comprobar para el rendimiento de las cualidades coordinativas en la carrera a pie serán (Infante-Ojeda et al, 2017):

-El deportista realiza la carrera con movimientos simultáneos entre brazo y pierna contrarios, además de realizar extensión de rodilla y aproximación al glúteo en cadena posterior

-Los brazos se mantienen con una angulación de 90° de flexión de codo y realizan movimientos lo más vertical posible.

También es importante para el desarrollo del deportista la mejora de rendimiento psicológico, ya que se ha podido corroborar que variables como un alto grado de motivación intrínseca e inteligencia emocional están relacionadas con un mayor rendimiento en el atletismo (Iglesias y de la Villa, 2021). La psicología en los corredores tendrá como objetivos potenciar la ejecución, potenciar el entrenamiento, asegurar la adherencia y mejorar el bienestar de las personas, dejando estos aspectos en mano de un profesional de la psicología deportiva, que tiene una labor importante en este entrenamiento complementario para la preparación del atleta buscando un mejor rendimiento (Ogueta et al, 2016).

Dejando atrás la explicación de las cualidades fundamentales y su especificidad en la carrera a pie, seguidamente, se introducen los aspectos a tener en cuenta por el entrenador en el desarrollo de esta disciplina, tanto de forma general como específica. Un profesional en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte al planificar el entrenamiento de un atleta, deberá poner atención en las distintas variables que afectan al rendimiento deportivo, integrándolas de forma específica teniendo en cuenta las características del esfuerzo y su efecto en el deportista. (Gómez, 2011).

Para comprender el proceso que tiene en el atleta el entrenamiento o desarrollo de las cualidades fundamentales, hay que hablar primeramente del término de homeostasis interna. La homeostasis interna es el estado de equilibrio del organismo a nivel neural, hormonal y de funcionamiento e integración entre órganos, tejidos, células y moléculas. Cuando se realiza actividad física se rompe la homeostasis interna del organismo, provocando cambios en él, que

serán mayores o menores según la rigurosidad del estímulo al que el atleta se ha visto exigido (Gómez, 2011).

Un estímulo es la carga de entrenamiento que se le ha impuesto al organismo con el objetivo de cambiar la homeostasis interna corporal (Macías, 2016). Los estímulos pueden tener diferentes consecuencias, tener efecto recuperador, aumentar la fatiga (supera el umbral mínimo de estimulación) o no tener efecto (no supera el umbral mínimo de estimulación) (Gómez, 2011). Seguidamente, en relación con los anteriores conceptos, surge la teoría de la supercompensación, explicada según conclusiones extraídas de afirmaciones de Macías (2016). Cuando el atleta se ve sometido a un fuerte estímulo, este rompe la homeostasis y le provoca fatiga y por tanto una bajada de rendimiento. Posteriormente, con el correspondiente tiempo de descanso entre estímulos, el atleta recupera la homeostasis y mejora el rendimiento respecto a la sesión anterior, lo que se denomina efecto de supercompensación. Este efecto se denomina teoría de la compensación. Una mala planificación de algunas de las variables del efecto de supercompensación pueden inducir al atleta a sobreentrenamiento, que provoca una bajada exponencial del rendimiento y puede llegar a ser crónico.

Además, para que se produzca el efecto de supercompensación, un entrenador debe tener en cuenta las leyes o principios del entrenamiento, que buscan la planificación de un proceso de entrenamiento óptimo, con una correcta distribución temporal de cargas (Gómez, 2011). De forma resumida, las leyes o principios del entrenamiento quedan propuestos en Abrales (2016).

Por otra parte, y ya de forma específica, la duración del esfuerzo en estrecha relación con la intensidad y el metabolismo predominante, es igual de importante que analizar las variables para establecer un tipo de entrenamiento y valorar de forma específica al atleta (Gómez, 2011). Los atletas analizados, compiten en la distancia de media maratón (21.097 metros), por lo que se engloban dentro de la clasificación en relación de la duración del esfuerzo como de resistencia de larga duración 2 (Tabla 1).

Tabla 1

Análisis de diferentes parámetros de las pruebas en relación a la duración del esfuerzo

| Parámetros | Resistencia de media duración 2 (RMD2) | Resistencia de larga duración 1 (RLD1) | Resistencia de larga duración 2 (RLD2) |
|-------------------|---|---|---|
| Duración | 3'-8' | 8'-30' | 30'-90' |
| %VO2máx | 100% | 90%- 100% | 80%-90% |

| | | | |
|--------------------------------|--------------------|----------------------------------|---------------------|
| %F _{cmax} | 100% | 90%- 100% | 85%-90% |
| Mmol/l lactato | 14-16 | 10-14 | 6-10 |
| Sustrato | Glucógeno muscular | Glucógeno muscular + hepático | Glucógeno Grasas |
| Tipo de fibras predominante | Ft I y St | Ft I y St | St |
| % anaeróbico | 50% | 15% | 5% |
| % aeróbico | 50% | 85% | 95% |
| Distancia de carrera | 1500m-3km | 3-12km | 10km-30km |

