



Universidad
Europea CANARIAS

Comparativa de Entrenamiento Concurrente Intra-sesión vs. Inter- sesión: Efectos en el desarrollo de fuerza y resistencia para Hyrox

TRABAJO FIN DE GRADO

Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte
Facultad de Ciencias de la Salud
Universidad Europea de Canarias
Curso académico: 2024-2025

MODALIDAD DE TRABAJO

Diseño Estudio

AUTORES

Nicolás García Díez
Sergio Álvarez Febles

TUTOR/A

Kevin Cruz Betancort

Junio de 2025

Villa de La Orotava, Santa Cruz de Tenerife

ÍNDICE

1.	Resumen/Abstract.....	6
2.	Introducción.....	7
2.1.	Hyrox: Características y demandas fisiológicas.....	8
2.2.	Fundamentos del entrenamiento concurrente: Definición y principios del entrenamiento concurrente	11
2.4.	Relación de Hyrox con entrenamiento concurrente y variables del rendimiento deportivo	17
4.	Hipótesis	18
5.	Metodología	19
5.1.	Muestra y formación de grupos	19
5.2.	Variables y materiales	20
5.3.	Procedimiento.....	23
5.4.	Protocolo de entrenamiento.....	26
6.	Análisis de datos	30
7.	Equipo Investigador.....	31
8.	Viabilidad del estudio.....	32
9.	Conclusiones	33
10.	Contribución a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)	34
11.	Bibliografía.....	36

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Protocolo de intervención de fuerza	27
Tabla 2.	Protocolo de intervención entrenamiento aeróbico	29

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.	Resumen protocolo de intervención. Elaboración propia.	27
-----------------------	---	----

1. Resumen/Abstract.

El presente trabajo analiza los efectos del entrenamiento concurrente en el rendimiento físico de atletas de Hyrox, una competición que combina carrera y ejercicios funcionales de fuerza. El estudio compara dos metodologías: entrenamiento concurrente intra-sesión (fuerza y resistencia en la misma sesión) e inter-sesión (fuerza y resistencia en sesiones separadas). Se reclutó a una muestra de 30 atletas con experiencia previa en Hyrox y se diseñó un protocolo de intervención de 8 semanas, en el cual se realizaban entrenamientos de fuerza con ejercicios específicos de la disciplina, sesiones de carrera a pie y sesiones en ergómetros. Las variables analizadas incluyeron composición corporal, Test de Cooper, fuerza isométrica máxima en sentadilla, potencia del tren inferior (CMJ, SJ) y tiempos en simulaciones Hyrox. Los resultados obtenidos permitirán evaluar la eficacia de cada tipo de entrenamiento y sus implicaciones prácticas para optimizar la preparación física en este deporte emergente. Se destaca la importancia de una planificación individualizada y científicamente fundamentada para evitar efectos de interferencia entre los estímulos.

This project analyzes the effects of concurrent training on the physical performance of Hyrox athletes, a competition that combines running and functional strength exercises. The study compares two methodologies: intra-session concurrent training (strength and endurance in the same session) and inter-session (strength and endurance in separate sessions). A sample of 30 athletes with previous Hyrox experience was recruited and an 8-week intervention protocol was designed, in which strength training with discipline-specific exercises, running sessions and ergometer sessions were performed. The variables analyzed included body composition, Cooper's test, maximum isometric strength in squat, lower body power (CMJ, SJ) and times in Hyrox simulations. The results obtained will allow us to evaluate the effectiveness of each type of training and its practical implications for optimizing physical preparation in this emerging sport. The importance of an individualized and scientifically based planning to avoid interference effects between stimuli is emphasized.

2. Introducción

En la actualidad, el entrenamiento concurrente ha despertado un creciente interés entre los profesionales del ámbito deportivo y de la salud, situándose como foco de atención en la investigación y la práctica aplicada. Esto puede atribuirse a los posibles beneficios de este tipo de entrenamiento, derivados de la combinar la fuerza con la resistencia aeróbica (AL-Mhanna et al., 2024). Por otro lado, han surgido nuevas tendencias deportivas como el Hyrox, junto con otras competiciones ``híbridas`` en las cuales una combinación equilibrada de las capacidades mencionadas, determinan el rendimiento deportivo (Dexheimer et al., 2019)

Hyrox es una de estas modalidades híbridas y nace en 2017, en Alemania, creado por Christian Toetzke, un experimentado organizador de eventos deportivos, junto con el empresario deportivo Moritz Fürste, medallista olímpico de hockey sobre hierba. Ambos quisieron desarrollar una competición que tuviera la accesibilidad de las carreras populares, y a su vez la intensidad y el reto que supone el entrenamiento de fuerza. Por ello, crearon un formato que pudiera atraer tanto a atletas profesionales como a aficionados del fitness y otros deportes (Bergmann, 2024).

Este concepto de Hyrox surgió como respuesta a la creciente popularidad de los eventos de fitness, como el CrossFit, las carreras de obstáculos y las competiciones de resistencia, como las carreras de running populares (Thompson, 2023). Sin embargo, a diferencia de estas disciplinas, Hyrox se diseñó con un formato estandarizado y predecible, donde cada evento presenta el mismo circuito de 8 km de carrera, divididos en tramos de 1 kilómetro por ronda, intercalados con 8 estaciones de ejercicios funcionales. En cambio, competiciones como el CrossFit y las carreras de obstáculos (OCR) varían considerablemente entre sí, tanto en sus recorridos como en los ejercicios o pruebas exigidas a los participantes. Incluso dentro de una misma modalidad, cada competición puede presentar diferencias notables.

Desde su lanzamiento, Hyrox ha crecido exponencialmente, expandiéndose de forma veloz a nivel internacional con eventos en Europa, Estados Unidos y otras regiones (Bergmann, 2024). Su enfoque inclusivo, con categorías que van desde principiantes hasta profesionales, y opciones para

competir de manera individual, en dobles o en relevos, ha contribuido a su amplia aceptación en la comunidad del fitness.

Todo ello ha hecho que, en los últimos años, este deporte haya reforzado su posicionamiento como modalidad competitiva con la celebración de los Campeonatos Mundiales, atrayendo a atletas de élite de diversas disciplinas y estableciendo un circuito de competición global. Este crecimiento ha fomentado la profesionalización del deporte, con el desarrollo de metodologías de entrenamiento específicas, y con la necesidad de establecer un enfoque científico en la preparación física de los atletas.

2.1. Hyrox: Características y demandas fisiológicas

Hyrox se trata de una competición de fitness, en la que se combina la carrera a pie con estaciones de ejercicios funcionales de fuerza. Concretamente en esta disciplina, los atletas deben superar 8 de estas postas de fuerza, intercaladas con 1 kilómetro de carrera a pie cada una de ellas (Bergmann, 2024). Las postas se realizan en el siguiente orden: skierg, empuje de trineo, tracción de trineo, burpees con salto hacia delante, remo, paseo del granjero, zancadas con carga y lanzamiento de balón medicinal.

Dentro de la competición, y concretamente en cada una de las postas mencionadas, se escalan los pesos dependiendo de las diferentes categorías que existen en el programa. Las cuales son Mujer o Mujer PRO, y Hombre o Hombre PRO. Aunque además existen otras modalidades de competición como los dobles, en las cuales se compite en pareja, teniendo que realizar juntos los tramos de carrera a pie, y pudiéndose repartir los ejercicios. Los dobles pueden ser mixtos, pareja hombres, parejas mujer, ambas en categoría open y PRO. Por otro lado, tenemos los relevos, en los que hay 4 participantes por equipos y cada uno debe realizar 2 kilómetros y 2 estaciones. Pueden ser también equipos mixtos, o todos del mismo género (Bermannng, 2024).

La premisa es superar todo el recorrido en el menor tiempo posible, el cual colocará al atleta, o atletas, en una clasificación general independientemente de la tanda de participación de la que haya formado parte.

Los parámetros específicos de cada ejercicio y categoría son los siguientes:

- Empuje de trineo (Sled Push): en la categoría Pro masculina se utiliza un trineo de 202 kg, mientras que en la femenina es de 152 kg. En Open, estas cifras se reducen a 152 kg y 102 kg, respectivamente.
- Tracción de trineo (Sled Pull): los pesos son de 153 kg (Pro masculino), 103 kg (Pro femenino), 103 kg (Open masculino) y 78 kg (Open femenino).
- Paseo del granjero (Farmers Carry): el participante transporta dos kettlebells pesadas. En Pro masculino, el peso es de 32 kg por mano; en Pro femenino, 24 kg. En Open, estas cifras se reducen a 24 kg y 16 kg, respectivamente.
- Zancadas con carga (Sandbag Lunges): con cargas de 30 kg para hombres Pro, 20 kg para mujeres Pro, 20 kg para hombres Open y 10 kg para mujeres Open.
- Lanzamiento de balón medicinal (Wall Balls-Wb): el participante debe lanzar un balón medicinal a una altura específica (habitualmente 3 m) realizando una sentadilla previa. En Open, se realizan 100 repeticiones con un balón de 6 kg (hombres) o 4 kg (mujeres). En Pro, se realizan 100 repeticiones con balones de 9 kg (hombres) y 6 kg (mujeres).

