

**INFLUENCIA DEL CICLO MENSTRUAL
EN LA ASIMILACIÓN DEL
ENTRENAMIENTO DE ALTA
INTENSIDAD EN ATLETAS DE MEDIO
FONDO Y FONDO MEDIANTE
MARCADORES DE DAÑO MUSCULAR**

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

**FACULTAD CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD
FÍSICA Y EL DEPORTE**



Realizado por: María Cano Padilla y Oriana Nathaly Rodríguez González

Grupo TFG: MIX 61

Año Académico: 2022-2023

Tutor/a: Rosa Bielsa

Área: Diseño estudio experimental

RESUMEN

Introducción: la recuperación desempeña un papel importante en el rendimiento deportivo cuando se trata de planificar sesiones de entrenamiento en atletas. Las respuestas al ejercicio y su asimilación difieren en función de las fases del ciclo menstrual (CM), influyendo la actividad física en las concentraciones de progesterona o estradiol. No obstante, la literatura es contradictoria sobre los efectos de las fluctuaciones hormonales en el daño muscular inducido por el ejercicio. Parece que los estrógenos ejercen como protectores del daño muscular debido al efecto antioxidante que tienen al ceder hidrogeniones manteniendo la estabilidad en la membrana celular. De esta forma los estrógenos podrían inhibir la respuesta inflamatoria dando lugar a una recuperación más temprana. La literatura científica desarrollada hasta el momento no muestra una evidencia confiable acerca de la fase del CM más adecuada para la recuperación muscular.

Objetivo: establecer si existe influencia del ciclo menstrual en los valores fisiológicos y en la asimilación del entrenamiento de alta intensidad (HIIT) medido a través de marcadores de daño muscular en atletas de medio fondo y fondo.

Método: se realizará un diseño de estudio experimental en el que todas las participantes, serán tanto grupo control como intervención. La muestra (n=117) estará formada por mujeres deportistas con las siguientes características: atletas federadas de medio fondo y fondo con ciclo menstrual regular y edad entre 18-40 años. Serán divididas en dos grupos A y B realizando protocolo HIIT de alta intensidad o entrenamiento habitual de intensidad media según el procedimiento descrito. Protocolo HIIT: 8 bloques de 2 minutos al 80-90% del consumo de oxígeno máximo (VO₂max), lo que será similar al rango entre 89 y 98% de la frecuencia cardíaca máxima (FCmax) o 8-9/10 RPE. El descanso consistirá 60 segundos al 30-40% del VO₂max o 56-63% de la FCmax o 5-6/10 RPE. Las mediciones sanguíneas (pre y post ejercicio) analizarán marcadores indirectos de daño muscular y fluctuaciones hormonales en las fases del ciclo E-FP, L-FP y M-LP.

Palabras clave: atleta femenina, eumenorrea, protocolo HIIT, hormonas sexuales, estrógenos, CK.

ABSTRACT

Introduction: recovery execution plays an important role in performance when it comes to planning sports training sessions. Responses to exercise and its assimilation differ depending on the phases of the menstrual cycle (MC), with physical activity influencing progesterone or estradiol concentrations. However, the literature is conflicting on the side effects of hormonal fluctuations on exercise-induced muscle damage. It seems that estrogens act as protectors against muscle damage due to the antioxidant effect they have by releasing hydrogen ions while maintaining cell membrane stability. In this way, estrogens could inhibit the inflammatory response, leading to an earlier recovery. In the recent days the scientific literature developed does not show reliable evidence about the most appropriate MC phase for muscle recovery.

Objective: to establish whether there is an influence of the menstrual cycle on physiological values and on the assimilation of high intensity training (HIIT) measured through markers of muscle damage in middle-distance and long-distance athletes.

Method: a study design will be carried out in which all the participants will be both a control and an experimental group. The sample (n=117) will be made up of female athletes with the following characteristics: federated middle-distance and long-distance athletes with a regular menstrual cycle and between 18-40 years of age. They will be divided into two groups A and B performing the high intensity HIIT protocol or regular medium intensity training according to the procedure described. HIIT protocol: 8 blocks of 2 minutes at 80-90% of maximum oxygen consumption (VO₂max), which will be similar to the range between 89-98% of maximum heart rate (HRmax) or 8-9/10 RPE. The rest will consist of 60 seconds at 30-40% VO₂max or 56-63% HRmax or 5-6/10 RPE. Blood measurements (pre and post exercise) will analyze indirect markers of muscle damage and hormonal fluctuations in the E-FP, L-FP and M-LP phases.

Key words: female athlete, eumenorrhea, HIIT protocol, sex hormones, estrogens, CK.

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| 1. Introducción..... | 7 |
| 1.1 Actualidad en el deporte femenino | 7 |
| 1.2. Antecedentes en entrenamiento de atletas medio fondistas y fondistas | 7 |
| 1.3 Ciclo menstrual, fluctuaciones hormonales e influencia en el rendimiento ... | 8 |
| 1.4 Daño muscular inducido por el ejercicio y relación con el ciclo menstrual.. | 10 |
| 2. Justificación..... | 11 |
| 3. Objetivos e hipótesis | 14 |
| 3.1 Objetivo principal | 14 |
| 3.2 Objetivos secundarios..... | 14 |
| 3.3 Hipótesis principal..... | 15 |
| 4. Metodología..... | 15 |
| 4.1 Diseño..... | 15 |
| 4.2 Muestra y formación de grupos | 16 |
| 4.3. Variables y material de medida | 17 |
| 4.3.1 Variables independientes (VI)..... | 18 |
| 4.3.2 Variables dependientes (VD) | 18 |
| 4.3.3 Variables intervinientes..... | 19 |
| 4.4 Procedimiento | 20 |
| 4.5 Análisis de datos..... | 24 |
| 5. Equipo investigador | 25 |
| 6. Viabilidad y limitaciones del estudio | 26 |
| 6.1. Viabilidad del estudio | 26 |
| 6.2. Limitaciones del estudio..... | 26 |
| 7. Referencias. | 27 |
| 8. Anexos | 32 |
| Anexo 1. Figuras..... | 32 |
| Anexo 2. Tablas..... | 37 |
| Anexo 3. Protocolo de esfuerzo y hoja de registro. | 39 |
| Anexo 4. Ficha informativa | 41 |
| Anexo 5. Consentimiento informado..... | 44 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. | |
| Fluctuación hormonas sexuales en función de la fase del ciclo..... | 32 |
| Figura 2. | |
| Efectos de la progesterona en el rendimiento deportivo..... | 32 |
| Figura 3. | |
| Controversia de autores acerca de la fase del CM más adecuada para la recuperación muscular. | 33 |
| Figura 4. | |
| Calculadora Fistera de la población. | 34 |
| Figura 5. | |
| Diagrama de flujo..... | 35 |
| Figura 6. | |
| Esquema visual de la formación de grupos. | 36 |
| Figura 7. | |
| Resumen del protocolo descrito. | 36 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. | |
| Estudio hormonal en FSH y LH y valores de referencia. | 37 |
| Tabla 2. | |
| Estudio hormonal en FSH, prolactina, estradiol, progesterona y testosterona y valores de referencia. | 37 |
| Tabla 3. | |
| Escala Borg RPE..... | 38 |
| Tabla 4. | |
| Organigrama de reparto de tareas..... | 38 |

ÍNDICE ABREVIATURAS

| | |
|----------------------|---|
| ATR: | Acumulación-Transformación-Realización |
| CAFYD: | Ciencias de la Actividad Física y del Deporte |
| CAR: | Centro Alto Rendimiento |
| CK: | Creatin Kinasa |
| CM: | Ciclo Menstrual |
| CONSORT: | Consolidated Standards Of Reporting Trials |
| CRP: | Proteína C Reactiva |
| ECA: | Ensayo Clínico Aleatorizado |
| EIMD: | Daño Muscular Inducido por el Ejercicio |
| E-FP: | Fase Folicular Temprana |
| FAM: | Federación Atletismo de Madrid |
| FSH: | Hormona Foliculoestimulante |
| GH: | Hormona del Crecimiento |
| HIIT: | High Intensity Interval Training |
| IAAF: | Asociación Internacional de Federaciones de Atletismo |
| IL: | Interleucinas |
| LH: | Hormona Luteinizante |
| L-FP: | Fase Folicular Tardía |
| M-LP: | Fase Medio Lútea |
| MLSS: | Máximo Estado Estable de Lactato |
| OxMaR: | Oxford Minimization and Randomization |
| RFEA: | Real Federación Española de Atletismo |
| ROM: | Range of Movement |
| TNF: | Factor de Necrosis Tumoral |
| VD: | Variables Dependientes |
| VI: | Variable Independiente |
| VO ₂ max: | Consumo de Oxígeno Máximo |
| VT1: | Primer Umbral Ventilatorio |
| VT2: | Segundo Umbral Ventilatorio |

1. Introducción

1.1 Actualidad en el deporte femenino

La tendencia al alza en la participación de atletas femeninas en el deporte de alto rendimiento ha aumentado el interés científico sobre la salud y el rendimiento deportivo en la mujer (Peinado et al., 2021; Wiecek, 2019). Sin embargo, las investigaciones en el área deportiva incluyen en su mayoría a participantes varones, siendo la representación del sexo femenino de tan sólo el 35% (Meignié et al., 2021). Como consecuencia a la carencia de figuras femeninas en la investigación se perpetúa la inclinación de entrenar mujeres con la metodología aceptada para los hombres (Vrublevskiy et al., 2020). Un estudio realizado por Bucher Sandbakk et al. (2022) en entrenadores de deportistas olímpicas en pruebas de atletismo expone la clave de individualizar y diferenciar el entrenamiento entre géneros.

La justificación de excluir al género femenino en la ciencia deportiva se basa en las variaciones hormonales del ciclo menstrual (CM) y sus múltiples variables que influyen en el rendimiento y que, en consecuencia, dificultan la interpretación de los resultados (Meignié et al., 2021). Asimismo, se añade la existencia del estigma menstrual en el ámbito tanto deportivo, como educacional o socioeconómico en todo el mundo (Brown et al., 2020). No obstante, las diferencias significativas entre sexos son un hecho manifestándose estas en el VO₂max (consumo de oxígeno máximo), la potencia aeróbica, el máximo estado estable de lactato (MLSS) y la velocidad máxima (Mallol et al., 2020), lo que defiende la necesidad de estudios no sólo en deportistas varones. En este contexto los entrenadores deben diferenciar el entrenamiento femenino a pesar de que la norma es seguir la fisiología y psicología masculina como la de referencia (Bucher Sandbakk et al., 2022).

1.2. Antecedentes en entrenamiento de atletas medio fondistas y fondistas

El entrenamiento de atletas fondistas se basa en las manifestaciones biológicas y funcionales de cada especialidad: la fuerza, la resistencia y la eficiencia de carrera serán las bases del rendimiento según la propuesta metodológica de Pallarés y Morán-Navarro (2012). Las capacidades físicas trabajadas dependerán de la intensidad del entrenamiento, siendo en la resistencia cardiovascular el VO₂max el

referente (<40% VO₂max equivale a una intensidad relativamente baja, considerándose >85% alta). La RFD (Rate of Force Development) o producción de fuerza por unidad de tiempo (manifestación que requiere aplicar mínimo el 30% de fuerza isométrica máxima) será la que cobre una mayor importancia dentro de las expresiones de la fuerza en las disciplinas deportivas (Balsalobre-Fernández y Jiménez-Reyes, 2014).