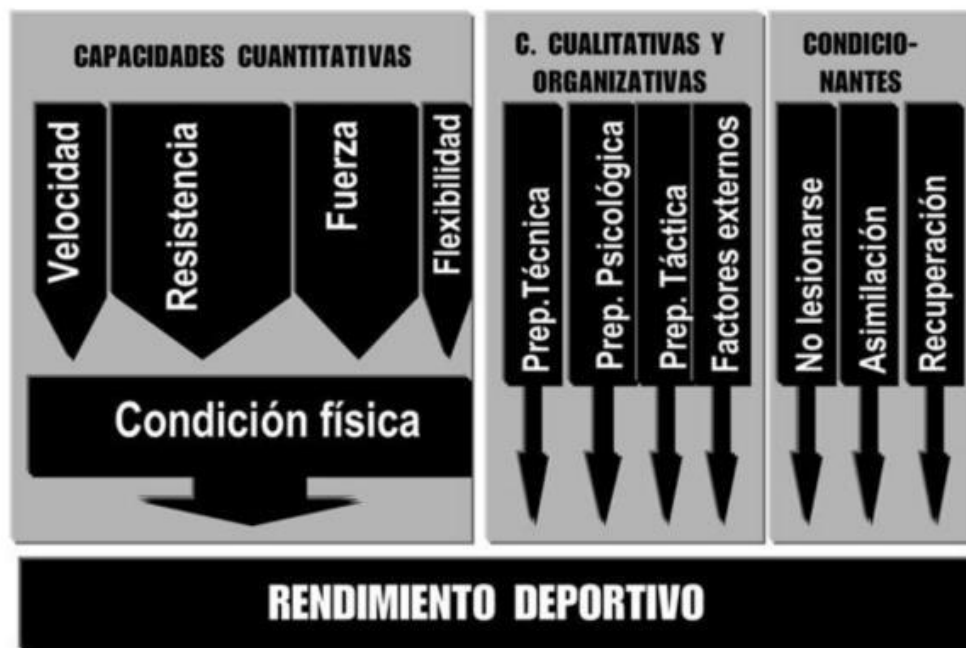
Nota. Adaptado de *Clasificación en relación a la duración del esfuerzo: Análisis de la situación de los diferentes parámetros*, por N.M. Llaudes, 2018, Editorial CopiDeporte.

Se puede observar que existen notables diferencias dependiendo de la duración del esfuerzo. Así pues, un atleta de 1500 metros necesitará entrenamientos del metabolismo oxidativo y el metabolismo no oxidativo de forma más o menos equitativa, mientras que en corredores de más distancia como media maratón metros tendrá más importancia el metabolismo oxidativo. Hay que aclarar que ningún metabolismo actúa única y exclusivamente en un esfuerzo, ambos metabolismos (oxidativo y no oxidativo) actúan en cualquier esfuerzo, solo que según la duración e intensidad el esfuerzo tendrá predominancia por un metabolismo u otro (Gómez, 2011).

Finalmente, y a modo de resumen, los aspectos de los que depende de forma general el rendimiento del atleta son los siguientes (Figura 3):

Figura 3

Variables del rendimiento deportivo



Nota. Tomado de *Resistencia y entrenamiento, una metodología práctica*, por D.G. Verdugo, 2007,

Editorial Paidotribo

4 OBJETIVOS

OBJETIVO PRINCIPAL

1. Contrastar la fiabilidad y validez de los relojes deportivos de Garmin para el seguimiento del entrenamiento específico de la disciplina de carrera a pie.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1.1. Obtener datos de estimación del VO2Máx. del Garmin fénix 5.
- 1.2. Obtener datos de estimación del VO2Máx. del Garmin forerunner 735XT.
- 1.3. Obtener datos de estimación del VO2Máx. del Garmin fénix 6X
- 1.4. Obtener datos de estimación del VO2Máx. del Garmin forerunner 235.
- 1.5. Obtener datos de estimación del VO2Máx. del Garmin forerunner 945.
- 1.6. Realizar el test de campo indirecto de la Universidad de Montreal para obtener datos de VO2Máx. en atletas de media maratón.

5 METODOLOGÍA

Primeramente, se ha realizado una búsqueda bibliográfica, con el objetivo de encontrar estudios precedentes que muestren la fiabilidad y validez de los dispositivos Garmin en la medición de la frecuencia cardíaca y el volumen máximo de oxígeno. Para la búsqueda se han utilizado los términos: *Garmin*, *Running*, *Heart Rate* y *Oxygen Consumption* cruzándolos con el operador booleano AND y eliminando todos aquellos artículos que se repetían entre sí.

Una vez realizada la búsqueda en las principales bases de datos (Tabla 2), centrada en la relación de los dispositivos Garmin con la carrera a pie, se han presentado los siguientes criterios de inclusión:

- Estudios entre los años 2015 y 2022.
- Estudios relacionados específicamente con la carrera a pie.

Tras una primera búsqueda bibliográfica, se encontraron un total de 3347 estudios. Tras aplicar los criterios de inclusión y eliminar los estudios repetidos, se seleccionan un total de 18 artículos para su lectura. Una vez leídos, se seleccionaron 8 estudios para su inclusión en este trabajo (Tabla 3) debido a que el resto, a pesar de ser estudios relacionados específicamente con la carrera a pie (criterio de inclusión), no tenían como objetivo analizar la fiabilidad del VO2Máx. o la frecuencia cardíaca dada por los dispositivos Garmin.

Tabla 2*Resultados de búsqueda en las diferentes bases de datos.*

| Palabras clave usadas | Scopus | Dialnet | Pubmed | Fama Universidad de Sevilla | Web of Science |
|---|---------------|----------------|---------------|------------------------------------|-----------------------|
| Garmin | 511 | 40 | 12 | 1022 | 1762 |
| Running AND Garmin | 41 | 2 | 0 | 83 | 117 |
| Running AND Garmin AND heart rate | 17 | 1 | 0 | 11 | 15 |
| Running AND Garmin AND oxygen consumption | 2 | 0 | 0 | 1 | 2 |