En el caso de los ergómetros, y de las postas donde se deben cubrir unos metros específicos, todas las categorías las realizan de forma similar, es decir, teniendo que cubrir la misma distancia, siendo:

- 1000 metros de sking
- 1000 metros de remo
- 50 metros en ambas postas de trineo tanto tracción como empuje
- 80 metros de burpees con salto
- 200 metros de farmers carry
- 100 metros de zancadas con carga

Todos los parámetros mencionados son válidos y aplicables a algunas de sus modalidades, como la individual PRO femenina, individual PRO masculina y en ambos sexos la modalidad OPEN. Además, en las propias categorías femenina y masculina, cuando se participa en modalidad 'dobles' se utilizarán los pesos de forma similar a la que se establecerían si fuese individual, es decir, un doble en mujer PRO, utilizaría pesos de mujer PRO. Esto ocurre de forma

diferente cuando hablamos de la modalidad 'doble mixto' en la que las parejas se forman por un hombre y una mujer, siendo que en este caso se utilizan los pesos que se emplearían en la modalidad de mujer PRO.

Por último, mencionando a las competiciones por relevos, las cuales pueden ser mixtas o con sus participantes del mismo género, los pesos empleados serán siempre similares a los empleados en categorías OPEN, teniendo que realizar cada deportista la posta con su peso establecido. Poniendo un ejemplo de ello, si se decide que los primeros dos kilómetros de carrera y, por lo tanto, los dos primeros ejercicios los realice un hombre del equipo formado, este tendrá que hacerlo con pesos hombre OPEN.

Las opciones de participación dentro de esta competición son múltiples, celebrándose a nivel mundial concretamente por el territorio Europeo y de Estados Unidos. Gracias a ello se han ido creando formatos de campeonatos, existiendo actualmente el World Championships, el European Championships, el Elite 15, e introducido en el último año, Hyrox Pro double Elite 15, donde se busca a la mejor pareja PRO del panoramana mundial. Es muy importante destacar que, en estos mundiales, los pesos empleados siempre serán de categoría PRO, aunque el atleta de haya clasificado en competición OPEN, como ocurre en el caso del European Championships.

Hay que destacar que, los requisitos para participar en cada uno de estos campeonatos varían. Para poder participar en un mundial World Championships debes ganar una prueba oficial Hyrox en la categoría en la que estés compitiendo, ya sea OPEN o PRO. Por otro lado, la clasificación para un European Championships consta de haber ganado una competición Hyorx oficial dentro de tu grupo de edad, siendo el primer rango de 16-25 años y a partir de aquí yendo de 4 en 4 años, hasta los 64. Esto solo ocurre en categorías OPEN, ya que en la PRO no existen distinciones por edad para poder clasificarte.

Por último, para poder participar en Elite 15, como para hacerlo en PRO double Elite 15, deberán tener en las semanas previas a dicha competición, una marca que esté entre las 15 mejores registradas del año competitivo. Estos atletas, o parejas, recibirán un correo de aviso, a través del cual podrán inscribirse en un plazo de 48h a dicho mundial, en su defecto esta solicitud pasará al siguiente de la clasificación.

Poniendo el foco en el perfil fisiológico que encontramos dentro de esta disciplina, observamos que sus características son multidimensionales, ya que la capacidad aeróbica, la glucólisis anaeróbica, la capacidad de aplicar fuerza en periodos prologando de tiempo y la eficiencia metabólica durante la carrera a pie juegan roles cruciales en el rendimiento (Brandt et al., 2025). Esto se debe a la estructura de la competición, haciendo que los participantes deban tener un perfil de atleta muy 'completo', si nos basamos en sus altos valores de rendimiento dentro de las diferentes capacidades fisiológicas mencionadas. En estudios previos se han documentado metodologías de entrenamiento específicas para atletas de resistencia y de fuerza, sin embargo, hay muy poca bibliografía científica con respecto a cómo deben entrenar los atletas Hyrox para poder contar con las mencionadas características fisiológicas.

2.2. Fundamentos del entrenamiento concurrente: Definición y principios del entrenamiento concurrente

El entrenamiento concurrente (CT) se define como aquel que combina ejercicios de resistencia y fuerza en un mismo programa de entrenamiento, con el objetivo de mejorar simultáneamente la capacidad cardiovascular y la capacidad para generar fuerza, y que como hemos mencionado anteriormente, es lo que ocurre en una competición Hyrox (Schlegel, 2020). Este formato estructural que el que se compone esta competición, hace que el CT se ponga en el foco de los profesionales del sector, ya que, como se observa, la propia modalidad realiza una marcada combinación del ejercicio aeróbico y trabajos de la fuerza.

El enfoque CT de estructura como entrenamiento, se ha convertido en una estrategia ampliamente utilizada en el campo del entrenamiento deportivo y la preparación física, ya que permite desarrollar ambas capacidades físicas de forma simultánea (Docherty & Sporer, 2000). Sin embargo, su aplicación efectiva requiere una comprensión profunda de los principios fisiológicos y metodológicos que lo sustentan. Además, sabemos que esta metodología involucra la activación de vías metabólicas y neuromusculares distintas, lo que puede generar respuestas adaptativas tanto a nivel central como periférico (Hughes et al., 2018), siendo esto algo muy relevante en deportes que dependen altamente de ambas adaptaciones, como en el caso de Hyrox. Por un lado, el

entrenamiento de resistencia promueve el desarrollo de la capacidad aeróbica y la eficiencia en la utilización del oxígeno, mientras que el entrenamiento de fuerza favorece la hipertrofia muscular y el incremento en la capacidad de reclutar unidades motoras (Hickson, 1980).

Uno de los aspectos más ampliamente abordados en la literatura sobre el entrenamiento concurrente es el denominado efecto de interferencia, el cual se refiere a la posible inhibición de las adaptaciones específicas cuando se combinan simultáneamente ejercicios de fuerza y resistencia sin una adecuada planificación. Este fenómeno plantea que dicha combinación puede comprometer los resultados óptimos de cada modalidad. No obstante, diversos estudios han evidenciado que variables como la secuenciación, la intensidad y la frecuencia de las sesiones constituyen elementos moduladores clave de este efecto, permitiendo, en consecuencia, una optimización de las adaptaciones derivadas del entrenamiento concurrente (Mikkola et al., 2012).

Algunos estudios muestran como este fenómeno podría causar que la combinación de entrenamiento de resistencia y fuerza vaya en detrimento hacia el desarrollo de la fuerza máxima, al compararse con un entrenamiento de fuerza exclusivo. Según Berryman (2018), este efecto no se produce de manera uniforme en todos los contextos deportivos, sino que depende de factores como el tipo de ejercicio aeróbico, la duración e intensidad del entrenamiento y la frecuencia de las sesiones. Se habla de que deportes como la carrera tienen mayores influencias negativas debido a la componente excéntrica del gesto deportivo de correr, cosa que se limita en el ciclismo.

Por otro lado, sabemos que, a mayor duración del entrenamiento aeróbico, mayores serán las interferencias con las adaptaciones neuromusculares (Berryman, 2018). Además, una mala gestión de las cargas en cuanto a duración y orden de estímulos también puede limitar las mejoras de ambas capacidades. Todo ello debe tenerse en cuenta si queremos gestionar de forma correcta las cargas en deportes en los cuales el contexto competitivo demanda carrera a pie y se combine con ejercicios de fuerza, como en el caso de Hyrox, donde los ambos factores son cruciales, a diferencia de otros deportes donde una de las dos capacidades puede ser mucho más relevante que la otra.

Para reducir el fenómeno de interferencia es de vital importancia periodizar de forma adecuada, secuenciando las sesiones de forma que no haya

interferencias o limitándolas, y realizando descansos adecuados. Una estrategia interesante dentro de esta forma de entrenamiento, y que puede servir en determinados momentos de una preparación para atletas de Hyrox, es el uso de sprints, ya que pueden mejorar y mantener los niveles de VO₂max sin comprometer las adaptaciones de fuerza (Cantrell, et al., 2014).

Es importante destacar que, aunque el efecto de interferencia puede representar un obstáculo para el desarrollo de la fuerza, el entrenamiento concurrente puede aportar beneficios importantes en deportes de resistencia. Esto se debe a que el entrenamiento de fuerza puede mejorar la economía del movimiento, permitiendo que los deportistas consuman menos energía a una misma velocidad durante un gesto cíclico como el correr o el pedalear (Wilson et al., 2012). Otros beneficios de los que pueden beneficiarse los atletas de resistencia son una mayor rigidez musculotendinosa, que reduce la energía disipada en cada paso en la carrera a pie mejorando la economía de carrera. La mejora en la activación neuromuscular, permitiendo una utilización más eficiente de las fibras musculares durante el ejercicio prolongado. O adaptaciones en la capacidad anaeróbica, que pueden ser determinantes en momentos de alta intensidad dentro de una competición de resistencia (Hughes et al., 2018).