En cuanto a la resistencia, Pallarés y Morán-Navarro (2012) exponen que el entrenamiento interválico (el implementado en el protocolo a continuación) supone mejoras en la oxidación de glucógeno, gasto cardíaco y difusión pulmonar, entre otras. En relación al entrenamiento aeróbico y el CM, existen indicadores de que durante la fase lútea mejora la capacidad de realizar esfuerzos aeróbicos gracias al incremento de la eficacia cardíaca y respiratoria. Wiecek (2019) expone que el tiempo de trabajo se duplica en la fase lútea al realizar dos esfuerzos de 20 minutos al 40 y al 70% del VO₂max y un esfuerzo al 90% del VO₂max llevado a cabo hasta la extenuación en comparación con otras fases del ciclo.

El entrenamiento de fuerza es necesario no sólo para el rendimiento deportivo, sino que es imprescindible en mujeres atletas para mantener una adecuada salud ósea. En corredoras de media y larga distancia existe una alta tendencia de baja densidad mineral ósea a pesar de tener el CM regular (Nose-Ogura, 2021). En relación al entrenamiento de fuerza con el ciclo menstrual, Sung et al. (2014) mostraron que existen mejoras superiores en el músculo y fibras musculares tipo II en la fase folicular en comparación con la fase lútea. Este concepto ha sido recientemente cuestionado por Thompson et al. (2020) exponiendo que las respuestas agudas en la hormona del crecimiento (GH) son mejores en la fase medio lútea (M-LP) que en la fase folicular temprana (E-FP).

1.3 Ciclo menstrual, fluctuaciones hormonales e influencia en el rendimiento

En la actualidad autores como Wiecek (2019) han resaltado que las respuestas al ejercicio difieren en función de las fases del ciclo menstrual, influyendo la actividad física en las concentraciones de progesterona o estradiol. Otras hormonas como la testosterona fluctúan sobre todo en atletas de élite (las cuales parten de un mayor

rango de testosterona de base), existiendo hasta un 16% durante la fase ovulatoria mientras que en otras (lútea y folicular) tan sólo alcanza el 6-8% (Cook et al., 2021).

En las mujeres las concentraciones de hormonas ováricas fluctúan con cada fase de la menstruación (Cook et al., 2021; Funaki et al., 2022). El CM discurre entre 28 ± 2.4 días (Figura 1, Anexo 1) existiendo variaciones interindividuales, siendo estas más frecuentes en atletas de élite (de Jonge et al., 2019; Meignié et al., 2021). El ciclo menstrual está compuesto por dos fases: la folicular (el primer día del ciclo coincide con el inicio de la menstruación y marca el comienzo de esta fase) y la lútea (que empieza a continuación de la ovulación) (de Jonge et al., 2019).

En la fase folicular (hasta el periodo preovulatorio) se estimula la liberación de la hormona foliculoestimulante (FSH) y la hormona luteinizante (LH), favoreciendo bajas concentraciones de progesterona y la producción de estrógenos (Cook et al., 2021; Thompson et al., 2020). Los estrógenos reducen el ritmo de la gluconeogénesis (síntesis de glucosa) y la glucogenólisis (transformación de glucógeno en glucosa), de esta forma influyen en el metabolismo de la mujer implementando la utilización de lípidos como sustrato energético (Wiecek, 2019). Recapitulando el funcionamiento del CM, el aumento de estrógenos provoca una subida de LH que da lugar a la ovulación y a la fase lútea (de Jonge et al., 2019).

En la fase lútea (desde la ovulación hasta la próxima menstruación) las concentraciones de los estrógenos y la progesterona tienden a aumentar (Cook et al., 2021; de Jonge et al., 2019; Funaki et al., 2022). Uno de los efectos de la progesterona es el aumento de la ventilación pulmonar, así como la pérdida de agua y sodio, reduciendo el volumen plasmático durante la fase post-ovulatoria (Wiecek, 2019). Si el óvulo no es fecundado, los niveles de progesterona y estrógenos disminuyen y comienza de nuevo el ciclo (de Jonge et al., 2019).

Durante las fases del CM existen efectos opuestos en los mecanismos termorregulatorios debido a la influencia hormonal como el estradiol y la progesterona. También existen resultados contrarios en valores como los del volumen plasmático, a diferencia de lo que sucede en la fase lútea, altas concentraciones de estradiol y bajas de progesterona provocan retención de agua y electrolitos (Wiecek, 2019). Los procesos descritos mencionan los cambios metabólicos que justifican la

necesidad de ampliar el conocimiento sobre el CM en mujeres deportistas (Figura 2, Anexo 1).

1.4 Daño muscular inducido por el ejercicio y relación con el ciclo menstrual

Los atletas profesionales entrenan con cargas de entrenamiento altas para alcanzar el máximo rendimiento lo que deriva a daño muscular inducido por el ejercicio (EIMD) (Simmons et al., 2021). Las variables que definen la carga de entrenamiento incluyen principalmente volumen, intensidad y densidad (Pallarés y Morán-Navarro, 2012). El EIMD puede evidenciarse de forma indirecta mediante distintas enzimas y proteínas medidas en el flujo sanguíneo (Peinado et al., 2021; Romero-Parra et al., 2020). Monitorizar el daño muscular mediante muestras sanguíneas es una herramienta que sirve para evaluar la respuesta de las atletas a los estímulos de entrenamiento (Simmons et al., 2021). La causa de la aparición de estas partículas se debe a un sobre-estiramiento de las sarcómeras debido a cargas excesivas, siendo el resultado el aumento de la permeabilidad de la membrana y la contracción de proteínas que contribuye a que compuestos como la creatin kinasa (CK) se viertan al flujo sanguíneo (Romero-Parra et al., 2020).

La CK causa la pérdida de fuerza muscular, así como la disminución del ROM (Range Of Movement o rango de movimiento) y el dolor muscular, que puede derivar a un menor rendimiento y lesiones (Funaki et al., 2022). Otros signos derivados del EIMD se reflejan en niveles elevados de biomarcadores como la proteína C-Reactiva (CRP), el factor de necrosis tumoral (TNF- α) o las interleucinas (IL1, 6 y 8) (Simmons et al., 2021). Tanto la aparición como la eliminación de los marcadores inflamatorios depende de factores como la condición física, el tipo, intensidad y duración del ejercicio. Además, en las mujeres existe una condición añadida para evaluar la respuesta al ejercicio: la fluctuación de hormonas sexuales marcada por el ciclo menstrual (Romero-Parra et al., 2020).

Cada vez es más difícil ignorar los efectos que las hormonas sexuales causan en el rendimiento, no obstante, la literatura es contradictoria sobre los efectos secundarios de las fluctuaciones de progesterona y estrógenos en el EIMD. Minahan et al. (2015) exponen las propiedades protectoras de los estrógenos en el tejido neuronal, óseo y cardiovascular. Romero-Parra et al. (2020) mediante estudios con animales, añaden que los estrógenos ejercen como protectores del

daño muscular debido al efecto antioxidante que tienen al ceder hidrogeniones manteniendo la estabilidad en la membrana celular. De esta forma los estrógenos podrían inhibir la respuesta inflamatoria dando lugar a una recuperación más temprana. Otra interpretación es la interferencia que pueden causar estas hormonas al inhibir la inflamación y, por tanto, repercutir de manera negativa en el proceso de adaptación y asimilación del tejido muscular (Enns y Tiidus, 2010; Tiidus, 2003). En añadido, autores como Minahan et al. (2015) afirman una mayor dificultad de recuperación muscular debido a la disminución de estrógenos en mujeres causado por el uso de anticonceptivos orales. Si bien es cierto que la mayoría de la ciencia se ha implementado en animales, Peinado et al. (2021) apunta que las investigaciones en estos organismos no son suficiente ya que la transferencia de resultados es difícil, pues los tratamientos hormonales superan las dosis que representaría un ciclo menstrual normal.

De forma contrapuesta, existen estudios que han evidenciado que las hormonas ováricas intervienen en los valores de leucocitos, siendo mayores las concentraciones de estas células en la fase medio lútea (M-LP) en comparación con la fase folicular temprana (E-FP). Los leucocitos son los encargados de actuar en el lugar de daño muscular para retirar los tejidos necróticos y provocar la liberación de citoquinas (Funaki et al., 2022). Al hilo de lo mencionado, investigaciones centradas en daño muscular exponen que DOMS y pérdida de fuerza muscular son menores en la M-LP en comparación con la E-FP, sin obtenerse diferencias en la CK (Romero-Parra et al., 2020). La literatura científica desarrollada hasta el momento no muestra una evidencia significativa acerca de la fase del CM más adecuada para la recuperación muscular. Como se ha mencionado anteriormente, algunos autores estipulan la fase folicular como la más adecuada para la recuperación basándose en las concentraciones de estrógenos elevadas. Mientras que otros, se inclinan hacia la influencia de los leucocitos reforzada en la fase lútea (Figura 3, Anexo 1).

2. Justificación

La recuperación desempeña un papel importante en el rendimiento deportivo cuando se trata de planificar las sesiones de entrenamiento ya que permite mantener la continuidad hacia el objetivo (Kellmann et al., 2018). Los desarrollos

en el campo del ejercicio físico han estipulado que las mujeres tienen mayor resistencia a la fatiga en comparación con los hombres (Ansdell et al., 2019; Hunter, 2009; Romero-Parra et al., 2020). Vinculado a este concepto, estudios recientes han demostrado la existencia de una recuperación más rápida del ejercicio en el género femenino comparado con hombres (incluso cuando la carga de entrenamiento relativa es similar) (Ansdell et al., 2019). Atendiendo a estas consideraciones, la prescripción de las cargas de entrenamiento y periodos de recuperación basadas en investigaciones realizadas en sujetos varones deberían de considerarse sub-óptimas para mujeres (Cowley et al., 2021).

A pesar de los hallazgos mencionados, Peinado et al. (2021) exponen que las investigaciones de adaptaciones al entrenamiento en mujeres son escasas en comparación con las realizadas en hombres. Existe un bajo número de estudios donde se incluye a la mujer deportista y, cuando se hace, se ignoran las fluctuaciones hormonales femeninas o las pruebas se realizan cuando los niveles hormonales son bajos para reducir los posibles efectos (de Jonge et al., 2019; Peinado et al., 2021). Para ilustrar este concepto Meignié et al. (2021) corrobora lo mencionado a través de una revisión sistemática basada en deporte y mujer: de los 218 artículos que reunían los factores de inclusión, tan sólo el 1% investigaba la influencia de parámetros fisiológicos o psicológicos de, al menos, una fase del ciclo menstrual. De forma semejante otros autores subrayan la publicación de tan sólo 3 estudios durante una década sobre la fuerza muscular en las distintas fases del ciclo menstrual (Sung et al., 2014). Atendiendo a estas consideraciones y añadiendo la evidencia sobre los efectos fisiológicos de las hormonas sexuales en el rendimiento, se recalca la necesidad de la inclusión del CM y del género femenino en la ciencia del deporte (de Jonge et al., 2019).

Son diversos los motivos que justifican la necesidad de ampliar la literatura científica en el deporte femenino. En lo que respecta a razones médicas Nose-Ogura (2021) expone en su revisión que el 40.7% de las atletas nacionales sufrían ciclos menstruales anormales, siendo el 11.6% de las corredoras de larga distancia atletas con amenorrea. A pesar de las graves consecuencias que conlleva la pérdida del CM como la osteopenia, existe una gran carencia de conclusiones sobre el impacto en el rendimiento (Wiecek, 2019). En lo que respecta al área de las

lesiones, los datos sugieren que el daño muscular y tendinoso se duplica en los días previos a la ovulación (fase folicular) (Martin et al., 2021). En lo que se refiere a la lucha por la igualdad en el deporte, en la actualidad es un movimiento que busca desarrollar una cultura deportiva con plena participación de la mujer en todos los ámbitos del deporte (de Soysa y Zipp, 2019). Poniendo el foco en el atletismo español, el 83.33% de las licencias de entrenadores son masculinas, así como el 59.66% de los atletas con licencia nacional son varones (RFEA, 2021). Existe una creciente preocupación sobre la necesidad de continuar progresando para que los beneficios de salud, función física y social dados en el deporte brinden las mismas posibilidades a ambos géneros (Nose-Ogura, 2021).