Tabla 3*Resumen artículos analizados analizados.*

| NOMBRE | AÑO | AUTORES | CONCLUSIÓN |
|--|------------|---|---|
| Accuracy and acceptability of wrist-wearable activity-tracking devices: Systematic review of the literature | 2022 | Germini, F., Noronha, N., Debono, V.B., (...), de Wit, K., Iorio, A. | La mayoría de los estudios concluyen que los dispositivos Garmin no tienen fiabilidad en la medición de la frecuencia cardíaca y la intensidad del ejercicio. |
| Heart rate and distance measurement of two multisport activity trackers and a cellphone app in different sports: A cross-sectional validation and comparison field study | 2022 | Budig, M., Keiner, M., Stoohs, R., Hoffmeister, M., Höltke, V. | La frecuencia cardíaca se estima correctamente en reposo. Con ejercicio muy intenso y frecuencia cardíaca variable, tiene un gran margen de error. |
| Criterion validity and accuracy of a heart rate monitor | 2022 | De Oliveira Damasceno, V., Dos Santos Costa, A., Campello, M.C.A., (...), Campos, E.Z., Santos, T.M. | El Garmin 735Xt muestra fiabilidad en la medición de la frecuencia cardíaca en reposo y en actividad de carrera en cinta ligera, moderada y vigorosa. |
| Comparison of the Polar V800 and the Garmin Forerunner 230 to Predict $\dot{V}O_2\max$ | 2021 | Snyder, Nicolás C.; Willoughby, Courtney A.; Smith, Bryan K. | El dispositivo Garmin proporciona una estimación precisa del volumen máximo de oxígeno ($VO_2\max$) en ambos sexos. |
| Validation of Garmin Fenix 3 HR Fitness Tracker Biomechanics and Metabolics ($VO_2\max$) | 2020 | Carrier, B., Creer, A., Williams, L.R., Holmes, T.M., Jolley, B.D., Dahl, S., Weber, E., Standifird, T. | La estimación del $VO_2\max$ del Garmin Fenix 3 tiene una correlación muy alta con la medida en prueba de laboratorio. |

| | | | |
|--|------|--|---|
| Accuracy of optical heart rate measurement and distance measurement of a fitness tracker and their consequential use in sports | 2019 | Budig, M., Höltnke, V., Keiner, M. | El dispositivo tiene una gran precisión con una frecuencia cardíaca uniforme y constante, sin embargo, muestra diferencias significativas de fiabilidad con frecuencia cardíaca variable. |
| Accuracy of the wearable activity tracker Garmin Forerunner 235 for the assessment of heart rate during rest and activity | 2019 | Støve, MP, Haucke, E., Nymann, ML, Sigurdsson, T., Larsen, BT | El Garmin forerunner proporcionó estimaciones correctas para frecuencia cardíaca en reposo y en carrera en cinta, además de ciclismo. |
| Accuracy of commercially available heart rate monitors in athletes: A prospective study | 2019 | Pasady, S.R., Soudan, M., Gillinov, M., (...), Bittel, B., Desai, M.Y. | Los dispositivos de muñeca no son tan precisos como los de correa en el pecho. |

La siguiente fase es comenzar con la puesta en práctica del estudio de investigación. Para ello, se realiza una entrevista personal a los atletas participantes, siendo la muestra de 11 atletas (n= 11), de la cual se extraen los datos (Tabla 4) además de sus modelos actuales de entrenamiento (Tabla 5). Los criterios de acceso al estudio han sido tener más de 16 años, encontrarse en un estado físico saludable, haber practicado la modalidad de carrera a píe durante al menos los 2 años anteriores al estudio y estar especializado en media maratón. El estado del atleta para realizar actividad física se comprobará con el cuestionario de aptitud para la actividad física (PAR-Q), que se ha mostrado como un documento válido y fiable para comprobar la salud física del deportista y su predisposición a realizar actividad física (Martínez-Gómez et al., 2009).

Tabla 4

Datos de los atletas analizados.

| ATLETAS | | | | | | |
|----------------|---------------------------|------------------------|----------------------------|----------|----------------------|-----|
| MARCA | LESIONES ÚLTIMO AÑO | AÑOS DE EXPERIENCIA | CATEGORÍA Y GÉNERO | FEDERADO | DISPOSITIVO | VO2 |
| 1:20 (21Km) | NO | 6 | Absoluto masculino (31) | NO | Forerunner 735 XT | 50 |
| 1:24 (21Km) | NO | 2 | Absoluto masculino (29) | NO | Fenix 5 | 59 |
| 1:24 (21Km) | NO | 2 | Absoluto masculino (33) | SI | Forerunner 735 XT | 62 |
| 1:19 (21Km) | NO | 7 | Absoluto masculino (27) | SI | Fenix 6X | 63 |
| 1:20 (21Km) | NO | 4 | Absoluto masculino (39) | SI | Forerunner 235 | 61 |
| 1:20 (21Km) | NO | 30 | Máster masculino (50) | SI | Forerunner 235 | 57 |
| 1:23 (21Km) | NO | 9 | Absoluto masculino (36) | NO | Forerunner735 XT | 65 |
| 1:20 (21Km) | NO | 3 | Absoluto masculino (34) | NO | Forerunner 235 | 51 |
| 1:06 (21Km) | NO | 40 | Máster masculino (50) | NO | Forerunner 945 | 57 |
| 1:35 (21Km) | NO | 25 | Máster femenino (45) | NO | Forerunner 235 | 54 |

| | | | | | | |
|----------------|----|---|----------------------------|----|----------------|----|
| 1:23 (21Km) | NO | 5 | Absoluto masculino (37) | NO | Forerunner 235 | 58 |
|----------------|----|---|----------------------------|----|----------------|----|

A continuación, se muestra un resumen de la planificación semanal y anual de entrenamientos genérica que llevan a cabo los atletas analizados según la distancia de competición.

Tabla 5

Microciclo de desarrollo de los atletas de la muestra.

| LUNES | MARTES | MIÉRCOLES | JUEVES | VIERNES | SÁBADO | DOMINGO |
|------------|------------------------------------|---------------------|------------------------------------|---------------------------------------|--------|------------------|
| 14Km S. | Entrenamiento interválico largo | Fuerza + 14Km S. | Entrenamiento interválico corto | Rep. Cortas en cuesta + 10Km S. | D | 90' con RPE 8 |

Nota. Abreviaturas: D= Descanso; Km= Kilómetros; R= Repeticiones; S= Suaves.