Para poder poner en práctica una adecuada aplicación del entrenamiento concurrente, es necesario tener en cuenta algunos aspectos con el fin de evitar las interferencias negativas, o limitarlas en el mayor grado posible.

- Especificidad: Las adaptaciones generadas por el entrenamiento dependerán del tipo de ejercicio realizado, la intensidad y el volumen de trabajo. Por lo tanto, los programas deben diseñarse de acuerdo con los objetivos del atleta o del individuo (Berryman et al., 2019).
- Frecuencia: Es fundamental estructurar el entrenamiento en fases bien definidas, alternando el énfasis en resistencia o fuerza para minimizar la interferencia y maximizar los resultados (Rhea & Alderman, 2004).
- Orden de sesiones: La secuencia de las sesiones puede influir en la calidad del entrenamiento y en las adaptaciones obtenidas. Diversos estudios sugieren que realizar primero el tipo de entrenamiento que se desea priorizar puede ser una estrategia efectiva (Fyfe et al., 2016)
- Recuperación y Adaptación: El descanso adecuado entre sesiones en un entrenamiento concurrente inter-sesión y dentro de una misma sesión en

uno intra-sesión es esencial, ya que de lo contrario se dará el fenómeno de interferencia negativa (Berryman et al., 2019).

- Individualización: Cada persona responde de manera diferente al entrenamiento concurrente según su nivel de condición física, experiencia previa y objetivos específicos. La personalización del programa es clave para optimizar los beneficios y minimizar los riesgos.

En un deporte como el Hyrox este tipo de entrenamiento es interesante ya que la propia competición combina ejercicios de fuerza con tramos de carrera a pie y ergómetros, por lo que conseguir un equilibrio óptimo entre los niveles de fuerza y capacidad aeróbica a través del entrenamiento concurrente es vital para la obtención de un elevado rendimiento deportivo. Los atletas deben ser capaces de realizar tareas aeróbicas de intensidad moderada, y combinarlos con ejercicios que requieren fuerza y potencia muscular, algo similar a lo que ocurre en determinadas competiciones de Crossfit (Schlegel, 2020).

2.3. Efectos del entrenamiento concurrente en rendimiento deportivo. Diferencias entre entrenamiento intra-sesión vs. Inter-sesión

Inicialmente, para aumentar el rendimiento atlético, los deportistas y entrenadores buscan formas de optimizar el entrenamiento y minimizar los riesgos de lesiones. Una forma prometedora de aumentar el rendimiento es entrenar tanto la fuerza muscular, como la aptitud cardiorrespiratoria dentro de un ciclo de entrenamiento, es decir, entrenamiento concurrente, el cual nos da los beneficios de ambas variables. De hecho, los altos niveles de fuerza muscular y resistencia aeróbica son determinantes clave del éxito en muchos deportes (Baar, 2014; Bompa y Buzzichelli, 2015) citado en Gäbler et al 2018, como también creemos que lo es en la nueva modalidad híbrida, Hyrox.

Esta estructura de entrenamiento, entendido como la combinación de trabajo de fuerza y resistencia dentro de un mismo plan, ha sido ampliamente estudiado en el ámbito del rendimiento deportivo, y gracias a ello sabemos que, CT en comparación con el entrenamiento de resistencia de modo único, puede producir mayores mejoras de rendimiento en pruebas contrarreloj en corredores y ciclistas (Rønnestad y Mujika, 2014) citado en Gäbler et al 2018, dejando

entrever la importancia de que los profesionales del sector dominen y contemplen esta metodología de trabajo en su día a día. Como se ha mencionado, esta metodología mejora el rendimiento tanto en pruebas puras de resistencia, como también en pruebas que depende mayormente de altos niveles de fuerza, por ello es muy interesante conocer cómo aplicarlo de forma óptima en Hyrox.

Berryman et al. (2019) destacan que, aunque el entrenamiento concurrente es una estrategia habitual en muchos deportes, es fundamental comprender las interacciones entre ambas capacidades fisiológicas para evitar efectos negativos en el rendimiento, es por ello por lo que los entrenadores y los deportistas deben ser conscientes de cómo estas formas de entrenamiento pueden interactuar entre sí, produciendo o no, las adaptaciones deseadas.

Uno de los principales debates en torno al CT, el cual vamos a abordar en este trabajo, radica en la forma en que se organiza la secuencia de trabajo, diferenciando entre su aplicación intra-sesión e inter-sesión.

En el primer caso, ambas modalidades se realizan dentro de la misma sesión, lo que puede generar fatiga acumulada y reducir la eficacia del estímulo. Estudios como el de Sporer y Wenger (2003) han demostrado que realizar ejercicio aeróbico antes del trabajo de fuerza disminuye la capacidad para completar repeticiones máximas. A su vez, un metaanálisis de Eddens et al. (2018) concluyó que, cuando el objetivo es la mejora de la fuerza máxima, es preferible comenzar con el trabajo de fuerza y posteriormente realizar el entrenamiento aeróbico.

Por otro lado, el enfoque inter-sesión, que implica separar ambas modalidades con varias horas o incluso días de diferencia, ha mostrado ser más eficiente para evitar interferencias en las adaptaciones musculares. Según Berryman et al. (2019), los protocolos con más de 24 horas entre estímulos de entrenamiento no mostraron interferencias en las ganancias de fuerza. Esto sugiere que el descanso entre sesiones desempeña un papel crucial en la optimización del rendimiento, y que una correcta distribución de las cargas de entrenamiento puede minimizar los efectos negativos del entrenamiento concurrente.

Si bien tradicionalmente se ha considerado que el entrenamiento de resistencia afecta negativamente el desarrollo de la fuerza, investigaciones

recientes han matizado esta idea. Hickson (1980) describió por primera vez el fenómeno de interferencia, en el cual la combinación de entrenamiento aeróbico y de fuerza limitaba el desarrollo de la fuerza máxima. Sin embargo, Wilson et al. (2012) encontraron que esta interferencia puede reducirse significativamente mediante una planificación adecuada. Además, Lundberg et al. (2013) demostraron que el trabajo aeróbico no necesariamente compromete la hipertrofia muscular, afirmando que el ejercicio aeróbico no compromete la respuesta de hipertrofia muscular al entrenamiento de resistencia a corto plazo.

En lo que respecta al rendimiento aeróbico, el entrenamiento concurrente no parece generar efectos negativos. Berryman et al. (2019) sostienen que el rendimiento de resistencia no se vio alterado por este régimen de entrenamiento (p. 280), sugiriendo que la inclusión del entrenamiento de fuerza en programas de resistencia puede aportar beneficios sin afectar la capacidad aeróbica. Hickson et al. (1988) reforzaron esta idea al demostrar que un ciclo de entrenamiento de fuerza puede mejorar el rendimiento en resistencia sin alterar el consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx).

Para optimizar los beneficios del entrenamiento concurrente y minimizar el riesgo de interferencia, los expertos sugieren varias estrategias. La evidencia indica que, si el objetivo principal es el desarrollo de la fuerza, el orden más favorable es realizar primero la sesión de fuerza y después la de resistencia. Además, se recomienda espaciar al menos entre 8 y 24 horas las sesiones que involucren los mismos grupos musculares. También se ha propuesto el uso del entrenamiento de sprint en lugar de resistencia prolongada para reducir los efectos negativos sobre la fuerza (Cantrell et al., 2014). Finalmente, Berryman et al. (2019) sugieren que los programas concurrentes deben extenderse durante al menos seis semanas para permitir una adecuada adaptación fisiológica.

En definitiva, el entrenamiento concurrente es una herramienta útil en la preparación de atletas de cualquier disciplina deportiva, pero su aplicación requiere una planificación detallada. La clave del éxito radica en la adecuada organización de las sesiones y en la individualización del proceso de entrenamiento, por ello en Hyrox donde la propia competición se compone de postas de fuerza y de resistencia, podría ser interesante implementar una combinación de entrenamiento concurrente inter e intra sesión a lo largo de las sesiones, micro y macrociclos, dependiendo del momento en el que se encuentre

el proceso de entrenamiento, proximidad a la competición u objetivos específicos del bloque de entrenamiento. Como concluyen Berryman et al. (2019), la clave es la individualización enfatizando la necesidad de adaptar el programa a las características y objetivos específicos de cada deportista.

2.4. Relación de Hyrox con entrenamiento concurrente y variables del rendimiento deportivo

Como se ha mencionado en todo este marco teórico, Hyrox es un deporte nuevo, del cual no existe bibliografía específica que guíe a entrenadores y profesionales del sector deportivo para llevar a cabo una buena praxis en cuanto a la planificación del entrenamiento. Debido al formato de competición, el entrenamiento concurrente puede cobrar un papel muy relevante, ya que en Hyrox se depende tanto de la mejora de las capacidades cardiovasculares de los deportistas, como de sus competencias para generar altos niveles de fuerza (Berryman et al., 2019).