Desde el punto de vista de las atletas, Brown et al. (2020) subrayan que el 51.1% de las deportistas en pruebas de carrera británicas afirman que el ciclo menstrual tiene efectos sobre su entrenamiento y rendimiento. Nose-Ogura (2021) apunta que en la población de atletas de élite femeninas, el 91% menciona que las sensaciones subjetivas han cambiado dependiendo del momento del ciclo menstrual; muchas de las atletas añadieron que las mejores sensaciones coincidían con los días justo posteriores a la menstruación. En lo que respecta a la ciencia publicada en torno al CM, Wiecek (2019) apunta que en la mayoría de los experimentos existen resultados divergentes. Entre las causas de resultados ambiguos se encuentran: uso de intensidades submáximas, división del ciclo menstrual en fases sin especificar los días en los que se realizaron los test o sin analizar las concentraciones de progesterona o estradiol. Por lo que este trabajo buscará proporcionar información a las mujeres deportistas, así como a los entrenadores actuales acerca del entrenamiento y su asimilación durante las diferentes fases del ciclo menstrual basándonos en marcadores de daño muscular.

En la línea de esta investigación, Mallol et al. (2020) apuntan la necesidad de ampliar la ciencia para entender el método HIIT en mujeres debido al mínimo número de estudios en este entrenamiento. La decisión de llevar a cabo un programa de alta intensidad de trabajo (estímulo con alta demanda) se basa en el intento de asimilar el estímulo a la competición. Además, el entrenamiento interválico de alta intensidad ha demostrado beneficios en la capacidad aeróbica y anaeróbica y está relacionado con diversas variables fisiológicas: VO₂max, tiempo

hasta el agotamiento total, velocidad máxima, VT1 y VT2 (umbrales ventilatorios) y salto vertical (Mallol et al., 2020). Por otro lado, correr a alta intensidad puede llevar a altos niveles de daño muscular y fatiga, lo que se evidencia en marcadores de daño muscular e inflamación como la CK, la mioglobina o el lactato (Mallol et al., 2020).

A pesar de que en estudios previos se afirma que el CM no afecta sobre los marcadores indirectos de daño muscular, a excepción de DOMS (con un incremento en la E-FP) (Romero-Parra et al., 2021). Es importante mencionar que los estudios en los marcadores indirectos de daño muscular pueden haber mostrado resultados inconcluyentes debido a la dificultad de verificar las fases del CM o la implementación en diferentes disciplinas deportivas. En lo que a la justificación de este estudio concierne, la novedad se basará en (1) la necesidad de expandir la ciencia deportiva para ampliar la visibilidad y la participación de la mujer, (2) la certificación mediante análisis sanguíneos del ciclo menstrual, (3) la novedad que supone realizar un protocolo de alta intensidad que pueda extrapolarse al esfuerzo de la competición y (4) la medición en atletas con características similares. Por lo tanto, el objetivo de este estudio será determinar si existe influencia de las fluctuaciones hormonales del CM sobre marcadores indirectos de daño muscular en mujeres atletas de medio fondo y fondo. La hipótesis principal será que el daño muscular es menor cuando la concentración de estrógenos es mayor, es decir en la L-FP.

3. Objetivos e hipótesis

3.1 Objetivo principal

Establecer si existe influencia del ciclo menstrual en los valores fisiológicos y en la asimilación del entrenamiento de alta intensidad (HIIT) medido a través de marcadores de daño muscular en atletas de medio fondo y fondo.

3.2 Objetivos secundarios

- Identificar las fases del ciclo menstrual más sensibles al daño muscular después de esfuerzos de alta intensidad (HIIT) en atletas de medio fondo y fondo.

- Establecer la fase del ciclo menstrual donde los valores fisiológicos son óptimos durante esfuerzos de alta intensidad (HIIT) en atletas de medio fondo y fondo.
- Examinar la influencia de los estrógenos en el daño muscular causado por esfuerzos de alta intensidad (HIIT).
- Describir las diferencias obtenidas en los marcadores de daño muscular en función de las fases del ciclo menstrual en un mismo grupo tras un protocolo HIIT en comparación a la no aplicación del protocolo de entrenamiento HIIT.

3.3 Hipótesis principal

Existe influencia del ciclo menstrual en los valores fisiológicos y en la asimilación del entrenamiento de alta intensidad (HIIT) medido a través de marcadores de daño muscular en atletas de medio fondo y fondo. Siendo en la L-FP cuando el daño muscular es menor debido a una mayor concentración de estrógenos.

4. Metodología

4.1 Diseño

El diseño de estudio será un estudio experimental en el que los participantes, serán tanto grupo control como experimental.

El estudio será un Ensayo Clínico Aleatorizado (ECA), de forma aleatoria se estipulará qué sujetos deben comenzar el estudio con el protocolo HIIT (intervención) o formando parte del grupo control.

Será experimental, analítico, longitudinal, de tipo prospectivo y no ciego.

Experimental, pues los investigadores intervienen y valoran el efecto de una intervención. Analítico, ya que se evalúa la relación causa-efecto. Longitudinal, pues se hace un seguimiento en el tiempo. Prospectivo, los datos se empiezan a recoger a partir del comienzo del estudio, es decir, el diseño del estudio es anterior a los hechos a estudiar. El estudio será no ciego, pues los investigadores y los participantes conocerán los grupos a los que pertenecen.

4.2 Muestra y formación de grupos

Según los datos de la estadística de deporte federado del Gobierno de España (Estadística de Deporte Federado, 2021) hay 3.628.200 licencias federadas en el año 2021 de las cuales el 24.6% son de mujeres. Según la RFEA (2021) son 96.051 las licencias totales de atletas en España. Dentro de la población de atletas femeninas, se acotará aquellas federadas con licencia nacional y además, a través de la Federación Madrileña de Atletismo (ya que el estudio se llevará a cabo en Madrid). Se seleccionarán aquellas categorías que incluyeran atletas mayores de 18 años (es decir, a partir de sub20) obteniendo una muestra de 690 atletas. Para reducir la muestra y calcular qué porcentaje de estas atletas estarían dentro de los criterios de “medio fondo y fondo” se ha recurrido al ranking absoluto de Madrid femenino accesible más reciente (2009-2010). De las atletas totales, un 22.18% serán de medio fondo y fondo (pruebas de 800, 1500 y 3000). Si trasladamos este porcentaje a las 690 atletas, se obtendrá una estimación de 153 atletas femeninas fondistas y medio fondistas. Para obtener la muestra final, utilizamos la calculadora de Fisterra (Pita-Fernández, 1996), obteniendo un total de 117 atletas para la muestra (Figura 4, Anexo 1). Se podrá comprobar el proceso a través del diagrama de flujo (Figura 5, Anexo 1).

Siguiendo la metodología de Funaki et al. (2022) se elaboraron los criterios de inclusión y exclusión recogidos a continuación:

Criterios de inclusión:

- Mujeres entre 18 y 40 años con eumenorrea durante al menos 12 meses.
- Ciclo menstrual regular (25-38 días).
- Atletas federadas pertenecientes a la RFEA que realicen entre 6 y 12 horas de entrenamiento semanal.
- Atletas de medio fondo y fondo.

Criterios de exclusión:

- Mujeres que ingieran anticonceptivos o que hayan consumido en los últimos 6 meses antes del estudio.
- Mujeres con enfermedad metabólica u hormonal.
- Mujeres con embarazo en el año anterior.

- Existencia de lesiones musculoesqueléticas o cardiovasculares en los últimos 6 meses anteriores al comienzo del estudio.
- Uso regular de medicación que pueda afectar a los resultados.
- Fumadoras.
- Embarazos en el año anterior.
- Mujeres sometidas a intervenciones quirúrgicas o cualquier otra condición médica que pueda verse perjudicada por el protocolo llevado a cabo.

Una vez reclutadas las atletas, el tipo de muestreo será probabilístico ya que los miembros que formarán parte de un grupo u otro serán elegidos al azar (a través del sistema OxMaR) pudiendo formar parte de cualquier grupo (Figura 6, Anexo 1).

Para la aleatorización se utilizará el sistema OxMaR (Oxford Minimization and Randomization) que es un software gratuito y de código abierto (Guillaumes y O'Callaghan, 2019).

El estudio estará aprobado por el Comité Ético de la Universidad Europea de Madrid. Seguirá los criterios CONSORT (Consolidated Standards Of Reporting Trials) (Cobos-Carbó y Augustovski, 2011). Además, será acorde a los criterios éticos establecidos en la Declaración de Helsinki (World Medical Association, 2013).

4.3. Variables y material de medida

Para responder al objetivo principal y a los secundarios las variables a medir serán:

- Ciclo menstrual: FSH, LH, estradiol 17-Beta, progesterona y testosterona.
- Daño muscular: CK, proteína C-Reactiva, factor necrosis tumoral, interleucina 6 (IL-6) y lactato.
- Protocolo HIIT: sí/no dependiendo de si existe intervención.
- Valores fisiológicos: VAM, RPE, FC y VO₂max.

Las muestras de sangre en daño muscular y fluctuaciones hormonales se obtendrán a través de análisis sanguíneos por venopunción (12.5 mL) directamente en tubos de vacío (BD Diagnostics Systems, NJ, USA) y serán centrifugadas durante 10 minutos a 3000 revoluciones (Biosan LMC-3000, version V.5AD; Biosan, Riga, Latvia) y serán almacenadas a -80°C hasta su posterior análisis.

4.3.1 Variables independientes (VI)

Es la variable que controla el equipo investigador.

VI: HIIT (valorándose sí/no dependiendo de si existe intervención). El protocolo de intervención está basado en protocolos previos en deportistas femeninas y ciclo menstrual (Peinado et al., 2021). Se encuentra definido de forma extendida en el apartado de Procedimiento.

4.3.2 Variables dependientes (VD)

Son las variables que no controla el equipo investigador y que están afectadas directamente por la VI. A partir de estas se realizará el contraste de hipótesis.

VD: daño muscular y valores fisiológicos.

Daño muscular. Es una variable cualitativa. Considerándose la existencia de daño muscular (sí/no) cuando uno de los biomarcadores esté alterado (tomando de referencia los parámetros fisiológicos dentro de la normalidad). La variable estará conformada por distintas variables cuantitativas:

- CK: variable cuantitativa continua. La unidad de medidas será U/L. Los valores de referencia mencionan la normalidad hasta los 80 U/L. No obstante, los atletas suelen tener rangos de CK elevados en comparación con población normal (hasta los 200 U/L se considera normal post-entrenamiento, y es a partir de los 300 U/L cuando es alarmante). Por ello se comparará individualmente los valores pre y post ejercicio.
- Proteína C-Reactiva: variable cuantitativa continua. La unidad de medida será mg/L. Se considera normal si es menor de 10 mg/L.
- Factor necrosis tumoral (TNF): variable cuantitativa continua. La unidad de medida será pg/mL. Se considera normal si oscila entre 1-30 pg/mL.
- Interleucina 6: variable cuantitativa continua. La unidad de medida será pg/mL. Se considera normal si oscila entre 1 y 42 pg/mL.
- Lactato: variable cuantitativa continua. La unidad de medida será mmol/L. En condiciones normales, el valor de referencia para el lactato en sangre es inferior a 2 mmol/L.

La medición de estas variables será en distintos momentos del CM: primera medición en fase folicular temprana, segunda medición en fase folicular tardía y la

última en fase medio lútea. Se medirá pre-ejercicio (máximo una hora antes de comenzar el protocolo en la intervención o el entrenamiento habitual en el control) y post ejercicio (antes del rango de 1h después de acabar).