La planificación semanal representada son microciclos de desarrollo, que se utilizan para entrenar las capacidades de forma específica para la prueba en cuestión, mientras que los microciclos de competición, en los que el atleta competirá en una prueba, se utilizan para valorar el rendimiento del atleta y modificar si fuera necesario los métodos de entrenamiento para el desarrollo de las capacidades, intentando corregir las deficiencias o puntos a mejorar que sean captados en estas pruebas (Bompa, 2007).

Los microciclos de desarrollo pueden tener 2 o 3 picos semanales de alta intensidad, mientras que en los microciclos de competición se reduce de forma notable las cargas de entrenamiento para favorecer la supercompensación y así llegar en unas condiciones óptimas a la competición (Bompa, 2007). El microciclo de competición finaliza después del proceso regenerativo, es decir, cuando el atleta se recupera completamente del esfuerzo vigoroso realizado en la prueba.

Posteriormente a la obtención de estos datos, se realiza a los atletas de la muestra una prueba de esfuerzo que determine el volumen máximo de oxígeno, en este caso, una prueba de campo indirecta adaptada a un tapiz rodante, el test de Montreal. Este test se muestra como una prueba válida y fiable, siendo comprobado por numerosos autores su correlación con la predicción del VO₂Máx. en pruebas directas de laboratorio ($r=0.96$) y con un error estándar de estimación de solo 2,8 ml/kg/min (García et al., 2014). El protocolo consiste en comenzar a una velocidad de 8km/h e ir incrementar 1km/h cada 2min hasta llegar al agotamiento, siendo la

elevación de la cinta de un 1% simulando el gasto energético que se tendría en la prueba en pista (García et al, 2014). Para el cálculo del VO₂Máx., se utiliza la fórmula de Leger y Mercier (1984):

$$\text{VO}_2\text{Máx}(\text{ml/kg/min}) = 3,5 * V$$

V: Velocidad alcanzada en la última etapa completa en km/h.

La prueba estará monitorizada por un tensiómetro y por el dispositivo de banda de medición de frecuencia cardíaca Polar H10 (además del sensor óptico Garmin de los atletas), mostrado como el dispositivo más preciso en la medición de la frecuencia cardíaca, siendo por tanto muy elevada su fiabilidad (Hinde et al., 2021).

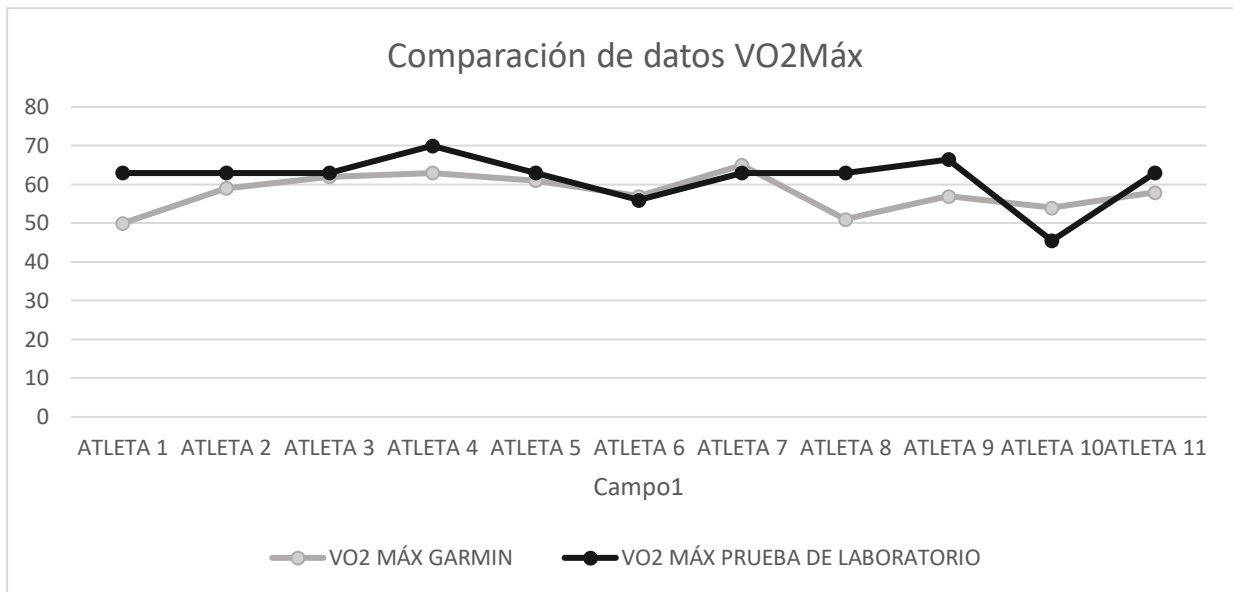
Descenso de la presión arterial sistólica >10 mm Hg con respecto a la presión arterial basal a pesar del aumento de la carga, síntomas de nerviosismo que aumentan, palidez, dificultades técnicas, deseo del atleta de suspender la prueba, dolor torácico, fatiga, disnea o calambres en las piernas y/o respuesta hipertensiva (presión arterial sistólica >250 mm Hg, presión arterial diastólica >115 mm Hg o ambas) son indicaciones para la suspensión de la prueba de esfuerzo (Gibbons et al., 2002).

6 RESULTADOS

Respecto a la puesta en práctica, los datos de volumen máximo de oxígeno estimados por los dispositivos Garmin en comparación con los obtenidos del test de la Universidad de Montreal (Gráfica 1) tras analizar el diagrama de dispersión (Gráfica 2) y realizar el test de correlación de Pearson, muestran un bajo índice de correlación ($r = 0,353$; $p\text{-value} > 0,05$).