Por ello resulta de interés conocer profundamente como aplicar un programa de entrenamiento concurrente. En el cual podremos incluir sesiones de fuerza junto con sesiones aeróbicas, y hacerlo dentro de una misma sesión, intra-sesión, o hacerlo en sesiones separadas, inter-sesión. Todo ello podría depender de los objetivos de cada sesión de entrenamiento, microciclo o macrociclo. Además, no debemos olvidar el posible efecto de interferencia, el cual no dejaría o podría minimizar las adaptaciones que buscamos con nuestro entrenamiento (Wilson et al., n.d.). Por otro lado, para poder llevar a los atletas a un nivel elevado en este deporte, debemos ser expertos del entrenamiento de la resistencia y de la fuerza a partes iguales, aparte de ser capaces de testar y medir variables que afectarían al rendimiento directamente como el VO₂max, la potencia muscular del tren inferior, la eficiencia energética o las adaptaciones estructurales a las diferentes demandas que se encuentran durante la competición (Schlegel, 2020).

Para concluir, ser capaces de crear un plan adaptado a cada individuo, en el que se contemplen todas las variables mencionadas, y estas interaccionen entre sí de forma óptima, sin que se produzca el efecto de interferencia (Wilson et al., 2012), pueden ser la clave para llevar a los atletas Hyrox a lograr un alto rendimiento deportivo en esta modalidad, a la vez que evitamos lesiones y

efectos no deseados que pueden ocurrir en planificaciones no basadas en ciencia.

3. Objetivos

OBJETIVO PRINCIPAL

1. Evaluar y comparar los efectos del entrenamiento concurrente intra-sesión e inter-sesión sobre el rendimiento físico de los atletas de Hyrox, con énfasis en la mejora a nivel neuromuscular y metabólico, el tiempo total de la prueba y el rendimiento en las secciones específicas del evento, además de sus efectos en la composición corporal.

OBJETIVOS SECUNDARIOS

1. Conocer el estado actual de la temática que relaciona la organización del entrenamiento concurrente (intra-sesión vs. inter-sesión) con la mejora del rendimiento deportivo en atletas de Hyrox.

2. Examinar su percepción de esfuerzo sobre la carga de trabajo, entre el grupo intra-sesión e inter-sesión.

4. Hipótesis

HIPÓTESIS GENERAL

El tipo de organización del entrenamiento concurrente influye significativamente en el rendimiento deportivo en la prueba de Hyrox, determinando diferencias en el tiempo total de finalización y en los tiempos parciales de cada sección.

HIPÓTESIS NULA (H_0)

No existen diferencias significativas en el rendimiento deportivo en la prueba de Hyrox entre los atletas que siguen un programa de entrenamiento concurrente intra-sesión y los que siguen un programa de entrenamiento concurrente inter-sesión.

HIPÓTESIS ALTERNATIVA

Los atletas que siguen un programa de entrenamiento concurrente intra-sesión mejorarán significativamente su rendimiento en la prueba de Hyrox en comparación con los atletas que siguen un programa de entrenamiento concurrente inter-sesión.

5. Metodología

En este apartado describiremos cómo poner en práctica nuestra propuesta de estudio, describiendo el origen y selección de la muestra, el tipo de intervención que se realiza, las variables de estudio y el seguimiento de este.

Nuestra propuesta responde a un enfoque cuasiexperimental, cuantitativo, descriptivo y correlacional. La intención será establecer relaciones entre las variables del CT intra-sesión e inter-sesión y el rendimiento deportivo en pruebas Hyrox. Optaremos por un diseño longitudinal, en el cual tomaremos datos previos a la intervención, y post intervención, pudiendo obtener los datos objetivo de este estudio. Por su parte, la muestra estará compuesta de 30 atletas, mujeres y hombres, que participen activamente en competiciones y entrenamientos de Hyrox, tanto en categoría OPEN, como PRO.

5.1. Muestra y formación de grupos

La muestra del presente estudio está compuesta por 30 sujetos, seleccionados de una población de competidores de la disciplina Hyrox, con un nivel, obtenido a partir de sus tiempos en competiciones anteriores, de $\leq 1:15:00$ para hombres y $\leq 1:30:00$ para mujeres, con una experiencia de al menos 6 meses entrenando de forma específica la disciplina. Este grupo de atletas lo obtuvimos a partir de contactar con centros en la isla de Tenerife que tuvieran convenio con la marca Hyrox, lo cual nos aportó la seguridad de que el contenido de sus planificaciones coincidía con nuestros criterios de inclusión. Los participantes tenían una edad promedio de 27 ± 3 , con un rango de edad de 17 años, y se distribuyeron en 15 hombres y 15 mujeres.

Para la implementación de la presente propuesta de estudio, se establecieron diversos criterios de selección. En primer lugar, se definieron los criterios de inclusión, que se detallan a continuación: mujeres y hombres de entre 18-35 años, con experiencia mínima de 6 meses en entrenamiento concurrente, que haya realizado al menos 1 competición Hyrox en últimos 12 meses, que entrenen regularmente mínimo 3 días semanales en últimos 6 meses. En contrapartida, serán criterios de exclusión: haber tenido una lesión los últimos 6 meses la cual haya imposibilitado entrenamiento con normalidad, embarazo, el uso de fármacos que incrementen el rendimiento deportivo, participar en

competiciones durante el estudio, estar en tratamientos médicos incompatibles con el ejercicio. Además, estableceremos unas variables de control, las cuales serán: horario de entrenamiento, RPE (índice de esfuerzo percibido), nutrición básica registrada y características antropométricas.

La técnica de muestreo utilizada fue aleatoria simple, lo cual permitió asegurar que la muestra fuera representativa. La elección de este método se justificó debido a que es una técnica clara y directa que nos permite obtener representatividad cuando la muestra es homogénea. Además, esto hizo que todos los participantes tuvieran las mismas opciones de participar en el estudio, a la vez que se minimiza el sesgo de los investigadores. El reclutamiento de los participantes se llevó a cabo a través de contacto directo, debido a los requisitos necesarios para la prueba, asegurándose de que todos los sujetos firmaran el consentimiento informado previamente.

El estudio se llevó a cabo en las instalaciones deportivas del centro Testa Training bajo condiciones controladas para evitar factores externos que pudieran interferir en la obtención de los resultados.

Para la formación de los grupos de la presente propuesta de estudio, se realizó una asignación aleatorizada simple ubicando participantes de forma aleatoria a los grupos: (A) CT intra-sesión y (B) CT inter-sesión. Por otro lado, no se aplicaron técnicas de enmascaramiento, ya que durante su puesta en práctica los sujetos podrán reconocer fácilmente en qué grupo se encuentran. Cabe destacar que el procedimiento será paralelo, siendo que ambos grupos realizan el protocolo de forma simultánea.

5.2. Variables y materiales

Las variables independientes serán las diferentes metodologías del CT, el intra-sesión (fuerza + resistencia en única sesión) y el inter-sesión (fuerza + resistencia diferentes sesiones, mismo día). Por otro lado, las variables dependientes serán las que relacionaremos con el rendimiento en Hyrox, siendo: test de fuerza isométrica máxima con dinamometría, CMJ y SJ, test de Cooper, tiempo total en completar simulación de Hyrox y tiempos parciales por estación.

La presente propuesta de estudio necesitaría de equipamiento específico de la disciplina Hyrox para poder ponerse en práctica, además de un espacio amplio donde poder realizar el protocolo de entrenamiento.

5.2.1. Materiales simulación Hyrox

- Trineo de empuje/arrastre (Power Sled) CENTR x HYROX
- Kettlebells de competición (Octo Kettlebell) CENTR x HYROX
- Balones medicinales CENTR x HYROX
- Sandbag CENTR x HYROX
- Cuerda de potencia CENTR x HYROX
- Discos Bumper CENTR x HYROX
- 5 Skierg Concept2
- 5 Remo Indoor (Model D) Concept2
- 5 Tapices rodantes Nordic Track X24

5.2.2. Materiales de evaluación y seguimiento

- Relojes Garmin Forerunner 945: se trata de dispositivos de monitoreo avanzado utilizados para la medición y el registro de variables fisiológicas y de rendimiento durante el desarrollo de las pruebas y las sesiones de entrenamiento. Estos relojes permiten obtener datos como la frecuencia cardíaca, distancia recorrida, tiempo total de actividad, ritmo y gasto calórico, entre otros. Su uso facilitará un seguimiento individualizado de los participantes, así como la recopilación de datos precisos en tiempo real.
- Bandas de frecuencia cardíaca Garmin HRM-Dual: estas bandas son dispositivos de monitoreo que se colocan alrededor del tórax y se utilizan para obtener mediciones precisas de la frecuencia cardíaca durante la actividad física. Se conectan de forma inalámbrica a los relojes Garmin, mejorando la precisión de los datos cardíacos recopilados. Su uso es esencial para el control de la intensidad del ejercicio y la respuesta cardiovascular de los participantes durante el protocolo de intervención.
- Cronómetros: instrumentos de medición del tiempo utilizados para registrar con precisión la duración de los diferentes ejercicios, intervalos y pruebas incluidas en el estudio. Su empleo permitirá establecer

referencias temporales exactas durante las sesiones, así como coordinar el inicio y fin de cada fase del entrenamiento o prueba.