Valores fisiológicos. Estos valores estarán recogidos dentro de la hoja de registro que se utilizará durante el protocolo HIIT (Figura 7, Anexo 1). Dentro de los valores fisiológicos existirán las siguientes variables a medir:

- VAM (Velocidad Anaeróbica Máxima): es una variable cuantitativa continua y se medirá en km/h con la cinta rodante (h/p/cosmos pulsar, h/p/cosmos Sports and Medical, Nussdorf-Traunstein, Alemania) (Menz et al., 2019).
- RPE: es una variable cualitativa ordinal y medirá el esfuerzo percibido por la atleta. Para ello se utilizará la escala Borg del 0 al 10.
- FC: se trata de una variable cuantitativa discreta. Medido en pulsaciones/minuto. Para su medición se utilizará una cinta torácica (Weave Link, Polar, Kempe, Finlandia) que se colocará en el pecho de la atleta (Menz et al., 2019). Los investigadores podrán visualizar los datos de la FC a través de un dispositivo portátil (Tablet).
- VO₂max: variable cuantitativa continua. Medido en L/min. Para su medición se utilizará una cinta rodante eléctrica (Oxycon Pro, Care Fusion, Germany) (Menz et al., 2019).

4.3.3 Variables intervinientes

Fluctuaciones hormonales: variable cuantitativa continua. Las variables serán medidas con COBAS E411 (Roche Diagnostics GmbH, Mannheim, Germany) usando ECLIA (Electrochemiluminescence-immunoassay). Los reactivos serán calibrados según las políticas actuales. Los valores de referencia aparecen en Anexo 1, estos ayudarán a confirmar la fase del CM del sujeto y evitar sesgos (Figura 8 y Figura 9, Anexo 1).

- FSH: variable cuantitativa continua. Se medirá en mUL/mL.
- LH: variable cuantitativa continua. Se medirá en mUL/mL.
- Estradiol 17-Beta: variable cuantitativa continua. Se medirá en pg/mL.
- Progesterona: variable cuantitativa continua. Se medirá en ng/mL.
- Testosterona: variable cuantitativa continua. Se medirá en ng/dL.

Fases del ciclo menstrual: variable cualitativa nominal. Será auto-medido en cada atleta a través de una aplicación móvil. Esta aplicación móvil “Mi calendario Menstrual Flo” indicará a cada fase del ciclo menstrual.

Edad: variable cuantitativa discreta. Se medirá en escala numérica sin decimales. En este caso se seleccionarán atletas mayores de 18 años y menores de 40 años.

4.4 Procedimiento

Antes de iniciar el estudio, este será aprobado por el comité ético de la Universidad Europea de Madrid.

Colaboración. Se contará con la ayuda de la Real Federación Española de Atletismo (RFEA) así como con la Federación de Atletismo de Madrid (FAM). Teniendo plena disponibilidad de uso tanto de sus equipamientos, instalaciones, recursos y profesionales de los servicios médicos.

Reclutamiento de sujetos y evaluaciones previas. Será nuestra colaboradora la Federación Madrileña de Atletismo la encargada de enviar la información a las atletas vía correo electrónico. El equipo investigador enviará a la FAM una ficha informativa (Figura 10, Anexo 1) donde explicará el proceso del estudio, los criterios de inclusión-exclusión y en el que se adjuntará el consentimiento informado (Figura 11, Anexo 1) el cual tendrán que firmar para participar. El proceso de reclutamiento comenzará en julio, enviándose los correos electrónicos a las atletas nacionales federadas en la Comunidad de Madrid. En este primer contacto vía mail, se buscará reclutar atletas de medio fondo y fondo que cumplan los criterios de inclusión y exclusión. Los posibles sujetos deberán de acudir a una reunión informativa como requisito para participar en el estudio. Se realizará en la pista de atletismo “Joaquín Blume” en Madrid el día 10 de agosto, con la posibilidad de asistir a esta primera reunión de forma online. Formación donde se les enseñará, entre otros aspectos, a verificar cada fase de su ciclo menstrual a partir de una aplicación móvil “Mi calendario Menstrual Flo” tanto en Android como Iphone. A partir de las fichas enviadas vía mail previas a la reunión, el equipo investigador se cerciorará de que las atletas participantes reúnan los criterios de inclusión. No obstante, durante la reunión se recordarán los requisitos para formar parte del estudio. Como beneficio,

las atletas voluntarias obtendrán una prueba de esfuerzo gratuita que deberán realizar 2 semanas antes de comenzar el protocolo (las citas se darán según disponibilidad del equipo y de las atletas). La prueba de esfuerzo reunirá los datos necesarios para la aplicación del protocolo según las condiciones de cada atleta (Figura 7, Anexo 1).

Por otro lado, se informará de los días de las pruebas sanguíneas (tanto en control como intervención). Se les avisará que 24 horas antes de la prueba no podrán realizar ningún tipo de ejercicio exhaustivo (intensidad <60% FC máxima). Los investigadores quedarán a disposición de las atletas para resolver todas las dudas.

Mediciones y justificación. La estipulación de las pruebas en nuestra muestra estará basada en función de la planificación deportiva. La planificación de la temporada se hace coincidir con el calendario federativo de competiciones (García y Landa, 2005). En atletismo de fondo/ medio fondo, existen dos periodos de competición marcados por el calendario de la IAAF y la RFEA: el establecido en la temporada invernal y la de verano. Por lo que los sujetos serán evaluados tanto en la pretemporada invernal, como de forma posterior en la estival. En este sentido, existen diferentes formas de entrenamiento, entre ellos los modelos tradicionales o los contemporáneos como los ATR. Ambos coinciden en la existencia del periodo preparatorio o acumulativo: el más alejado de las competiciones con el objetivo de adquirir una base suficiente y aplicar cargas de desarrollo básico. En esta etapa se trabajan las características que en la siguiente fase serán necesarias para el máximo rendimiento (García y Landa, 2005). Será en este periodo acumulativo en el que se medirá el daño muscular, así como las fluctuaciones hormonales.

Intervención y grupo control. Estudios previos basados en el CM no han llevado a cabo mediciones en grupo control. En el diseño presente, a pesar de existir un grupo control, la estadística se basará en el análisis de datos obtenidos en el grupo intervención. La inclusión de un grupo control tiene como ventajas: evitar sesgos como la condición física, prevenir fallos por desconocimiento del protocolo y una mayor recolección de datos.

Se realizarán mediciones sanguíneas de marcadores indirectos de daño muscular y de fluctuaciones hormonales bien post entrenamiento HIIT (intervención) o bien post entrenamiento habitual (control). La recogida de datos se dará en: Fase Folicular Temprana (E-FP): bajas concentraciones de estrógenos y progesterona; Fase Folicular Tardía (L-FP): concentraciones elevadas de estrógenos y bajas de progesterona y Fase Medio Lútea (M-LP): altas concentraciones de estrógenos y progesterona (Wiecek, 2019).

Los días de evaluación tanto el HIIT como el entrenamiento habitual se llevarán a cabo en las instalaciones de la pista de atletismo Centro de Alto Rendimiento de Madrid (CAR). El procedimiento se realizará en dos fases: pretemporada invernal (septiembre y octubre) y pretemporada estival (marzo-abril).

Las atletas que cumplan los criterios de inclusión y exclusión serán divididas en dos grupos de manera aleatoria:

- Grupo A (n=59):
 - o Grupo intervención en septiembre y en abril: realizarán el protocolo HIIT y a continuación la recogida de datos en las fases E-FP, L-FP, M-LP.
 - o Grupo control en octubre y marzo: recogida de datos post-entrenamiento habitual en las fases E-FP, L-FP, M-LP
- Grupo B (n=58):
 - o Grupo control en septiembre y abril: realizándose la recogida de datos después de su entrenamiento habitual en las fases E-FP, L-FP, M-LP.
 - o Grupo intervención en octubre y marzo: se volverán a evaluar los datos post-intervención (protocolo HIIT) en las fases E-FP, L-FP, M-LP.

En este periodo previo a la temporada, tanto el grupo control como el grupo intervención basará su programación en cargas regulares, las cuales se aplican con mayor o menor incidencia durante toda la temporada en periodos largos. Durante este periodo preparatorio, el rendimiento aumenta de forma lineal, suave e ininterrumpida. El grupo experimental, será intervenido con cargas acentuadas: se aplican en tiempos más cortos y la excesiva duración de estas podría provocar un agotamiento de las reservas de adaptación (García y Landa, 2005).

Control del ciclo menstrual. Debido a la facilidad y disponibilidad de recursos se usará el cálculo basado en el calendario a través de una aplicación móvil. Cada atleta (grupo control y grupo experimental) llevará el control de su ciclo menstrual a través de una aplicación “Flo mi Calendario Menstrual”. Esta aplicación indicará en qué fase del ciclo menstrual se encuentra la atleta. Tendrán que acudir, entre el día 1-4 de cada momento marcado: E-FP, L-FP, M-LP. Es decir, en el día 1-4 del ciclo, en el día 8-11 del ciclo y en los días 21-24 del ciclo (tomando de referencia un ciclo de 28 días, los días estarán sujetos a modificación dependiendo de la variabilidad individual). Asimismo, el equipo investigador marcará unas fechas aproximadas en el calendario y recordará vía mensajería instantánea o llamada telefónica los días que acudir. Una vez que la atleta acuda a las instalaciones deportivas para realizar el estudio, el equipo se asegurará mediante análisis sanguíneos que las concentraciones de hormonas coinciden con la fase del CM.

Pruebas sanguíneas. Es importante mencionar que estas pruebas serán realizadas antes de empezar y, al terminar el entrenamiento. Siguiendo las líneas de (Peinado et al., 2021) las mediciones se realizarán antes de 1h post ejercicio tanto en el grupo control como en el experimental. Las pruebas sanguíneas que analizarán las fluctuaciones hormonales, así como el daño muscular serán realizadas por los enfermeros contratados por el CAR. Las analíticas se realizarán en horario de mañana de 9:00h a 14:00h o en turno de tarde de 16:00h a 21:00h.

Los marcadores de daño muscular analizados serán: Creatin Kinasa (CK), proteína C-Reactiva (CRP), factor de necrosis tumoral (TNF-alpha), interleucinas (IL) y lactato (Funaki et al., 2022; Simmons et al., 2021).

La fluctuación hormonal se medirá en el análisis bioquímico de hormonas como la FSH (hormona folículo estimulante), la LH (hormona luteinizante), progesterona, estrógenos, estradiol y testosterona que además de formar parte del objetivo de estudio, ayudarán a comprobar la fase del ciclo en la que se encuentra la deportista (Figura 8 y Figura 9, Anexo 1). Estos marcadores biológicos proporcionan una buena estimación del día de la ovulación y de las fases folicular, fértil y lútea del ciclo menstrual (Fehring et al., 2006).

Protocolo HIIT en cinta (Figura 12, Anexo 1). Pasos a seguir para la correcta realización del test:

1. Explicación del test al deportista:

- Estimación de la velocidad: se pautará en función del test de VO₂máx.
- Medición de las pulsaciones: se utilizarán pulsómetros de banda para colocarlo en el pecho del deportista.
- RPE: se le explicará al deportista la escala a utilizar (1-10). Cada final de tramo del HIIT se le preguntará y se anotará en la tabla (Figura 13, Anexo 1).
- El protocolo consistirá en 8 bloques de 2 minutos al 80-90% del consumo de oxígeno máximo (VO₂max), lo que será similar al rango entre 89 y 98% de la frecuencia cardíaca máxima (FCmax) o 8-9/10 RPE. El descanso consistirá 60 segundos al 30-40% del VO₂max o 56-63% de la FCmáx o 5-6/10 RPE (Peinado et al., 2021; Swaim et al., 1998; ACSM, 1998).