Gráfica 1

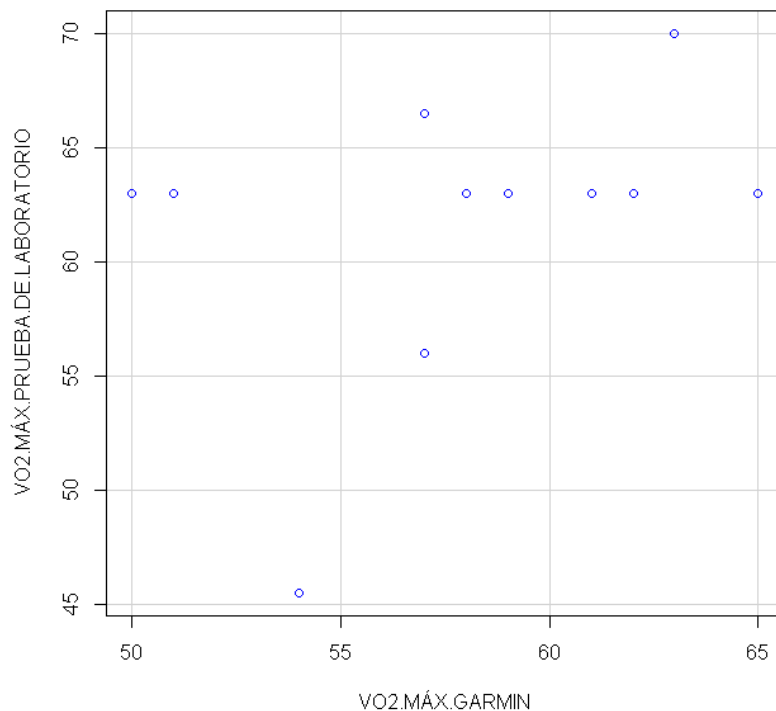
Comparación de resultados en las distintas estimaciones del volumen de oxígeno máximo



En la siguiente gráfica se puede comprobar que los datos no siguen una misma línea, a excepción de algunos puntos, lo que ya es predictor de su poca correlación, hipótesis que se corrobora aún con el diagrama de dispersión (Gráfica 2), quedando un diagrama muy disperso, con varios puntos en extremos opuestos del diagrama, siendo su tendencia lineal inexistente.

Gráfica 2

Diagrama de dispersión de los dos grupos de muestras

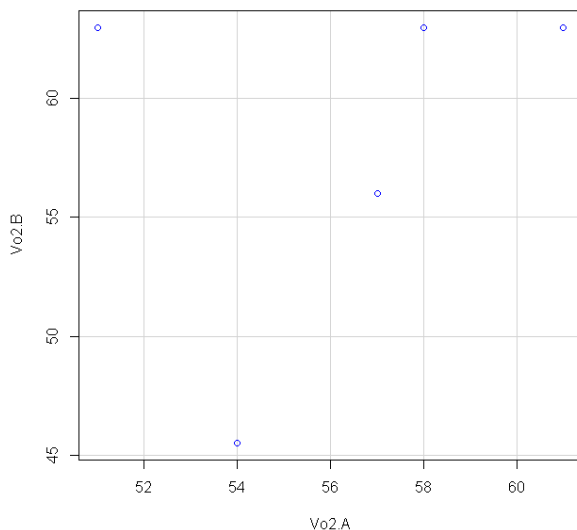


Además, también se muestran los diagramas de dispersión de los dispositivos Garmin forerunner 235 ($r = 0,28$; $p\text{-value} > 0,05$) (Gráfica 3) y Garmin forerunner 735XT (Gráfica 4),

siendo los dos wereables de los que mayor número de muestras se han obtenido. En el caso del diagrama de dispersión del Garmin forerrunner 235 (Gráfica 3) nos encontramos con algunos puntos (segundo y tercer dato), que rompen la tendencia lineal que siguen el resto de los datos, obteniendo por consecuencia un índice de correlación bajo y un p-value que tiende a la afirmación de la hipótesis de que los dispositivos Garmin forerunner 235 no estiman el VO2Máx. de forma válida y fiable. Sin embargo, el diagrama de dispersión del Garmin forerrunner 735XT (Gráfica 4) si muestra linealidad en sus datos, siendo esto símbolo de correlación, aunque es necesario una mayor muestra para aplicar el test de correlación de Pearson y obtener un índice de correlación y un Pvalue que nos permitan extraer conclusiones objetivas.

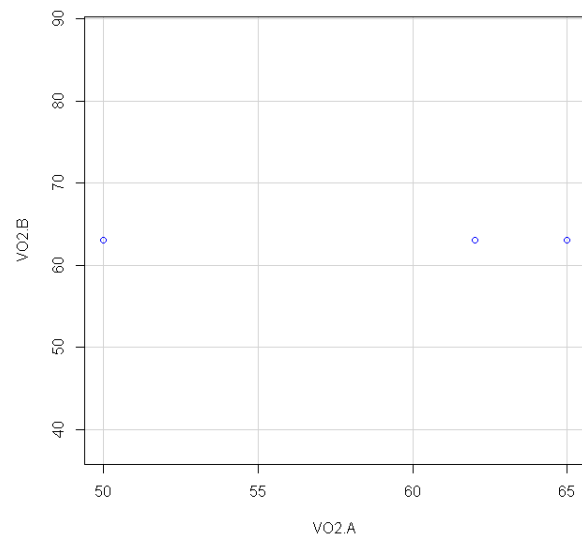
Gráfica 3

Diagrama de dispersión Garmin forerunner 235



Gráfica 4

Diagrama de dispersión Garmin forerunner 735XT



7 DISCUSIÓN

Tras el análisis teórico de la carrera a píe, queda clara la importancia del VO2Máx, que está integrado en la cualidad de resistencia y se muestra como la variable excluyente en el rendimiento de los atletas en resistencia aeróbica y, por tanto, el mayor indicador de rendimiento en la disciplina (López et al.,2018). Esta variable podría ser estimada por los nuevos relojes deportivos, con un alto componente tecnológico, o bien por otros medios ya validados como pruebas de laboratorio o test de campo indirectos específicos adaptados a cinta de correr para su medición con alta correlación con pruebas de laboratorio como se aplica en este estudio. Sin embargo, los datos expuestos tras la realización del Test de la Universidad de Montreal a atletas de medio maratón en fase competitiva comparados con los dados por los