- Plataforma de salto ChronoJump: dispositivo electrónico diseñado para medir parámetros del salto vertical, tales como la altura, el tiempo de vuelo y la potencia. Esta herramienta será utilizada para evaluar el rendimiento neuromuscular de los participantes, proporcionando información clave sobre la capacidad explosiva de los miembros inferiores antes y después de la intervención.
- Rueda de medición: herramienta manual que permite medir distancias lineales de manera precisa, especialmente útil en espacios deportivos o de entrenamiento al aire libre. Se utilizará para delimitar circuitos, comprobar la distancia de los recorridos y asegurar que las pruebas se desarrollen bajo condiciones métricas estandarizadas. La emplearemos para medir la distancia total recorrida en el Test de Cooper.
- Kit de sensor de fuerza ChronoJump: sistema de medición que permite evaluar la fuerza aplicada en determinados ejercicios, especialmente en acciones dinámicas. Mediante sensores colocados estratégicamente, se registrará la magnitud de la fuerza generada por los participantes, lo cual será útil para analizar la evolución del rendimiento muscular a lo largo del estudio. Se empleará para la medición de la contracción isométrica máxima.
- Máquina Smith Rogue R-3W: estructura multifuncional de entrenamiento de fuerza que permite realizar ejercicios controlados con barra guiada. Esta máquina será empleada durante el test de sentadilla isométrica máxima.
- Báscula de Bioimpedancia magnética Tanita TBF 300: la Tanita TBF-300 es un analizador de composición corporal profesional que utiliza la tecnología de bioimpedancia eléctrica para estimar diversos parámetros fisiológicos relacionados con la masa corporal. Este dispositivo envía una corriente eléctrica de baja intensidad y alta frecuencia a través del cuerpo del sujeto, y mide la resistencia que esta corriente encuentra al atravesar los diferentes tejidos corporales. Dado que el agua y la masa magra conducen la electricidad con mayor facilidad que la grasa, el equipo puede estimar la composición corporal a partir de dicha resistencia.

5.3. Procedimiento

Previa intervención se realizará una recogida de datos de los diferentes sujetos de estudio, además de la realización de un consentimiento informado por parte de estos. En adición, la recogida de datos se realizará a través de la realización de las diferentes pruebas que hemos propuesto. Estas pruebas, se detallarán a continuación:

- **Análisis de composición corporal:** es una prueba no invasiva que utiliza la tecnología de impedancia bioeléctrica para estimar diversos parámetros de la composición corporal. La báscula envía una corriente eléctrica de baja intensidad a través del cuerpo y mide la resistencia que ofrece el tejido corporal al paso de esta corriente. A partir de estos datos, se estiman parámetros como el porcentaje de grasa corporal, masa muscular, agua corporal total, entre otros. Los sujetos deben estar en ayunas, además de no haber realizado actividad física intensa las últimas 12h. Los sujetos deben descalzarse y subirse a la báscula, intentando no realizar movimientos mientras se realiza la medición. Realizar mediciones de composición corporal es relevante ya que sabemos que existe una estrecha relación entre el rendimiento deportivo y este parámetro, y que varía dependiendo del deporte que se realice (Lukaski et al., 2021).
- **CMJ y SJ:** el CMJ consiste en un salto vertical que inicia desde una posición erguida e incluye un contramovimiento de flexión de rodillas antes del impulso, lo que permite aprovechar el ciclo de estiramiento-acortamiento y generar una mayor altura de salto en comparación con el SJ. Por otro lado, el SJ se realiza desde una posición estática con las rodillas flexionadas, eliminando el contramovimiento y midiendo de manera más directa la capacidad de generar fuerza explosiva. La confiabilidad del test CMJ es alta (correlación intraclase $>0,989$), lo que lo convierte en una evaluación sólida de la potencia del tren inferior y una alternativa más accesible que otras pruebas como los saltos con caída o los saltos de aproximación (Rodríguez et al., 2017, citado por Barker et al., 2018). La base empírica nos muestra que el CMJ es una herramienta de medición empleada en deportes tanto individuales y de equipo), ya que

se ha identificado como una prueba de control del rendimiento sencilla y eficaz (Taylor et al., 2012 citado por Claudino et al., 2017)

- **Sentadilla isométrica máxima:** Se trata de una prueba de campo que evalúa la fuerza máxima voluntaria isométrica de los músculos extensores de las piernas, principalmente el cuádriceps y los glúteos. Consiste en mantener una posición de sentadilla estática contra una resistencia inamovible, que en nuestro caso se realizará con una máquina Smith, permitiendo medir la fuerza máxima generada sin movimiento articular. Esta prueba es especialmente útil para evaluar la fuerza máxima de forma segura y eficiente, sin los riesgos asociados a pruebas dinámicas como el 1RM (una repetición máxima). Estudios han demostrado que la fuerza máxima isométrica en la sentadilla puede predecir la fuerza en ejercicios dinámicos, ejemplo de ello es en el 1RM en la sentadilla dinámica, especialmente cuando se mide a un ángulo de flexión de rodilla de 140°, con una precisión del 84.5% (Petrovic et al., 2020). Este test nos dará datos como: fuerza máxima absoluta (N), Fuerza relativa (N/Kg), tasa de desarrollo de la fuerza (RFD) y tiempo hasta alcanzar pico de fuerza máxima. Se lleva a cabo realizando una contracción máxima voluntaria de 5sg con 140° de flexión de rodilla según nos indica Petrovic (2020), realizando un total de 3 intentos con 3 min de descanso entre ellos.
- **Test de Cooper:** El Test de Cooper, desarrollado por Kenneth H. Cooper en 1968, es una prueba de campo diseñada para estimar de forma indirecta el consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx.), un indicador clave de la capacidad aeróbica de un individuo refiriéndose a la tasa más alta a la que el cuerpo puede captar y emplear oxígeno durante la actividad física (Millet et al., 2023). Hill y Lupton (1923) sugirieron que existen diferencias individuales en esta capacidad y que su valor está condicionado por el sistema respiratorio y circulatorio. La prueba para su estimación de forma indirecta consiste en recorrer la mayor distancia posible en un tiempo fijo de 12 minutos, preferentemente corriendo, aunque se permite caminar si el sujeto lo requiere. Para una adecuada puesta en práctica, el encargado de realizar la prueba contará las vueltas completadas durante el periodo de prueba de 12 minutos, mientras

anuncia el tiempo transcurrido a los 3, 6 y 9 minutos y animará verbalmente a los sujetos. Al final del período de 12 minutos, el responsable de la prueba pedirá a los sujetos que paren, para poder realizar mediciones de distancia recorrida total, sumándose a la realizada en las vueltas realizadas. A continuación, se utilizará la ecuación estandarizada de Cooper para convertir la distancia recorrida en una estimación de $Vo_{2máx}$ (Penry et al., 2011).

- **Tiempo en completar simulación de Hyrox y tiempos parciales por postas:** Se pedirá a los atletas que completen un Hyrox simulado, el cual estará diseñado de forma que cumpla todos los requisitos de un Hyrox oficial. Contando con los mismos metros de carrera a pie medidos con rueda de medición, mismos ergómetros y similares materiales en los workouts de fuerza. Para ello crearemos un circuito y contabilizaremos el tiempo total con cronómetro, para completarlo, además del tiempo en cada una de las postas y kilómetros de carrera a pie.

Para llevar a cabo la intervención dividiremos a los atletas al azar en dos grupos: el grupo (A) y el grupo (B). Sendos grupos realizarán la intervención con el mismo volumen e intensidad de entrenamiento durante un periodo de 8 semanas, el grupo (A) realizando dentro de una misma sesión la parte correspondiente al entrenamiento aeróbico y el entrenamiento de fuerza. El grupo (B) lo realizará separando el trabajo de las diferentes capacidades con 8h de descanso, ya que, según Berryman y colaboradores, es el tiempo óptimo de recuperación entre sesiones si no queremos afectar negativamente a la capacidad neuromuscular ni a la hipertrofia (Berryman et al., 2019)

El protocolo de entrenamiento constará de 4 días semanales, concretamente con la siguiente distribución: lunes, martes, jueves y viernes, donde los días no mencionados serán de descanso total. Ambos grupos replicarán entrenamientos con la única diferencia de que los atletas del grupo (B) dividirán en 2 sesiones cada uno de ellos, fuerza por un lado y aeróbico por otro.

Cada día de entrenamiento estará formado por una parte de fuerza y una parte de trabajo aeróbico, el orden establecido para ello será: fuerza y posteriormente resistencia. Esto es así sabiendo que minimizaremos interferencias del trabajo aeróbico que podría causar al realizarse previo a la

fuerza (Berryman et al., 2019). Además, nuestro protocolo de entrenamiento está diseñado en base a las recomendaciones del reciente estudio de Bradt y cols. (2025), donde se recomienda hacer énfasis en la alta intensidad, la combinación de carrera a pie y ergómetros para sesiones aeróbicas y el trabajo específico de los ejercicios de fuerza propios de la competición.