2. Verificar que el sujeto evaluado tenga experiencia sobre un tapiz rodante.

3. Pre-realización de una hoja de registro/ soporte informático en la que se podrá anotar los resultados obtenidos. Se registrarán los siguientes datos: velocidad en km/h (desde 8-24 km/h), RPE (1-10), FC (pulsaciones/minuto) y VO₂max (L/min).

4.5 Análisis de datos

Basado en el estudio de (Peinado et al., 2021) se analizará el daño muscular y las fluctuaciones del ciclo menstrual antes y después de realizar el protocolo o en su defecto, el entrenamiento habitual.

Las variables que se han incorporado en este estudio se distinguen entre cualitativas (escalas de medida nominales u ordinales) y cuantitativas (escalas de medida de intervalo y de razón). Los parámetros estadísticos utilizados serán los de tendencia central (media, mediana y moda) o las medidas de posición (cuartiles y percentiles). Se realizarán análisis de frecuencias para las variables cualitativas mediante gráficos de barras cuyo nivel de alcance será de tipo descriptivo.

Se aplicará la prueba ANOVA para el análisis de la varianza de un factor con distribución normal. Previamente se contrastará la normalidad de las varianzas dependientes de los análisis por medio de la prueba de Kolmogórov-Smirnov. En el

caso de que no se ajusten las variables dependientes del procedimiento de contraste de hipótesis para la media, se aplicará en este caso una prueba de prueba de Kruskal-Wallis (prueba no paramétrica alternativa) (Pérez López, 2005).

Las variables dependientes (valores fisiológicos y daño muscular) estarán afectadas directamente por la variable independiente (protocolo HIIT). Para comprobar el objetivo principal se realizará el cálculo de correlaciones entre variables CM y daño muscular a través del chi-cuadrado. Para evaluar las diferencias entre grupos en una misma variable, en este caso el daño muscular en función de CM, se realizará una prueba T-Test para variables independientes con distribución normal o prueba de U de Mann-Whitney para resultados no normales.

El tratamiento estadístico se realizará mediante el programa informático SPSS de Workspace para Windows (IBM Corp., Armonk, NY). Se tomará como intervalo de confianza un 95%, admitiendo que el valor α es 0.5. Se admitirán los niveles de significación $p < 0.05$ como resultados significativos y $p > 0.05$ como no significativos.

5. Equipo investigador

El estudio contará con el siguiente equipo multidisciplinar: (Figura 14, Anexo 1).

- Investigador principal graduado en ciencias de la actividad física y el deporte (CAFYD): llevará el control del estudio. Sus funciones serán: búsqueda científica, diseño de estudio, búsqueda de ayudas económicas, contacto con la federación, formación de la muestra, reuniones y elaboración del protocolo.
- Co-investigadora graduada en CAFYD: ayudará al investigador principal y elaborará los informes.
- Entrenadores graduados en CAFYD (2 personas) con título de entrenador de atletismo: encargados de controlar los protocolos de las atletas y tomarán nota de los resultados.
- Enfermeros (2 personas): encargados de realizar los análisis de sangre.
- Médicos (2 personas): supervisarán a los enfermeros y se encargarán de acudir a los protocolos por si ocurriese algún problema médico.
- Bioquímico: analizará las muestras sanguíneas.
- Estadístico: el encargado de analizar los resultados obtenidos en los análisis.

6. Viabilidad y limitaciones del estudio

6.1. Viabilidad del estudio

En base a lo económico el aquí presente es un proyecto de coste medio-alto pues se necesitarán varios profesionales de distintos ámbitos, pero la mayoría serán contratados por las federaciones colaboradoras. En este caso se dispondrá del equipo médico y de enfermeros del CAR. También se cuenta con las máquinas/material e instalaciones del CAR. Se optará a las ayudas económicas:

- Becas Santander Investigación/ ayudas investigadores tempranos (12.000 €)
- Ayuda del Consejo Europeo de Investigación el cual concede 300.000 € a investigadores de centros españoles.
- Becas Mapfre, ayudas a la investigación (30.000 €)

El uso de las instalaciones del CAR de Madrid facilitará el control de cada atleta el día de las pruebas. Además, se dispondrá de una aplicación totalmente gratuita la cual controlará el ciclo menstrual de cada atleta disminuyendo costes.

6.2. Limitaciones del estudio

El estudio cuenta con varias limitaciones:

- Se dispone de los datos exactos de atletas nacionales federadas en Madrid, pero no del número exacto de las que realizan pruebas de medio fondo y fondo. Se ha estimado una cifra que puede dar lugar a una muestra no real.
- Las atletas deben de comprometerse a controlar su ciclo y acudir al CAR a realizar las pruebas en las fechas indicadas.
- No se podrán controlar factores externos como el descanso de la atleta, la alimentación, enfermedades, etc. y esto puede influir en los resultados.
- Al realizarse el estudio en dos fases, se corre el riesgo del abandono por parte de las atletas.
- No se podrán controlar el entrenamiento del grupo control. Este, al ser pautado por los entrenadores de cada atleta, puede variar de manera excesiva entre sujetos.
- Las pruebas de esfuerzo, protocolos y mediciones requerirán un amplio esfuerzo de tiempo y recursos humanos por parte de los investigadores.

7. Referencias.

- Ansdell, P., Brownstein, C. G., Škarabot, J., Hicks, K. M., Howatson, G., Thomas, K., Hunter, S. K., y Goodall, S. (2019). Sex differences in fatigability and recovery relative to the intensity–duration relationship. *Journal of Physiology*, 597(23), 5577–5595. <https://doi.org/10.1113/JP278699>
- Brown, N., Knight, C. J., y Forrest, L. J. (2020). Elite female athletes' experiences and perceptions of the menstrual cycle on training and sport performance. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 31(1), 52-69. <https://doi.org/10.1111/sms.13818>
- Bucher Sandbakk, S., Tønnessen, E., Haugen, T., y Sandbakk, Ø. (2022). Training and Coaching of Female vs. Male Endurance Athletes on their Road to Gold. Perceptions among Successful Elite Athlete Coaches. *Deutsche Zeitschrift Fur Sportmedizin*, 73(7), 251–258. <https://doi.org/10.5960/dzsm.2022.549>
- Cobos-Carbó, A., y Augustovski, F. (2011). Declaración CONSORT 2010: actualización de la lista de comprobación para informar ensayos clínicos aleatorizados de grupos paralelos. *Medicina Clinica*, 137(5), 213–215. <https://doi.org/10.1016/j.medcli.2010.09.034>
- Cook, C. J., Fourie, P., y Crewther, B. T. (2021). Menstrual variation in the acute testosterone and cortisol response to laboratory stressors correlate with baseline testosterone fluctuations at a within- and between-person level. *Stress*, 24(4), 458–467. <https://doi.org/10.1080/10253890.2020.1860937>
- Cowley, E. S., Olenick, A. A., McNulty, K. L., y Ross, E. Z. (2021). “Invisible Sportswomen”: The Sex Data Gap in Sport and Exercise Science Research. *Women in Sport and Physical Activity Journal*, 29(2), 146–151. <https://doi.org/10.1123/WSPAJ.2021-0028>
- de Jonge, X. J., Thompson, B., y Han, A. (2019). Methodological Recommendations for Menstrual Cycle Research in Sports and Exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 51(12), 2610–2617. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002073>

- Enns, D. L., y Tiidus, P. M. (2010). The Influence of Estrogen on Skeletal Muscle Sex Matters. *Sports Med*, 40(1), 41-58. [https://doi: 10.2165/11319760-000000000-00000](https://doi.org/10.2165/11319760-000000000-00000).
- Fehring, R. J., Schneider, M., y Raviele, K. (2006). Variability in the phases of the menstrual cycle. *JOGNN - Journal of Obstetric, Gynecologic, and Neonatal Nursing*, 35(3), 376–384. <https://doi.org/10.1111/j.1552-6909.2006.00051.x>
- Funaki, A., Gam, H., Matsuda, T., Ishikawa, A., Yamada, M., Ikegami, N., Nishikawa, Y., y Sakamaki-Sunaga, M. (2022). Influence of Menstrual Cycle on Leukocyte Response Following Exercise-Induced Muscle Damage. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(15). <https://doi.org/10.3390/ijerph19159201>
- Guillaumes, S., y O’Callaghan, C. A. (2019). Spanish adaptation of the free OxMaR software for minimization and randomization of clinical studies. *Gaceta Sanitaria*, 33(4), 395–397. <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2018.07.013>
- Hunter, S. K. (2009). Sex differences and mechanisms of task-specific muscle fatigue. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 37(3), 113-122. <https://doi.org/10.1097/JES.0b013e3181aa63e2>
- Balsalobre-Fernández, C. y Jiménez-Reyes, P. (2014). *Entrenamiento de fuerza. Nuevas perspectivas metodológicas*. [http://www.carlos-balsalobre.com/Entrenamiento_de_Fuerza_Balsalobre y Jimenez.pdf](http://www.carlos-balsalobre.com/Entrenamiento_de_Fuerza_Balsalobre_y_Jimenez.pdf)
- Kellmann, M., Bertollo, M., Bosquet, L., Brink, M., Coutts, A. J., Duffield, R., Erlacher, D., Halson, S. L., Hecksteden, A., Heidari, J., Wolfgang Kallus, K., Meeusen, R., Mujika, I., Robazza, C., Skorski, S., Venter, R., y Beckmann, J. (2018). Recovery and performance in sport: Consensus statement. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(2), 240–245. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0759>
- de Soysa, L., y Zipp, S. (2019). Gender equality, sport and the United Nation’s system. A historical overview of the slow pace of progress. *Sport in Society*, 22(11), 1783–1800. <https://doi.org/10.1080/17430437.2019.1651018>
- Mallol, M., Norton, L., Bentley, D. J., Mejuto, G., Norton, K., y Yanci, J. (2020). Physiological Response Differences between Run and Cycle High

- Intensity Interval Training Program in Recreational Middle Age Female Runners. *Journal of Sports Science and Medicine*, 19(3), 508-516. <http://www.jssm.org>
- Martin, D., Timmins, K., Cowie, C., Alty, J., Mehta, R., Tang, A., y Varley, I. (2021). Injury Incidence Across the Menstrual Cycle in International Footballers. *Frontiers in Sports and Active Living*, 3. <https://doi.org/10.3389/fspor.2021.616999>
- Meignié, A., Duclos, M., Carling, C., Orhant, E., Provost, P., Toussaint, J. F., y Antero, J. (2021). The Effects of Menstrual Cycle Phase on Elite Athlete Performance: A Critical and Systematic Review. *Frontiers in Physiology*, 12, Article 654585. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.654585>
- Menz, V., Marterer, N., Amin, S. B., Faulhaber, M., Hansen, A. B., y Lawley, J. S. (2019). Running Low-Volume High-Intensity Interval Training: Effects on VO₂ max and Muscular Endurance. *Journal of Sports Science and Medicine*, 18(3), 497-504. <http://www.jssm.org>
- Minahan, C., Joyce, S., Bulmer, A. C., Cronin, N., y Sabapathy, S. (2015). The influence of estradiol on muscle damage and leg strength after intense eccentric exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 115(7), 1493–1500. <https://doi.org/10.1007/s00421-015-3133-9>
- Nose-Ogura, S. (2021). Advancement in female sports medicine and preventive medicine. *Journal of Obstetrics and Gynaecology Research*, 47(2), 476–485. <https://doi.org/10.1111/jog.14523>
- Pallarés, J. G., y Morán-Navarro, R. (2012). Propuesta metodológica para el entrenamiento de la resistencia cardiorrespiratoria. *Journal of Sport and Health Research*, 4(2), 119–136. http://journalshr.com/papers/Vol%204_N%202/V04_2_3.pdf
- Peinado, A. B., Alfaro-Magallanes, V. M., Romero-Parra, N., Barba-Moreno, L., Rael, B., Maestre-Cascales, C., Rojo-Tirado, M. A., Castro, E. A., Benito, P. J., Ortega-Santos, C. P., Santiago, E., Butragueño, J., García-De-Alcaraz, A., Rojo, J. J., Calderón, F. J., García-Bataller, A., y Cupeiro, R. (2021). Methodological approach of the iron and muscular damage: Female metabolism and menstrual cycle during exercise project (IronFEMME study). *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(2), 1-22. <https://doi.org/10.3390/ijerph18020735>