dispositivos Garmin, muestran que no existe correlación entre estas estimaciones y las de los dispositivos Garmin al observar la gráfica de dispersión (Gráfica 2), algo que se puede comprobar definitivamente tras la realización del test de correlación, con un resultado de $r = 0,353$, siendo este un valor de correlación muy bajo, además de un $p\text{-value} > 0,05$, que nos da argumentos suficientes para no poder rechazar la hipótesis negativa ($H_0 =$ El $VO_{2M\acute{a}x.}$ no es estimado de manera válida y fiable por los dispositivos Garmin). Esta afirmación coincide con la de autores como Germini y col. (2022), Budig y col. (2019 y 2022), y Pasadyn y col., que afirman que los dispositivos Garmin muestran una baja fiabilidad y/o precisión en sus mediciones, principalmente en la frecuencia cardíaca cuando la actividad física es de alta intensidad. Garmin para la estimación del $VO_{2M\acute{a}x.}$ en carrera, se basa en datos de distancia y frecuencia cardíaca durante una prueba de carrera a píe de al menos 10 minutos (Garmin, 2022), por lo que, si la frecuencia cardíaca no se estima de forma correcta, tampoco el volumen máximo de oxígeno.

Por otra parte, hablando de modelos Garmin de forma específica, el diagrama de dispersión del dispositivo Garmin forerunner 235 (el de mayor tamaño muestral) (Gráfica 3), muestra también una falta de correlación bastante clara, con una gráfica de dispersión que no tiende a ninguna linealidad y con un valor de correlación de $r = 0,28$ y un $p\text{-value} > 0,05$, datos que no nos dan motivos para rechazar la hipótesis nula en esta muestra ($H_0 =$ El $VO_{2M\acute{a}x.}$ no es estimado de manera válida y fiable por los dispositivos Garmin forerunner 235) y que ,por tanto, coinciden con las afirmaciones de los autores nombrados con anterioridad. Sin embargo, el dispositivo Garmin forerunner 735XT si parece mostrar cierta correlación respecto al test de campo indirecto, al menos en lo que a la gráfica de dispersión se refiere (Gráfica 4), aunque sería necesario aumentar el tamaño muestral para comprobar el valor real de correlación. En este caso, De Oliveira Damanceno y col. (2022) en su estudio afirman de forma específica que el dispositivo Garmin forerunner 735XT si muestra fiabilidad en sus mediciones, algo que es coincidente con nuestros datos. Además, otros autores como Snyder y col. (2021), Carrier y col. (2020) y Stove y col. (2019) afirman también que los dispositivos Garmin muestran precisión, aunque de forma general en el primer y tercer caso y de forma específica, nombrando al Garmin Fenix 3, en el segundo caso.

8 CONCLUSIONES

Este estudio aporta datos sobre la fiabilidad y validez de los dispositivos Garmin para la estimación del VO2Máx. de forma general, lo cual se pone en duda debido a los bajos índices de correlación, los malos valores de p-value y las gráficas de dispersión sin ninguna linealidad. Existen modelos con una mayor correlación con el test de la Universidad de Montreal como parece ser el caso del Garmin forerunner 735XT, que muestra una gráfica de dispersión con tendencia lineal. Otros dispositivos como el Garmin forerunner 235, muestran un bajo índice de correlación, algo que no nos permite afirmar que midan con fiabilidad el VO2Máx. El resto de los dispositivos, a pesar de tener un tamaño muestral mucho menor que los dispositivos mencionados anteriormente, y por lo tanto no tener una muestra suficiente para sacar conclusiones claras de ellos, también muestran indicios de una baja correlación con la estimación del VO2Máx con datos muy alejados de las mediciones del test de la Universidad de Montreal.

Por tanto, pesar de las innovaciones tecnológicas que existen en la actualidad para la valoración y cuantificación de los entrenamientos y el cambio de tendencia que ha dado el mundo deportivo con estas creaciones, más en concreto con los wereables deportivos Garmin utilizados en la carrera a píe, que es el objeto de este estudio, es necesario seguir avanzando tecnológicamente y mejorando estos dispositivos, ya que en este caso no se puede afirmar de forma general que los relojes deportivos de la marca Garmin midan con fiabilidad el VO2Máx.

9 PROPUESTAS DE FUTURO Y AGRADECIMIENTOS

Como propuesta de estudio en el futuro, se deberían realizar campañas de concienciación a los entrenadores deportivos sobre cómo utilizar estos wereables y qué variables estimadas por los relojes deportivos pueden tener en cuenta por su validez y fiabilidad. También sería interesante analizar más marcas deportivas, con un mayor tamaño muestral y con estudios específicos según el género, la distancia de competición y modelo del reloj. Además, comprobar el funcionamiento de estos dispositivos en otros deportes también puede ser objeto de análisis en posibles futuros estudios.