Para ello, hemos propuesto que durante las primeras 3 semanas se incremente la carga de entrenamiento de forma progresiva, y se realice una cuarta semana regenerativa en la que disminuirémos la carga total de entrenamiento. Repetiremos este proceso 2 veces completando así las 8 semanas que dura el protocolo de intervención. Al término de este, en la octava semana, realizaremos el procedimiento post intervención en el que repetiremos los test descritos en el presente trabajo, obteniendo así los datos objetivo de esta propuesta de estudio.

5.4. Protocolo de entrenamiento

Los deportistas realizarán un entrenamiento de fuerza específico de la disciplina, llevándose a cabo los ejercicios en el siguiente orden:

- empuje de trineo de 100m
- tirones de trineo de 100m
- 50 m burpees broad jump
- series de 200 m farmers carry
- series de 100m zancadas con carga
- series de 25 Wb

La progresión de carga semana a semana se realizará aumentando o disminuyendo tanto el peso empleado como el número de series que se realizan de los ejercicios. Empleamos estas estrategias de aumento de carga y repeticiones debido a que han mostrado ser efectivas en la mejora de valores de hipertrofia, RM y resistencia muscular (Plotkin D et al., 2022). En este caso la primera semana se realizan 3 series de cada uno de los ejercicios, la primera con un 10% menos del peso empleado en competición, la segunda con el peso de la prueba, y la tercera con un peso 10% mayor del cual se exponen en Hyrox.

La segunda semana se llevará a cabo similar a la primera, pero empleando en la primera serie el peso propio de la competición, en la segunda

un 10% mayor, y en la tercera serie un 15% por encima del establecido. La tercera semana se pondrá en práctica de la misma forma que en semanas previas, la diferencias estará en que se añadirá una serie más a cada tarea, la cual se realizará con un 15% más del peso oficial de la prueba en cada ejercicio. Quedando de la siguiente manera: 1ª series 10% menos, 2ª series peso prueba, 3ª series 10% por encima del establecido, 4ª serie 15% más de la carga oficial.

La cuarta semana se ejecutarán las tareas de forma similar al orden que hemos establecido, cambiando únicamente que todas ellas se realizarán con un peso de un 10% inferior al peso de la prueba, sin incrementos, y realizando únicamente 2 intervalos en cada uno de ellos. Haciendo referencia a las siguientes 4 semanas de intervención, se realizarán de forma similar al primer microciclo, es decir, empleando la misma progresión de cargas, número de series, repeticiones y orden de ejercicios.

Ilustración 1. Resumen protocolo de intervención. *Elaboración propia.*

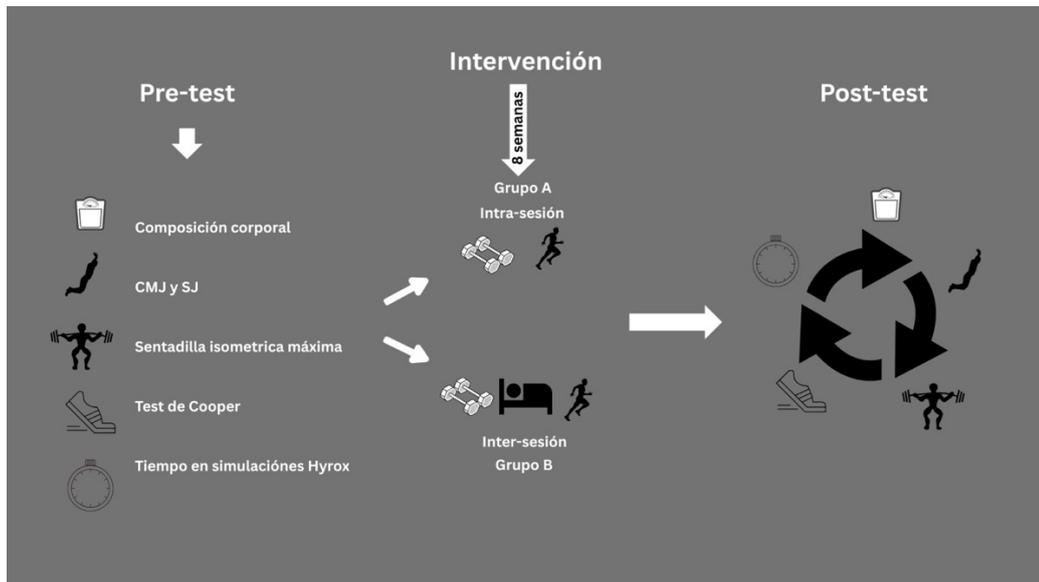


Tabla 1. Protocolo de intervención de fuerza

S	Works	Series	Cargas	Notas adicionales
1	empuje de trineo de 100m tirones de trineo de 100m 50 m burpees broad jump series de 200 m farmers	3	1ª:10% 2ª: Peso prueba 3ª: +10%	Enfoque progresivo

	series de 100m zancadas series de 25Wb			
2	empuje de trineo de 100m tirones de trineo de 100m 50 m burpees broad jump series de 200 m farmers series de 100m zancadas series de 25Wb	3	1ª: Peso prueba 2ª: + 10% 3ª: +15%	Aumento de cargas
3	empuje de trineo de 100m tirones de trineo de 100m 50 m burpees broad jump series de 200 m farmers series de 100m zancadas series de 25Wb	4	1ª: -10% 2ª: peso prueba 3ª: +10% 4ª: +15%	Se añade 1 serie más
4	empuje de trineo de 100m tirones de trineo de 100m 50 m burpees broad jump series de 200 m farmers series de 100m zancadas series de 25Wb	2	Todas -10% peso prueba	Semana enfoque regenerativo

Por otro lado, estableceremos un programa de entrenamiento aeróbico el cuál se realizará empleando como medios la carrera a pie, y los ergómetros: skierg y remo. En este caso se realizarán 2 de las 4 sesiones semanales únicamente con carrera a pie, y los días restantes en combinación de carrera a pie y ergómetros. Por su parte, una de las sesiones de carrera a pie se realizará entre el 65-75% de la frecuencia cardiaca máxima (FC máx..) en tapiz rodante, con inclinación de un 1%. La otra sesión de carrera, la realizarán de forma interválica con series que irán desde los 400 hasta los 1000 metros.

Poniendo el foco en el trabajo con los ergómetros, estableceremos un protocolo en el cual una de las sesiones se llevará a cabo entre un 65-75% de FC máx., en la que se combinarán carrera a pie en tapiz rodante, remo y skierg, por ese orden concreto. La sesión de entrenamiento aeróbico restante constará de un trabajo interválico tanto en el remo como en el skierg, realizando trabajos que abarcarán desde los 500 hasta los 1000 metros.

Para poner en contexto estas sesiones aeróbicas, el grupo (A) realizará este entrenamiento precedido de la sesión de fuerza, en cambio el grupo (B) lo ejecutará tras un intervalo de recuperación de 8 horas. También es importante mencionar que el orden de estas sesiones se establece de la siguiente manera dentro de cada semana:

1. Sesión interválica de carrera a pie
2. Sesión aeróbica ergómetros + carrera a pie
3. Sesión interválica ergómetros
4. Sesión aeróbica carrera a pie

Estableceremos una progresión de cargas, de igual forma que se ha propuesto para las sesiones de fuerza. En este caso, se llevarán a cabo 3 semanas de aumento progresivo de carga, una semana regenerativa, y se repetirá el ciclo de nuevo alcanzando las 8 semanas totales de intervención. Su puesta en práctica va de la siguiente manera:

Tabla 2. Protocolo de intervención entrenamiento aeróbico

S	Works	Series	Cargas	Notas adicionales
1	Intervalos carrera	8x600m/2'	90-95% FCmáx	Entrenamientos interválicos precedidos de 10' de calentamiento 60-70% FCmáx
	ERG+ carrera	2x(2x10') =60'	65-75% FCmáx	
	Intervalos ergómetros R y Sk	3x400m R/2' 3x400mSk /2'	90-95% FCmáx	
	Carrera a pie 40'	1	65-75% FCmáx	
2	Intervalos carrera	6x800m/2'	90-95% FCmáx	Aumento de cargas con distancias de intervalos. Disminución de 2 intervalos día de carrera a pie.
	ERG+ carrera	2x(2x10') =60'	65-75% FCmáx	
	Intervalos ergómetros R y Sk	3x600m R/2' 3x600mSk /2'	90-95% FCmáx	
	Carrera a pie 50'	1	65-75% FCmáx	
3	Intervalos carrera	8x1000m/3'	85-90% FCmáx	Aumento de cargas con incremento de volumen total

	ERG+ carrera	2x(2x10') =60'	65-75% FCmáx	de metros de ergómetros y carrera. Leve disminución de intensidad en intervalos de carrera a pie.
	Intervalos ergómetros R y Sk	3x800m R/2' 3x800mSk /2'	90-95% FCmáx	
	Carrera a pie 60'	1	65-75% FCmáx	
4	Intervalos carrera	6x1000m/1'	60-70% FCmáx	Semana regenerativa. Intensidad leve-moderada. Disminución de volumen e intensidad marcado.
	ERG+ carrera	2x(2x10') =60'	55-65% FCmáx	
	Intervalos ergómetros R y Sk	2x1000m R/1' 2x1000mSk /2'	65-75% FCmáx	
	Carrera a pie 30'	1	65-75% FCmáx	

6. Análisis de datos

Tras la consecución de las pruebas iniciales y del protocolo de intervención, en la mencionada semana 8, dentro del procedimiento, daremos paso a la realización nuevamente de la batería de test empleados. El objetivo de esto será el de comparar el test pre-intervención con el post-intervención, tras haber realizado el protocolo. De esta forma, obtendremos datos para poder realizar el análisis comparativo pertinente entre el grupo de CT intra-sesión y el inter-sesión.