- Pérez López, C. (2005). Métodos estadísticos avanzados con SPSS. Madrid. España. Thomson
- Real Federación Española de atletismo. (12 de octubre 2022). Recuperado de: <https://www.rfea.es>.
- Pita-Fernández, S. (1996). Determinación del tamaño muestral. *Cuadernos de atención primaria*, 3(3), 138-141. <https://www.fisterra.com/formación/metodología-investigacion/determinación-tamaño-muestral/#sec4>
- Romero-Parra, N., Alfaro-Magallanes, V. M., Rael, B., Cupeiro, R., Rojo-Tirado, M. A., Benito, P. J., y Peinado, A. B. (2021). Indirect markers of muscle damage throughout the menstrual cycle. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 16(2), 190–198. <https://doi.org/10.1123/IJSPP.2019-0727>
- Romero-parra, N., Barba-moreno, L., Rael, B., Alfaro-magallanes, V. M., Cupeiro, R., Díaz, Á. E., Calderón, F. J., y Peinado, A. B. (2020). Influence of the menstrual cycle on blood markers of muscle damage and inflammation following eccentric exercise. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(5). <https://doi.org/10.3390/ijerph17051618>
- Romero-Parra, N., Cupeiro, R., Alfaro-Magallanes, V. M., Rael, B., Rubio-Arias, J. A., Peinado, A. B., y Benito, P. J. (2020). Exercise-Induced Muscle Damage During the Menstrual Cycle: A Systematic Review and Meta-Analysis. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(2), 549-561. www.nscs.com
- Simmons, R., Doma, K., Sinclair, W., Connor, J., y Leicht, A. (2021). Acute Effects of Training Loads on Muscle Damage Markers and Performance in Semi-elite and Elite Athletes: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Medicine*, 51(10), 2181–2207. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01486-x>
- Sung, E., Han, A., Hinrichs, T., Vorgerd, M., Manchado, C., y Platen, P. (2014). Effects of follicular versus luteal phase-based strength training in young women. *Springer Plus*, 3(1), 1-10. <https://doi.org/10.1186/2193-1801-3-668>

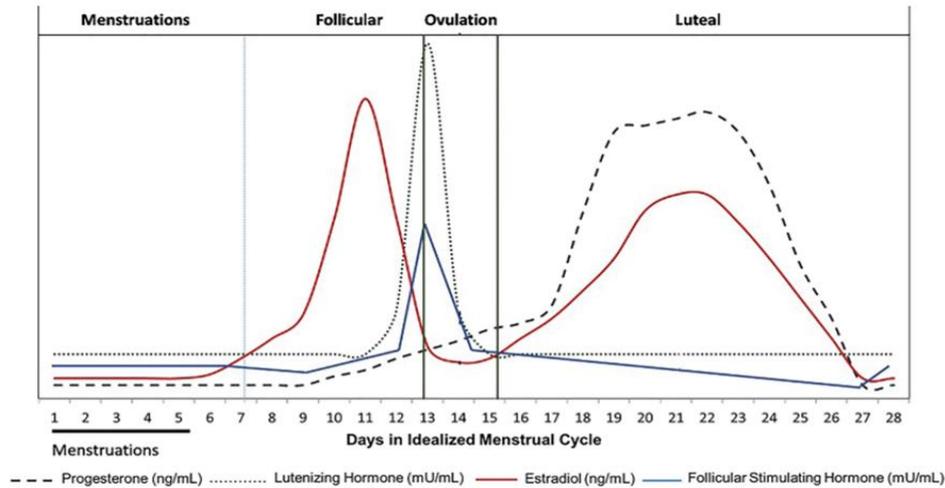
- Thompson, B., Almarjawi, A., Sculley, D., y Janse de Jonge, X. (2020). The Effect of the Menstrual Cycle and Oral Contraceptives on Acute Responses and Chronic Adaptations to Resistance Training: A Systematic Review of the Literature. *Sports Medicine*, 50(1), 171-185. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01219-1>
- Tiidus, P. M. (2003). Influence of Estrogen on Skeletal Muscle Damage, Inflammation, and Repair. *Exercise and sport sciences reviews*, 31(1), 40-44. www.acsm-essr.org
- Vrublevskiy, E., Skrypko, A., y Asienkiewicz, R. (2020). Individualization of selection and training of female athletes in speed-power athletics from the perspective of gender identity. *Physical Education of Students*, 24(4), 227–234. <https://doi.org/10.15561/20755279.2020.0405>
- Wiecek, M. (2019). Menstrual Cycle and Physical Effort. *Menstrual Cycle Intech Open*. 67-96 <https://doi.org/10.5772/intechopen.79675>
- World Medical Association. (2013). World Medical Association Declaration of Helsinki: ethical principles for medical research involving human subjects. *Journal of the American Medical Association*. 310(20), 2191-2194. <https://doi.org/10.1001/jama.2013.281053>

8. Anexos

Anexo 1. Figuras.

Figura 1.

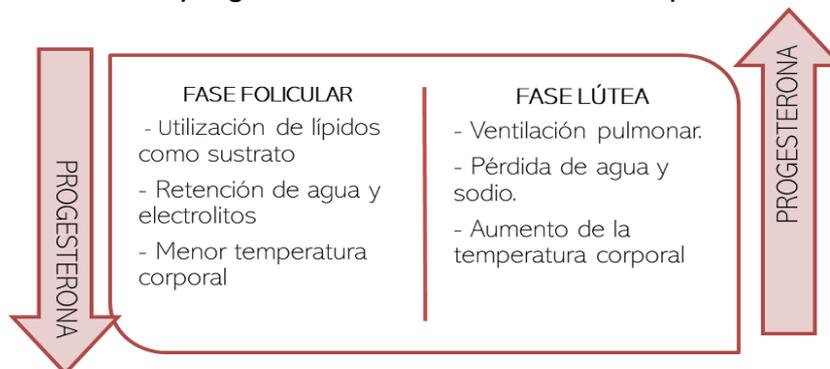
Fluctuación hormonas sexuales en función de la fase del ciclo.



Nota. Representación gráfica de los niveles hormonales según las cuatro fases del ciclo menstrual (menstruación, folicular, ovulación y lútea). Cambios en las concentraciones de hormonas sexuales (progesterona, hormona luteinizante, estradiol y hormona foliculoestimulante). De “The Effects of Menstrual Cycle Phase on Elite Athlete Performance: A Critical and Systematic Review”, por A. Meignié, M. Duclos, C. Carling, E. Orhant, P. Provost, J. F. Toussaint y J. Antero, 2021. *Frontiers in Physiology*, 12, Article 654585. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.654585>

Figura 2.

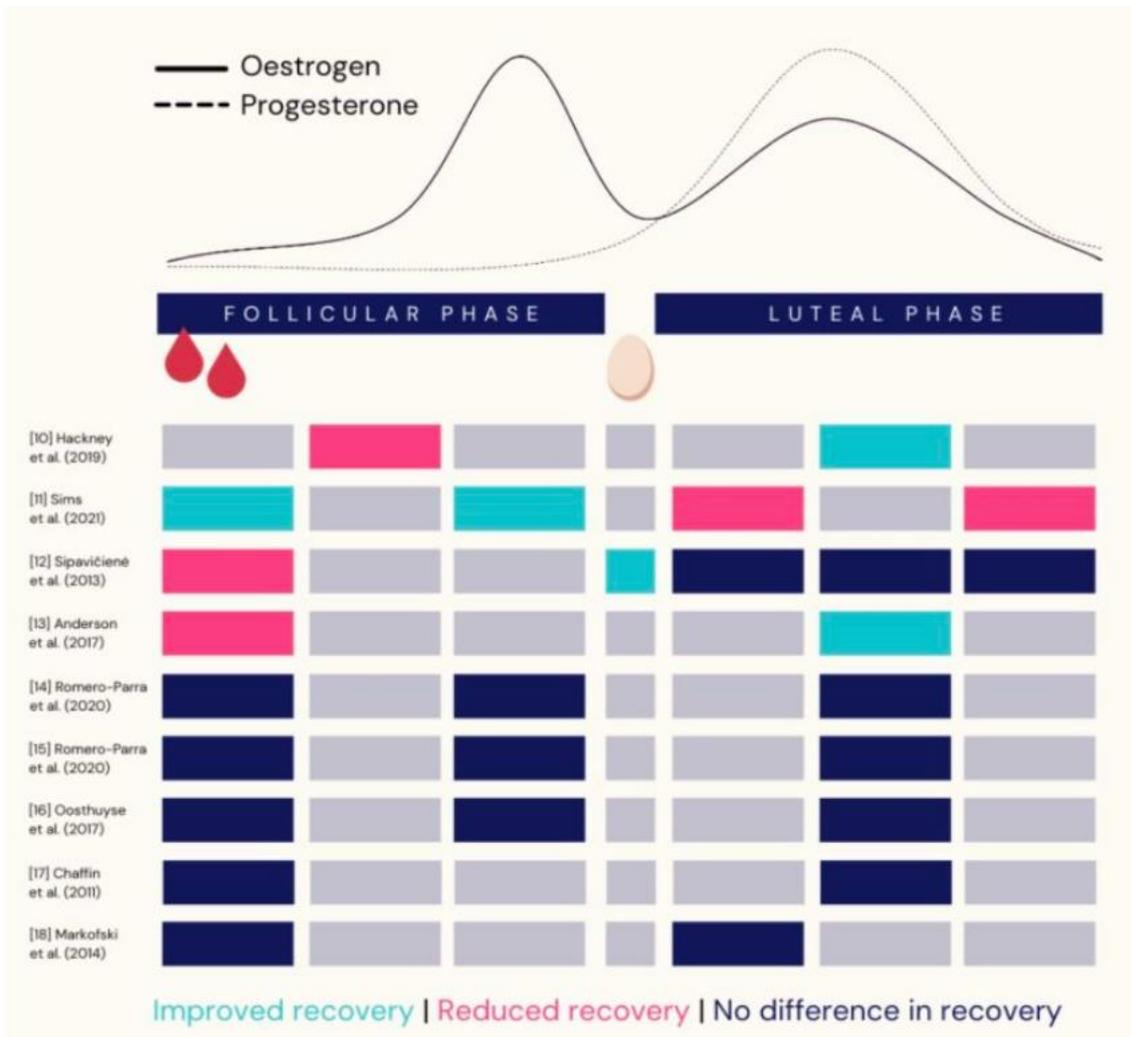
Efectos de la progesterona en el rendimiento deportivo.



Nota. Cuadro resumen de los efectos de la progesterona en el rendimiento deportivo. Aumento de la progesterona en fase lútea y disminución en fase folicular. Elaboración propia.

Figura 3.

Controversia de autores acerca de la fase del CM más adecuada para la recuperación muscular.



Nota. Representación donde se observa la controversia entre autores. Según la fase del ciclo menstrual (folicular y lútea) basándose en los niveles de progesterona y estrógenos unos autores refieren que la recuperación muscular mejora, otros que reduce y otros que no hay diferencia de recuperación. De “The Food Medic” por K. McNulty, 2022. <https://thefoodmedic.co.uk/2022/01/muscle-damage-recovery-and-the-menstrual-cycle/>

Figura 4.