Finalmente, agradecer a todos los profesores que he tenido durante mi etapa formativa en el Grado en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, especialmente a mi tutor de este trabajo fin de grado, por ayudarme a transmitir todo lo aprendido estos 4 años. De la misma manera, también agradecer a la Clínica Daniel Gallegos, por permitirme disponer de su material e instalaciones para la realización de este proyecto de forma altruista.

10 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abraldes Valeiras, A. (2016). *Principios fundamentales del acondicionamiento físico*. Repositorio Institucional de la Universidad de Murcia. Digitum.
2. Bernal-García, A., Pérez Villalba, M., Grimaldi-Puyana, M. & García-Fernández, J. (2019) *Informe de difusión profesional: Situación del mercado laboral de las personas tituladas universitarias en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte (CCAFYDE) 2019*. Universidad de Sevilla & Consejo Colef. https://drive.google.com/file/d/1m8t0NwLVrBX_PvX-8bGsZdIdXbn64oTK/view
3. Bompa, T. (2007). *Periodización. Teoría y metodología del entrenamiento*. Editorial Hispano Europea.
4. Budig, M., Höltnke, V. & Keiner, M. (2019). The accuracy of the optical heart rate-measurement and distance- measurement of a fitness- tracker and the consequential use in sports. *German Journal of Exercise and Sport Research*. <https://www.springermedizin.de/accuracy-of-optical-heart-rate-measurement-and-distance-measur/17138518>
5. Budig, M., Keiner, M., Stoohs, R., Hoffmeister, M. & Höltnke, V. (2021). Heart Rate and Distance Measurement of Two Multisport Activity Trackers and a Cellphone App in Different Sports: A Cross-Sectional Validation and Comparison Field Study. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 22(1), 180. <https://doi.org/10.3390/s22010180>
6. Carrier, B., Creer, A., Williams, L. R., Holmes, T. M., Jolley, B. D., Dahl, S., Weber, E. & Standifird, T. (2020). Validation of Garmin Fenix 3 HR Fitness Tracker Biomechanics and Metabolics (VO2max). *Journal for the Measurement of Physical Behaviour*, 3(4), 331-337.
7. Damasceno, V. D., Costa, A. D., Campello, M. C., Souza, D. E., Gonçalves, R. & Campos, E. Z. et al. (2022). Criterion validity and accuracy of a heart rate monitor. *Human Movement*, 23(1), 60-68. <https://doi.org/10.5114/hm.2021.104188>
8. Élite Hrv (2022). Los mejores monitores HRV compatibles con Elite HRV. <https://elitehrv.com/heart-variability-monitors-and-elite-hrv-compatible-monitors>
9. Fuller, D., Colwell, E., Low, J., Orychock, K., Tobin, M. A., Simango, B., Buote, R., Van Heerden, D., Luan, H., Cullen, K., Slade, L. & Taylor, N. (2020). Reliability and

- Validity of Commercially Available Wearable Devices for Measuring Steps, Energy Expenditure, and Heart Rate: Systematic Review. *JMIR mHealth and uHealth*, 8(9), e18694. <https://doi.org/10.2196/18694>
10. García, G.C., Secchi, J.D. & Arcuri, C.R. (2014). Comparación de las velocidades alcanzadas entre dos test de campo de similares características: VAM-EVAL y UMTT. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 7(2), 48-54. http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1888-75462014000200002&lng=es&tlng=es.
 11. García Manso, J.M. (2012). Aplicación de la variabilidad de la frecuencia cardiaca al control del entrenamiento deportivo: análisis en modo frecuencia. *Archivos Medicina del Deporte*, 30 (1), 43-51. [Archivo PDF]. https://archivosdemedicinadeldeporte.com/articulos/upload/REV_02_Variabilidad_15_3.pdf
 12. García-Verdugo, D. (2007). *Resistencia y entrenamiento, una metodología práctica*. Editorial Paidotribo.
 13. Garmin (2022). *¿Qué es el VO2 máx. Estimación y ¿cómo funciona?*. <https://support.garmin.com/es-ES/?faq=IWqSVlq3w76z5WoihLy5f8>
 14. Germini, F., Noronha, N., Borg Debono, V., Abraham Philip, B., Pete, D., Navarro, T., Keepanasseril, A., Parpia, S., de Wit, K. & Iorio, A. (2022). Accuracy and Acceptability of Wrist-Wearable Activity-Tracking Devices: Systematic Review of the Literature. *Journal of medical Internet research*, 24(1). <https://doi.org/10.2196/30791>
 15. Gibbons, R. J., Balady, G. J., Bricker, J. T., Chaitman, B. R., Fletcher, G. F., Froelicher, V. F., Mark, D. B., McCallister, B. D., Mooss, A. N., O'Reilly, M. G., Winters, W. L., Gibbons, R. J., Antman, E. M., Alpert, J. S., Faxon, D. P., Fuster, V., Gregoratos, G., Hiratzka, L. F., Jacobs, A. K., Russell, R. O., ... American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. Committee