El análisis de los datos se llevará a cabo empleando el software estadístico R o SPSS, en función de la disponibilidad. Para todas las variables cuantitativas relacionadas con el rendimiento en la prueba de Hyrox (tiempo total en simulación Hyrox, tiempos en parciales de simulación, CMJ, SJ, Test de Cooper, sentadilla isométrica máxima y composición corporal), se calcularán las medidas descriptivas: media, desviación estándar e intervalo de confianza del 95%. Estos análisis se realizarán para ambos grupos (intra-sesión e inter-sesión) en los momentos previos y posteriores a la intervención.

Para comprobar si los datos siguen una distribución normal, se utilizará el test de Shapiro-Wilk. Si los resultados indican que no hay normalidad, se considerará aplicar transformaciones logarítmicas o recurrir a pruebas no paramétricas.

A la hora de comparar los efectos de los programas de entrenamiento entre ambos grupos, se llevará a cabo un ANOVA de medidas repetidas de dos factores (grupo x tiempo) para cada variable dependiente. El análisis permitirá identificar si existen diferencias entre los protocolos (efecto principal del grupo), si hay cambios antes y después de la intervención (efecto principal del tiempo) y si la evolución de los grupos sigue un patrón distinto (interacción grupo x tiempo). Si los datos no cumplen con los supuestos de normalidad y homocedasticidad, se optará por la prueba de Friedman en lugar del ANOVA.

Para analizar los cambios dentro de cada grupo (antes y después de la intervención), se utilizará la prueba t para muestras relacionadas. Además, el tamaño del efecto se calculará mediante el índice de Cohen's de para comparaciones intragrupo y el eta cuadrado parcial (η^2p) para el ANOVA, siguiendo los valores de referencia habituales: pequeño ($d = 0.2$, $\eta^2p = 0.01$), mediano ($d = 0.5$, $\eta^2p = 0.06$) y grande ($d = 0.8$, $\eta^2p = 0.14$).

Por otro lado, para examinar la relación entre la mejora en la resistencia aeróbica y el rendimiento en secciones específicas, se utilizará el coeficiente de correlación de Pearson. Si los datos no presentan normalidad, se optará por el coeficiente de Spearman.

Finalmente, los resultados se mostrarán mediante gráficos de cajas y diagramas de dispersión, lo que permitirá visualizar la distribución de los datos y la correlación entre variables. Además, se emplearán gráficos de líneas para representar la evolución temporal de cada grupo.

7. Equipo Investigador

Los autores y encargados del desarrollo del presente trabajo son:

- Kevin Cruz Betancort, profesor en la Universidad Europea de Canarias, graduado en Ciencias de la Actividad Física y del deporte.
- Nicolás García Díez, alumno cursando 4º curso en Universidad Europea de Canarias en el grado de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte.

- Sergio Álvarez Febles, alumnos cursando 4º curso en Universidad Europea de Canarias en el grado de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte.

8. Viabilidad del estudio

La viabilidad del presente estudio ha sido evaluada con rigurosidad, considerando diversos factores que podrían representar limitaciones durante el desarrollo de la propuesta. Entre los principales aspectos identificados se encuentran las dificultades relacionadas con el acceso a la muestra, la necesidad de disponer de espacios físicos adecuados y el control de variables externas al estudio.

Uno de los desafíos más relevantes es la captación de una muestra que cumpla con los criterios de inclusión previamente establecidos. Dado que Hyrox constituye una disciplina deportiva relativamente reciente, la identificación de participantes con experiencia en esta modalidad podría resultar compleja. Para mitigar esta dificultad, se contempla la posibilidad de establecer colaboraciones con centros de entrenamiento acreditados por Hyrox en la isla de Tenerife. Estas alianzas permitirían garantizar la participación de un número suficiente de sujetos con características homogéneas. Asimismo, se prevé la realización de sesiones informativas orientadas a fomentar la participación voluntaria, con el objetivo de alcanzar el tamaño muestral requerido.

Por otro lado, la implementación del estudio exige la utilización de instalaciones adecuadas que ofrezcan el espacio suficiente tanto para la simulación de pruebas competitivas como para la ejecución de los protocolos de entrenamiento, evaluación y medición fisiológica. Esta necesidad podría ser resuelta mediante convenios con distintos centros de entrenamiento de la isla, los cuales estarían en disposición de facilitar el uso de sus instalaciones y horarios para el desarrollo del protocolo de intervención.

Finalmente, un aspecto crítico a considerar es el control de las variables asociadas al descanso entre sesiones de entrenamiento. Con el fin de preservar la validez de los resultados, se han establecido periodos de recuperación estandarizados conforme a las recomendaciones científicas para el tipo de estímulo aplicado. No obstante, una de las principales dificultades reside en el

control de los hábitos individuales de los participantes durante estos intervalos de recuperación. Para abordar esta problemática, se proporcionarán directrices específicas sobre hábitos de sueño, alimentación y recuperación, con el propósito de minimizar la variabilidad derivada de dichos factores y, por ende, su posible impacto en los resultados del estudio.

9. Conclusiones

El presente trabajo nos ha permitido profundizar en las diferentes metodologías de organización del entrenamiento concurrente, concretamente bajo los modelos intra-sesión e inter-sesión, y en como impactan en el rendimiento de atletas Hyrox. Como se ha mencionado, esta disciplina exige un equilibrio muy específico entre las capacidades fisiológicas de la fuerza y resistencia aeróbica. A partir del diseño de nuestro protocolo, hemos creado una propuesta de intervención sólida, basada en literatura científica actual y adaptada a las particularidades de este deporte, para dar respuesta a los objetivos de este estudio.

Desde un punto de vista crítico, podemos afirmar que la innovación principal de este trabajo radica en la aproximación práctica del entrenamiento para la mejora del rendimiento en el nuevo fenómeno Hyrox. La estructuración específica intra-sesión o inter-sesión pretenden dar luz a una metodología óptima, la cual limite el fenómeno de interferencia y aumente las adaptaciones buscadas con el entrenamiento. Así, el trabajo propone una herramienta útil para entrenadores y atletas que deseen optimizar sus resultados en esta disciplina, aún carente de guías metodológicas sólidas.

Entre las principales aportaciones, se incluye la novedosa comparación entre dos estructuras de organización de estímulos, poco explorada en el marco concreto de Hyrox, y que podría contribuir a orientar futuras decisiones de planificación en el entrenamiento aplicado. Además, cabe destacar el desarrollo de una programación sistematizada y replicable de entrenamiento concurrente de 8 semanas, basada en parámetros fisiológicos específicos del deporte, que podría emplearse para el entrenamiento de estos deportistas.

A nivel metodológico, la novedad se concreta en la inclusión de un protocolo combinado de evaluación fisiológica, que contempla tanto tests tradicionales como el CMJ, Cooper, o mediciones de fuerza isométrica máxima,

con la simulación integral de una competición Hyrox. Este enfoque busca captar de forma más global la transferencia de las adaptaciones al rendimiento específico. No obstante, el estudio presenta algunas limitaciones. La muestra, si bien homogénea y adecuada para un diseño piloto, es limitada en número debido a la temprana edad de la disciplina lo que reduce la validez de los resultados. Además, el control de variables externas como la nutrición, descanso o estrés diario, aunque considerado en el diseño, podría no ser completamente controlado en una intervención real. Del mismo modo, contar con espacios para la realización del estudio tendría cierta dificultad, ya que se requieren lugares amplios y que cuenten con todos los recursos necesarios.

De cara a futuras investigaciones, sería interesante replicar esta propuesta con muestras más amplias y segmentadas por nivel competitivo. Además, podría explorarse la interacción de otras variables como las hematológicas u hormonales. También sería útil comparar este enfoque con otros métodos emergentes, como el entrenamiento de alta intensidad (HIIT) o el entrenamiento polarizado aplicado a deportes híbridos.

Desde una perspectiva personal y formativa, este proceso ha supuesto una oportunidad para integrar muchos de los conocimientos adquiridos durante el grado, aplicándolos a un contexto de creciente relevancia práctica. La elaboración de este trabajo no solo ha fortalecido competencias en diseño de investigación y análisis crítico, sino que ha despertado un mayor interés por la innovación metodológica y la aplicación de nuevos métodos científicos de entrenamiento en contextos reales. El reto de generar conocimiento útil sobre una disciplina nueva, y que este sea válido para todos los profesionales de la actividad física y del deporte resulta personalmente motivador y gratificante.