Calculadora Fisterra de la población.

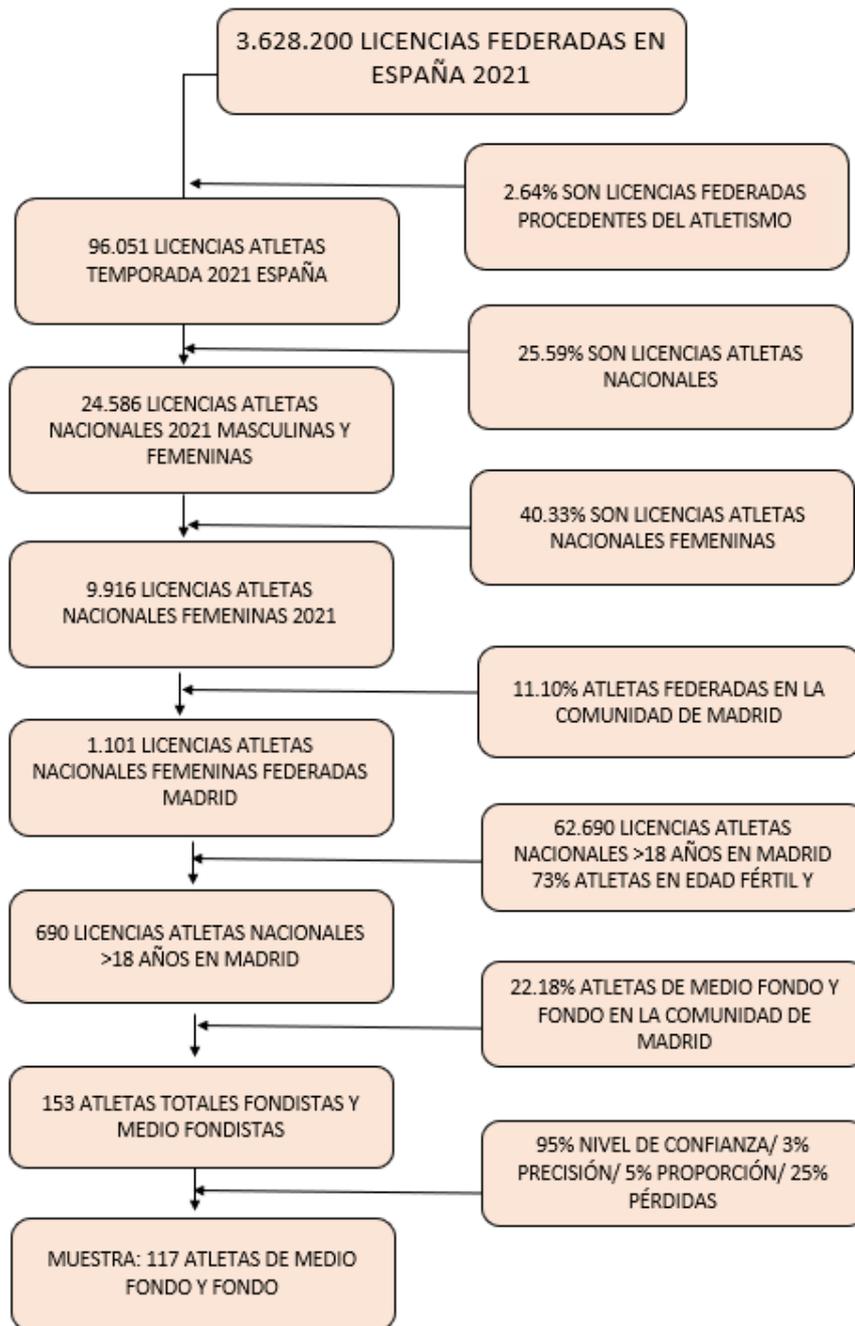
| | |
|--|------------|
| Total de la población (N) <small>(Si la población es infinita, dejar la casilla en blanco)</small> | 153 |
| Nivel de confianza o seguridad (1- α) | 95% |
| Precisión (d) | 3% |
| Proporción (valor aproximado del parámetro que queremos medir) <small>(Si no tenemos dicha información p=0.5 que maximiza el tamaño muestral)</small> | 5% |
| TAMAÑO MUESTRAL (n) | 87 |
| EL TAMAÑO MUESTRAL AJUSTADO A PÉRDIDAS | |
| Proporción esperada de pérdidas (R) | 25% |
| MUESTRA AJUSTADA A LAS PÉRDIDAS | 117 |

*Beatriz López Calviño
 Salvador Pita Fernández
 Sonia Pértega Díaz
 Teresa Seoane Pillado
 Unidad de epidemiología clínica y bioestadística
 Complejo Hospitalario Universitario A Coruña*

Nota. Calculadora Excell Fisterra para calcular la muestra total. Se aplica el 95% en nivel de confianza, el 5% en proporción, el 3% en precisión y 25% de proporción de pérdida, obteniendo un total de 117 atletas para la muestra. De “Determinación del tamaño muestral.” por S. Pita-Fernández 1996. *Cuadernos de atención primaria* 3(3), 138-141. <https://www.fisterra.com/formacion/metodologia-investigacion/determinacion-tamano-muestral/#sec4>

Figura 5.

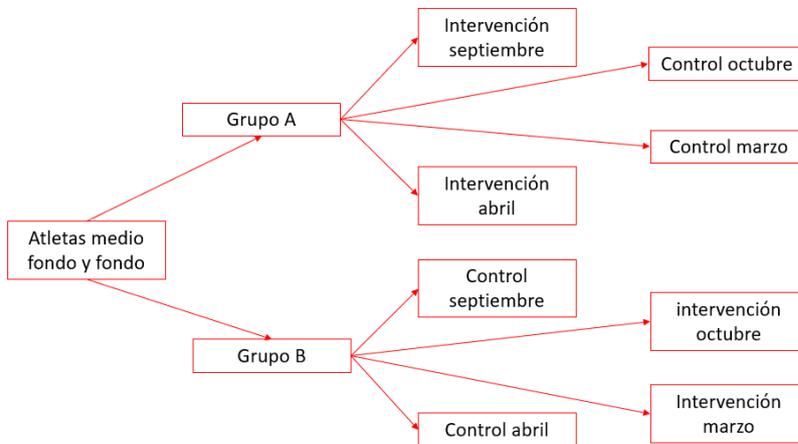
Diagrama de flujo.



Nota. Diagrama donde se observan los pasos a seguir para la formación de la muestra del estudio. Elaboración propia.

Figura 6.

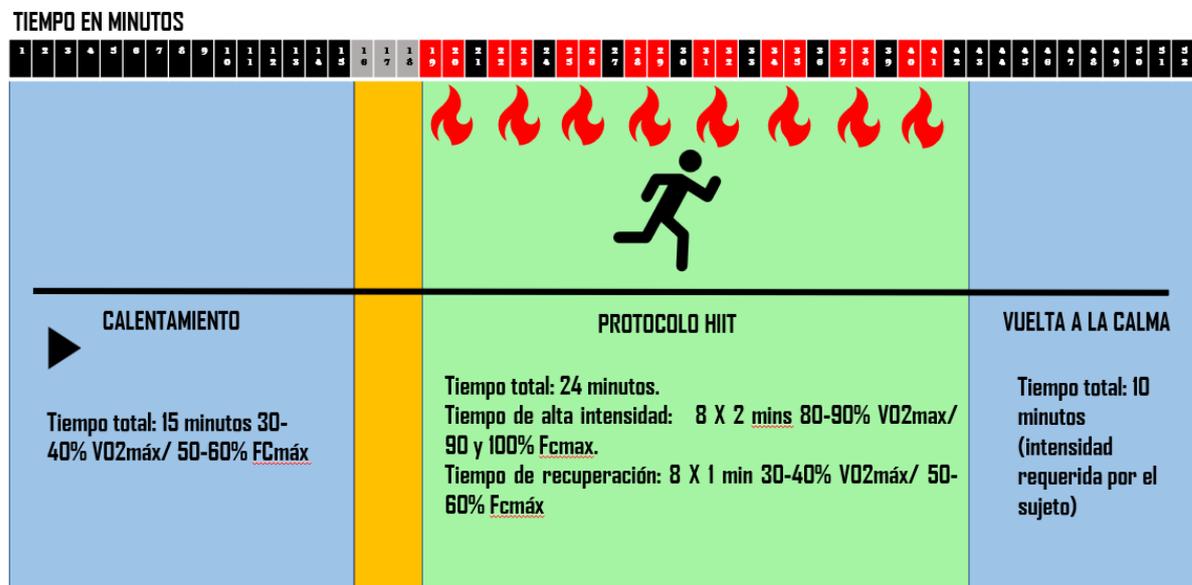
Esquema visual de la formación de grupos.



Nota. Representación gráfica de la formación grupos y de la función de cada uno según el mes indicado. Elaboración propia.

Figura 7.

Resumen del protocolo descrito.



DESCANSO: 3 minutos estático.

Nota. Protocolo HIIT donde se observa un calentamiento de 15 minutos al 30-40% VO2máx/ 50-60% Fcmáx. Una parte principal (protocolo HIIT) después de un descanso de 3 minutos, de un tiempo total de 24 minutos donde se realizará un tiempo de 8x12 minutos al 80-90% VO2máx/ 90-100% Fcmáx y un tiempo de recuperación de 8x1 minuto al 30-40% VO2máx/ 50-60% Fcmáx. Por último vuelta a la calma 10 minutos. Elaboración propia.

Anexo 2. Tablas.

Tabla 1.

Estudio hormonal en FSH y LH y valores de referencia.

ESTUDIO HORMONAL

| Prueba | Resultado | Unidades | Valores de referencia |
|-----------------------------------|-----------|----------|---|
| FSH (hormona foliculoestimulante) | 1.58 | mUI/ml | (1.98 - 11.6) Folicular (5.14 - 23.4) Ovulacion (1.38 - 9.58) Luteinica (21.5 - 131) Postmenopausia |
| LH (hormona luteinizante) | 1.74 | mUI/ml | (2.58 - 12.1) Folicular (27.3 - 96.9) Ovulacion (0.83 - 15.5) Luteinica (13.1 - 86.5) Postmenopausia |

Nota. Valores de referencia de las hormonas FSH y LH según la fase del ciclo menstrual. De “Estudio hormonal” por Adeslas Seguros Salud, 2021.

Tabla 2.

Estudio hormonal en FSH, prolactina, estradiol, progesterona y testosterona y valores de referencia.

ESTUDIO HORMONAL

| Prueba | Resultado | Unidades | Valores de referencia |
|-----------------------------------|-----------|----------|---|
| FSH (hormona foliculoestimulante) | 6.92 | mUI/ml | (1.98 - 11.6) Folicular (5.14 - 23.4) Ovulacion (1.38 - 9.58) Luteinica (21.5 - 131) Postmenopausia |
| Prolactina | 20.0 | ng/ml | (1.20 - 29.93) |
| Estradiol 17-Beta | 33.58 | pg/mL | (26.3 - 162.6) Folicular (188.2 - 385.7) Ovulacion (32.9 - 202.7) Luteinica (5.4 - 38.4) Postmenopausia |
| Progesterona | 2.32 | ng/mL | (0.12 - 2.01) Folicular (0.4 - 4.45) Ovulación (5.2 - 22.6) Mitad fase lutea (1.42 - 16.6) Luteinica (8.4 - 40.1) Embarazo 1º trimestre (9.6 - 62.1) Embarazo 2º trimestre (24.4 - 333) Embarazo 3º trimestre (0 - 2) Postmenopausia y prepuberal. |
| Testosterona | 47.6 | ng/dl | (8.4 - 48.1) (2.9 - 40.8) Postmenopausia |

Nota. Valores de referencia de las hormonas FSH, prolactina, estradiol, progesterona y testosterona según la fase del ciclo menstrual. De “Estudio hormonal” por Adeslas Seguros Salud, 2021.