- to Update the 1997 Exercise Testing Guidelines (2002). ACC/AHA 2002 guideline update for exercise testing: summary article. A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee to Update the 1997 Exercise Testing Guidelines). *Journal of the American College of Cardiology*, 40(8), 1531–1540. [https://doi.org/10.1016/s0735-1097\(02\)02164-2](https://doi.org/10.1016/s0735-1097(02)02164-2)
16. González Badillo, J.J. & Gorostiaga, E. (1995). *Fundamentos del entrenamiento de la fuerza*. Editorial Inde.
17. Gómez Píriz, P.T. (2011). *El entrenamiento deportivo en el siglo XXI*. Formación Alcalá.
18. Hinde, K., White, G., & Armstrong, N. (2021). Wearable Devices Suitable for Monitoring Twenty Four Hour Heart Rate Variability in Military Populations. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 21(4), 1061. <https://doi.org/10.3390/s21041061>
19. Iglesias Suárez, C., & de la Villa Moral Jiménez, M. (2021). Rendimiento deportivo en atletas federados y su relación con autoestima, motivación e inteligencia emocional. *Revista de Psicología Aplicada al Deporte y al Ejercicio Físico*, 6 (2).
20. Infante-Ojeda, A., Flores-Labrada, Y. & Fuentes-Varona, D.A. (2017). Los fundamentos técnicos de las carreras de fondo y medio fondo. *Revista de la Facultad de Cultura Física de la Universidad de Granma*, 14 (42). [Archivo PDF]. <file:///C:/Users/sergio/Downloads/Dialnet-LosFundamentosTecnicosDeLasCarrerasDeFondoYMedioFo-6210632.pdf>
21. Jung, A.P. (2003). The impact of resistance training on distance running performance. *Sports Med*, 33(7), 539-52. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12762828/>
22. Kemp, S. (2021). *Digital 2021 Global Overview Report*. We are Social & Hootsuite. <https://wearesocial.com/uk/blog/2021/01/digital-2021-uk/>

23. Léger, L., & Boucher, R. (1980). An indirect continuous running multistage field test: the Université de Montréal track test. *Canadian journal of applied sport sciences. Journal canadien des sciences appliquées au sport*, 5(2), 77–84.
24. Léger, L., & Mercier, D. (1984). Gross energy cost of horizontal treadmill and track running. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 1(4), 270–277. <https://doi.org/10.2165/00007256-198401040-00003>
25. López Chicharro, J. & Vicente Campos, D. (2018). *HIIT de la teoría a la práctica*. Exercise Physiology Training.
26. Los Santos i Poquet, C. (2004). *Preparación física: Teoría, aplicaciones y metodología práctica*. Editorial Wanceulen SL
27. Macías Sierra, R. (2009). Bases del entrenamiento deportivo en la etapa postobligatoria: La adaptación. *Revista Digital Innovación y Experiencias Educativas*, nº 21. [Archivo PDF]. https://archivos.csif.es/archivos/andalucia/ensenanza/revistas/csicsif/revista/pdf/Numero_21/ROGELIO_MACIAS_SIERRA01.pdf
28. Manno, R. (1991). *Fundamentos del Entrenamiento Deportivo*. Editorial Paidotribo.
29. Martínez-Gómez, D., Martínez-de-Haro, V., Pozo, T., W., Gregory, W., Ariel, V., Calle, M.E., Marcos, A. & Veiga, O.L. (2009). Fiabilidad y validez del cuestionario de actividad física PAQ-A en adolescentes españoles. *Revista Española de Salud Pública*, 83(3), 427-439. http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-57272009000300008&lng=es&tlng=es.
30. Martín Llaudes, N. (2018). *Criterios de intensidad en el entrenamiento personal*. Editorial CopiDeporte.
31. Naclerio Ayllón, F., Barriopedro Moro, M.I. & Rodríguez Romo, G. (2008). Control de la intensidad en los entrenamientos de fuerza por medio de la percepción subjetiva de esfuerzo. *Kronos*, 8 (15), 59-66. [Archivo PDF]. https://oa.upm.es/3718/2/INVE_MEM_2008_56646.pdf

32. Ogueta-Alday, A. & García-López, J. (2016). Factores que afectan al rendimiento en carreras de fondo. *Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 12 (45), 278-308. [Archivo PDF]. <https://www.redalyc.org/pdf/710/71046278006.pdf>
33. Pasadyn, S. R., Soudan, M., Gillinov, M., Houghtaling, P., Phelan, D., Gillinov, N., Bittel, B. & Desai, M. Y. (2019). Accuracy of commercially available heart rate monitors in athletes: a prospective study. *Cardiovascular diagnosis and therapy*, 9(4), 379–385. <https://doi.org/10.21037/cdt.2019.06.05>
34. Real Federación Española de Atletismo (2020). *Reglamento de competiciones* [Archivo PDF]. https://www.rfea.es/normas/pdf/reglamento2021/05_ReglamentoCompeticion.pdf
35. Real Federación Española de Atletismo & Consejo Superior de Deportes (2021). *Encuesta del corredor 2021* [Archivo PDF]. https://www.rfea.es/noticias/EncuestaCORREDOR_RFEA_CSD_2021.pdf
36. Runnea (2021). *Influencia del entrenamiento en las lesiones* [Archivo PDF]. <https://www.runnea.com/documentos/runnometro-2021-influencia-entrenamiento-lesiones.pdf>
37. Rusch, H. & Weineck, J. (2004). *Entrenamiento y práctica deportiva escolar*. Editorial Paidotribo.
38. Snyder, N. C., Willoughby, C. A. & Smith, B. K. (2021). Comparison of the Polar V800 and the Garmin Forerunner 230 to Predict $\dot{V}O_{2max}$. *Journal of strength and conditioning research*, 35(5), 1403–1409. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002931>
39. Støve, M. P., Haucke, E., Nymann, M. L., Sigurdsson, T., & Larsen, B. T. (2019). Accuracy of the wearable activity tracker Garmin Forerunner 235 for the assessment of heart rate

during rest and activity. *Journal of sports sciences*, 37(8), 895–901.

<https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1535563>

40. Thompson, W., Ph.D. & FACSM. (2022). Worldwide Survey of Fitness Trends for 2022. *ACSM's Health & Fitness Journal*: 1/2 2022, 26 (1), 11-20.

41. Videbæk, S., Bueno, A.M., Nielsen, R.O. & Rasmussen, S. (2015). Incidencia de lesiones relacionadas con la carrera por 1000 h de carrera en diferentes tipos de corredores: revisión sistemática y metaanálisis. *Medicina deportiva (Auckland, NZ)*, 45 (7), 1017–1026. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0333-8>