10. Contribución a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

El presente trabajo guarda vínculo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos por la Agenda 2030 de las Naciones Unidas, ya que promueve prácticas relacionadas con la salud, el bienestar y la mejora de la calidad de vida a través del ejercicio físico planificado y basado en evidencia científica.

El objetivo de salud y bienestar tiene como meta garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades. La búsqueda de una propuesta válida y científica sobre un protocolo de entrenamiento específico para la disciplina Hyrox, se alinea con la promoción de hábitos de vida activos, que no solo inciden positivamente en el rendimiento deportivo, sino también en la prevención de enfermedades y en la mejora de la condición física general, y por lo tanto en la salud. Asimismo, el enfoque en una planificación segura y progresiva del ejercicio contribuye a una práctica deportiva saludable y sostenible.

Por otra parte, y haciendo referencia a el protocolo de entrenamiento concurrente, ya sea intra-sesión o inter-sesión, sabemos que incide potencialmente en la salud (AL-Mhanna et al., 2024), pudiendo generar adaptaciones positivas tanto en parámetros a nivel cardiaco, como a nivel muscular. Esto hace que desde el punto de vista de la promoción del bienestar y salud resulte interesante, aportando una visión holística en cuanto a la salud del individuo, el cual podría beneficiarse de esta propuesta, de no solo mejorar a nivel metabólico, o sus niveles de fuerza, sino de una forma integral.

Por último, es importante mencionar que esta nueva disciplina Hyrox está relacionada con el concepto de innovación incluido en los ODS, es así ya que representa una nueva modalidad deportiva. Además, incluye en su marco competitivo innovación en cronometraje digital, seguimiento de pruebas en directo o través de su propia aplicación y una plataforma de clasificaciones a nivel mundial. Por otra parte, se cumple con los objetivos de instalaciones deportivas sostenibles, ya que no se requiere de nuevas construcciones para su desarrollo, aprovechándose instalaciones amplias ya construidas como pabellones deportivos o espacios multifuncionales.

11. Bibliografía

AL-Mhanna, S. B., Batrakoulis, A., Ghazali, W. S. W., Mohamed, M., Aldayel, A., Alhussain, M. H., Afolabi, H. A., Wada, Y., Gülü, M., Elkholi, S., Abubakar, B. D., & Rojas-Valverde, D. (2024). Effects of combined aerobic and resistance training on glycemic control, blood pressure, inflammation, cardiorespiratory fitness and quality of life in patients with type 2 diabetes and overweight/obesity: a systematic review and meta-analysis. *PeerJ*, *12*(6). <https://doi.org/10.7717/peerj.17525>

Barker, L. A., Harry, J. R., & Mercer, J. A. (2018). Relationships Between Countermovement Jump Ground Reaction Forces and Jump Height, Reactive Strength Index, and Jump Time. *Journal of strength and conditioning research*, *32*(1), 248–254. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002160>

Bergmann, M. (2024). Hyrox - das Fitnessrace für jeden: Hintergründe - Training - Vorbereitung - Profitipps. 1st ed., 1–206. Munich: Riva.

Berryman, N., Mujika, I., & Bosquet, L. (2019). Concurrent training for sports performance: The 2 sides of the medal. In *International Journal of Sports Physiology and Performance* (Vol. 14, Issue 3, pp. 279–285). Human Kinetics Publishers Inc. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0103>

Brandt, T., Ebel, C., Lebahn, C., & Schmidt, A. (2025). Acute physiological responses and performance determinants in Hyrox® - a new running-focused high intensity functional fitness trend. *Frontiers in physiology*, *16*, 1519240. <https://doi.org/10.3389/fphys.2025.1519240>

Cantrell, G. S., Schilling, B. K., Paquette, M. R., & Murlasits, Z. (2014). Maximal strength, power, and aerobic endurance adaptations to concurrent strength and sprint interval training. *European journal of applied physiology*, *114*(4), 763–771. <https://doi.org/10.1007/s00421-013-2811-8>

Claudino, J. G., Cronin, J., Mezêncio, B., McMaster, D. T., McGuigan, M., Tricoli, V., Amadio, A. C., & Serrão, J. C. (2017). The countermovement jump to monitor neuromuscular status: A meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *20*(4), 397-402. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2016.08.011>

Dexheimer, J. D., Schroeder, E. T., Sawyer, B. J., Pettitt, R. W., Aguinaldo, A. L., & Torrence, W. A. (2019). Physiological performance measures as indicators of crossfit® performance. *Sports*, 7(4). <https://doi.org/10.3390/sports7040093>

Docherty, D., & Sporer, B. (2000). A proposed model for examining the interference phenomenon between concurrent aerobic and strength training. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 30(6), 385–394. <https://doi.org/10.2165/00007256-200030060-00001>

Eddens, L., van Someren, K., & Howatson, G. (2018). The Role of Intra-Session Exercise Sequence in the Interference Effect: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 48(1), 177–188. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0784-1>

Fyfe, J. J., Bishop, D. J., & Stepto, N. K. (2014). Interference between concurrent resistance and endurance exercise: molecular bases and the role of individual training variables. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 44(6), 743–762. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0162-1>

Gäbler, M., Prieske, O., Hortobágyi, T., & Granacher, U. (2018). The effects of concurrent strength and endurance training on physical fitness and athletic performance in youth: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Physiology*, 9, 1057. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01057>

Hickson R. C. (1980). Interference of strength development by simultaneously training for strength and endurance. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 45(2-3), 255–263. <https://doi.org/10.1007/BF00421333>

Hughes, D. C., Ellefsen, S., & Baar, K. (2018). Adaptations to endurance and strength training. In *Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine* (Vol. 8, Issue 6). Cold Spring Harbor Laboratory Press. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a029769>

HYROX España. (s.f.). *HYROX España*. <https://hyrox.es>

Lukaski, H., & Raymond-Pope, C. J. (2021). New Frontiers of Body Composition in Sport. *International journal of sports medicine*, 42(7), 588–601. <https://doi.org/10.1055/a-1373-5881>

Lundberg, T. R., Fernandez-Gonzalo, R., Gustafsson, T., & Tesch, P. A. (2013). Aerobic exercise does not compromise muscle hypertrophy response to short-term resistance training. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 114(1), 81–89. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01013.2012>

Mikkola, J., Rusko, H., Izquierdo, M., Gorostiaga, E. M., & Häkkinen, K. (2012). Neuromuscular and cardiovascular adaptations during concurrent strength and endurance training in untrained men. *International journal of sports medicine*, 33(9), 702–710. <https://doi.org/10.1055/s-0031-1295475>

Millet, G. P., Burtcher, J., Bourdillon, N., Manferdelli, G., Burtcher, M., & Sandbakk, Ø. (2023). The $\dot{V}O_2$ max Legacy of Hill and Lupton (1923)—100 Years On. In *International Journal of Sports Physiology and Performance*. Human Kinetics Publishers Inc. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2023-0229>

Penry, J. T., Wilcox, A. R., & Yun, J. (2011). Validity and reliability analysis of Cooper's 12-minute run and the multistage shuttle run in healthy adults. *Journal of strength and conditioning research*, 25(3), 597–605. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181cc2423>

Petrović, Borko & Kukrić, Aleksandar & Dobraš, Radenko & Злојутро, Немања. (2020). Maximum isometric muscle strength as a predictor of one repetition maximum in the squat test. *Sportlogia*. 16. 161-172. [10.5550/sgia.201601.en.pkdz](https://doi.org/10.5550/sgia.201601.en.pkdz).

Plotkin D, Coleman M, Van Every D, Maldonado J, Oberlin D, Israel M, Feather J, Alto A, Vigotsky AD, Schoenfeld BJ. Progressive overload without progressing load? The effects of load or repetition progression on muscular adaptations. *PeerJ*. 2022 Sep 30;10:e14142. doi: 10.7717/peerj.14142. PMID: 36199287; PMCID: PMC9528903.

Rhea, M. R., & Alderman, B. L. (2004). A meta-analysis of periodized versus non periodized strength and power training programs. *Research quarterly*

for exercise and sport, 75(4), 413–422.
<https://doi.org/10.1080/02701367.2004.10609174>

Rønnestad, B. R., & Mujika, I. (2014). Optimizing strength training for running and cycling endurance performance: A review. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 24(4), 603–612. <https://doi.org/10.1111/sms.12104>

Schlegel, P. (2020a). Training Strategies from the Perspective of Concurrent Training: A Systematic Review. In *Journal of Sports Science and Medicine* (Vol. 19). <http://www.jssm.org`CrossFit@org`org`CrossFit@>

Thompson, W. R. (2023). Worldwide survey of fitness trends for 2023. *ACSMs Health Fit. J.* 27 (1), 9–18. doi:10.1249/fit.0000000000000834

Wilson JM, Marin PJ, Rhea MR, Wilson SM, Loenneke JP, Anderson JC. Concurrent training: a meta-analysis examining interference of aerobic and resistance exercises. *J Strength Cond Res.* 2012 Aug;26(8):2293-307. doi: 10.1519/JSC.0b013e31823a3e2d. PMID: 22002517.