Tabla 3.

Escala Borg RPE.

| ESCALA BORG | |
|-------------------------------|-------------------------------|
| SENSACIÓN SUBJETIVA EN NÚMERO | SENSACIÓN SUBJETIVA EXPLICADA |
| 1 | Muy muy ligero |
| 2 | Muy ligero |
| 3 | Ligero |
| 4 | Algo pesado |
| 5 | Pesado |
| 6 | Más pesado |
| 7 | Muy pesado |
| 8 | Muy muy pesado |
| 9 | Máximo |
| 10 | Extremo |

Nota. Figura explicativa de la sensación subjetiva numérica y explicada de manera escrita. Elaboración propia.

Tabla 4.

Organigrama de reparto de tareas.

| Tareas | Responsable | M | M | M | M | M | M | M | M | M | M | M | M | M | M | M1 | |
|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|--|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 5 | |
| Búsqueda científica | Investigador principal y coinvestigador | x | x | x | | | | | | | | | | | | | |
| Diseño del estudio | Investigador principal y coinvestigador | x | x | x | | | | | | | | | | | | | |
| Buscar ayudas económicas | Investigador principal y coinvestigador | x | x | | | | | | | | | | | | | | |
| Elaboración de informes | Coinvestigador | x | | | | | | | | | | | | | | | |
| Contactar con las federaciones | Investigador principal | | x | x | | | | | | | | | | | | | |
| Formación de grupos | Investigador principal | | | | x | | | | | | | | | | | | |
| Realizar conferencia | Investigador principal y coinvestigador | | | | x | | | | | | | | | | | | |
| Elaboración protocolo | Investigador principal y coinvestigador | x | x | | | | | | | | | | | | | | |
| Llevar a cabo el protocolo (vigilancia) | Entrenadores | | | | x | x | | | | x | x | | | | | | |
| Acudir a los protocolos por si ocurriese algún problema médico | Médico | | | | x | x | | | | x | x | | | | | | |
| Mediciones | Entrenadores | | | | x | x | | | | x | x | | | | | | |
| Análíticas de sangre | Enfermeros | | | | x | x | | | | x | x | | | | | | |
| Análisis de resultados de sangre | Bioquímico | | | | | | | x | | | | | x | | | | |
| Análisis de datos | Estadístico | | | | | | x | x | x | | | | | x | x | x | |

Nota. Hoja de registro donde se puede observar la tarea que debe de realizar cada profesional. Elaboración propia.

Anexo 3. Protocolo de esfuerzo y hoja de registro.

PRUEBA DE ESFUERZO (PE): PROTOCOLO VAM EN TAPIZ RODANTE CON ANALIZADOR DE GASES.

CONSIDERACIONES PREVIAS: Los esfuerzos que los deportistas realizan en algunos entrenamientos y en la mayor parte de las competiciones son máximos, por lo que las PE en deportistas, especialmente si son de alto nivel, deben ser máximas (Marqueta et al., 2016).

- El deportista debe finalizar la prueba cuando considere que ha alcanzado su máximo esfuerzo y no pueda proseguir. La forma de finalización será que el propio deportista pueda agarrarse de las barras laterales del tapiz, y apoyarse con los pies en las bandas laterales de la cinta.
- A partir de este momento, realizará una recuperación caminando a 4-5 km/h.
- Las pruebas en tapiz se realizan en deportistas con una pendiente fija del 1%.
- El protocolo utilizado para valorar a deportistas de alto nivel consiste en incrementos de velocidad del tapiz rodante de 0,25 km/h cada 15 segundos. Aunque en la hoja de valoración se anotarán los datos cada km/h en tramos de 1 minuto (para facilitar el proceso de recogida de datos y aumentar la velocidad progresivamente).

ESTABLECIMIENTO DE VARIABLES FISIOLÓGICAS:

VO₂max (ml/kg/min) = $v \cdot 0,20 + 3,5 \rightarrow 66,83$ ml/kg/min. Estimación del VO₂max donde v= velocidad en metros minutos (ACSM, 2000).

RPE (1-10): percepción subjetiva del esfuerzo. Se le explicará al deportista la escala a utilizar (1-10), siendo 1 estado de reposo y 10 un esfuerzo máximo.

FC_{máx}: se considerará la máxima alcanzada durante la prueba de esfuerzo en caso de que el protocolo se realice de forma exitosa. En caso contrario, podremos tomar la FC_{máx} de referencia a través de la fórmula Tanaka ($208 - 0,73 \cdot \text{edad}$).

VAM (km/h): La velocidad Aeróbica máxima es la velocidad de carrera alcanzada por un corredor cuando su consumo de oxígeno es máximo (VO₂MAX). Se considerará la VAM como valor de referencia cuando el deportista haya superado los 15 segundos de incremento de 0.25 km/h. Es decir, si se mantienen tan sólo 10 segundos a la velocidad de 22.25 km/h, la tomada de referencia será la de 22 km/h.

Otros valores no utilizados durante el estudio pero identificados para el beneficio y uso propio del atleta, serán:

VT1: El primer umbral o VT1 será aquel momento durante la prueba de esfuerzo incremental en que se produce una pérdida inicial de la linealidad en el aumento de la VE con respecto a la carga de trabajo, junto al inicio de un aumento continuado del VE/ VO₂ y de la FE_{O2}.

→ UMBRAL VT1 EN EL SUJETO: 65% del VO₂ max y 70/80% de la FC_{máx}.

VT2: El segundo umbral o VT2 será en cambio aquel momento en que se presenta una segunda pérdida de la linealidad de la VE, junto a un marcado aumento del VE/ VCO₂ y un descenso continuado de la FE_{CO2} o de la PaCO₂ (o de la PETCO₂).

→ UMBRAL VT2 EN EL SUJETO: 85% del VO₂ max y 80/90% de la FC_{máx}.

 **Universidad Europea**


| TIEMPO | VELOCIDAD | FC | RPE | VO2max |
|--------|-----------|----|-----|--------|
| 1 min | 8 km/h | | | |
| 2 min | 9 km/h | | | |
| 3 min | 10 km/h | | | |
| 4 min | 11 km/h | | | |
| 5 min | 12 km/h | | | |
| 6 min | 13 km/h | | | |
| 7 min | 14 km/h | | | |
| 8 min | 15 km/h | | | |
| 9 min | 16 km/h | | | |
| 10 min | 17 km/h | | | |
| 11 min | 18 km/h | | | |
| 12 min | 19 km/h | | | |
| 13 min | 20 km/h | | | |
| 14 min | 21 km/h | | | |
| 15 min | 22 km/h | | | |
| | | | | |

Nota. Documento con explicación de la prueba de esfuerzo adjunto a una hoja de registro de los datos obtenidos. Elaboración propia.

Anexo 4. Ficha informativa

HOJA DE INFORMACIÓN AL PARTICIPANTE

TÍTULO DEL ESTUDIO: Influencia del ciclo menstrual en la asimilación del entrenamiento de alta intensidad en atletas de medio fondo y fondo a través de marcadores de daño muscular

INVESTIGADORES: María Cano Padilla y Oriana Nathaly Rodríguez González

CENTRO DE TRABAJO: Centro de Alto Rendimiento (CAR) de Madrid

Nos dirigimos a usted para informarle sobre el estudio de investigación en el que se le invita a participar.

Nuestra intención es que usted reciba la información suficiente para que pueda decidir si acepta o no participar en este estudio.

Si finalmente decide participar, le pediremos que firme el documento adjunto de consentimiento informado.

PARTICIPACIÓN VOLUNTARIA

Su participación es totalmente voluntaria, puede decidir no participar en el estudio o abandonarlo en cualquier momento sin ningún tipo de repercusión.

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ESTUDIO:

El estudio consiste en comparar un entrenamiento HIIT frente a un entrenamiento habitual en diferentes fases del ciclo menstrual. Para ello analizaremos el daño muscular causado (análisis de sangre) para así saber en qué fase del ciclo menstrual se puede aumentar las cargas del entrenamiento.

Para la participación en el estudio deberán de pasar unos criterios de inclusión y exclusión:

Criterios de inclusión:

- Mujeres entre 18 y 40 años con eumenorrea durante al menos 12 meses.
- Ciclo menstrual regular (25-38 días).
- Atletas federadas por la federación española de atletismo que realicen entre 6 y 12 horas de entrenamiento semanal.
- Atletas de medio fondo y fondo.

Criterios de exclusión:

- Mujeres que ingieran anticonceptivos o que hayan consumido en los últimos 6 meses antes del estudio.
- Mujeres con enfermedad metabólica u hormonal.
- Mujeres con embarazo en el año anterior.
- Existencia de lesiones músculo-esqueléticas o cardiovasculares en los últimos 6 meses anteriores al comienzo del estudio.
- Mujeres sometidas a intervenciones quirúrgicas o cualquier otra condición médica que pueda verse perjudicada por el protocolo llevado a cabo.

Anteriormente al estudio se realizará una clase de formación donde se explicará todo detalladamente.

Si decide participar en el estudio se recogerán los siguientes datos: Nombre y apellidos, DNI, edad y fecha de la menstruación.

En el estudio no figurarán sus datos personales puesto que les someteremos a un proceso de anonimización de manera que nadie externo al estudio pueda relacionarla con el mismo

BENEFICIOS Y RIESGOS DERIVADOS DE SU PARTICIPACIÓN EN EL ESTUDIO:

Aunque no recibirá beneficios personales por la participación en el estudio, nos servirá de gran ayuda para conseguir que los entrenamientos no se generalicen y se puedan individualizar en cada mujer según su ciclo menstrual.



VALIDAD Y TRATAMIENTO DE DATOS:



El tratamiento, la comunicación y la cesión de los datos personales de cada participante se ajustará a lo dispuesto en la Ley Orgánica 7/2021, de 26 de mayo, de protección de datos personales.

Usted podrá ejercer los derechos de acceso, modificación, oposición y cancelación de datos, para ello deberá dirigirse a los responsables del estudio para dejar constancia de su decisión.

CONTACTO EN CASO DE DUDAS:

Si durante su participación tiene alguna duda o necesita obtener más información, póngase en contacto con el investigador responsable a través de los siguientes correos:

- Oriananathaly99@gmail.com
- Emece1999@hotmail.com

Nota. Ficha informativa donde se explican los criterios del estudio. Elaboración propia.

Anexo 5. Consentimiento informado.

| | |
|---|---|
|  Universidad Europea |  |
| HOJA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO | |
| D ^a _____, de _____ años, con DNI _____ y domicilio en _____. | |
| Manifiesto que he leído y entendido la hoja de información que se me ha entregado y que he recibido la información suficiente sobre el estudio. | |
| Mi participación es completamente voluntaria, puedo retirarme del estudio sin ninguna repercusión siempre avisando al responsable. | |
| Me ofrezco voluntaria para participar en el estudio "Influencia del ciclo menstrual en la asimilación del entrenamiento de alta intensidad en atletas de medio fondo y fondo a través de marcadores de daño muscular". | |
| He sido también informada de que mis datos personales serán protegidos e incluidos en un fichero que deberá estar sometido a y con garantías del Reglamento General de Protección de Datos, que entró en vigor el 26 de mayo de 2021. | |
| Al firmar el presente documento, presto voluntariamente mi consentimiento para participar en este estudio y doy mi consentimiento para el acceso y utilización de mis datos. | |
| Firma del participante: | Firma del investigador: |
| Fecha: __/__/__ | Fecha: __/__/__ |

Nota. Documento donde las atletas firmarán para dar su consentimiento. Elaboración propia.