

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALENCIA

“San Vicente Mártir”

**ENTRENAMIENTO DE FUERZA Y SUPLEMENTACIÓN EN EL
CORREDOR DE MEDIA MARATÓN: UNA PROPUESTA DE
INTERVENCIÓN**

Trabajo de Fin de Grado en CC de la Actividad Física y el Deporte

Presentado por:
Nicolás Muguía Baztán

Tutorizado por:
Claudio Alberto Casal Sanjurjo

Torrent, a 28 de mayo de 2020

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	4
ÍNDICE DE TABLAS	5
1. RESUMEN.....	6
2. INTRODUCCIÓN	7
3. OBJETIVOS.....	8
4. COMPETENCIAS	9
5. PLAN DE TRABAJO	11
6. MARCO TEÓRICO	12
6.1- La media maratón	12
6.2- Biomecánica.....	13
6.3- Las capacidades físicas en el corredor	15
6.4- Importancia de la fuerza en deportes de resistencia.....	17
6.5- La fuerza: definición y manifestaciones	18
6.6- Componentes del entrenamiento de fuerza	20
6.7- Metodología del entrenamiento de fuerza.....	24
6.8- Aspectos básicos de la nutrición deportiva (macro, micro, hidratación).....	27
6.9- Suplementación deportiva.....	34
6.10- Factores de riesgo y lesiones más comunes en el corredor de media maratón	38
7. PROPUESTA METODOLÓGICA.....	41
7.1- Sujeto	41
7.2- Valoración física y antropométrica inicial	41
7.3- Ficha del deportista	45
7.4- Objetivos	46
7.5- Materiales.....	47
7.6- Diseño del programa	48
7.7- Reflexión de la propuesta.....	54
8. MÉTODO.....	55
9. CONCLUSIONES	57
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
11. ANEXOS.....	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diferentes tipos de pisada (antepié, mediopié y retropié).....	14
Figura 2. Factores determinantes de las manifestaciones de fuerza explosiva.....	19
Figura 3. Ejemplo de pirámide.....	25
Figura 4. Proceso de resíntesis de ATP.....	35
Figura 5. Síndrome de banda iliotibial.....	39
Figura 6. Compartimentos de la pierna en corte transversal.....	40
Figura 7. Clasificación del IMC en valores generales.....	42
Figura 8. Salto con contramovimiento (CMJ) y squat jump (SJ).....	44
Figura 9. Ficha modelo para la valoración inicial y evaluación del deportista.....	45
Figura 10. Periodización de la carga durante el programa.....	53
Figura 11. Cantidad de artículos seleccionados por base de datos.....	56
Figura 12. Encoder lineal Speed4Lifts.....	71
Figura 13. Aplicación móvil MyJump2.....	71
Figura 14. Multipower BAD Company Olympia I Smith Machine BCA-104.....	71
Figura 15. Discos CP Sport.....	72
Figura 16. Plataformas de salto Moracle.....	72
Figura 17. Fitball Domyos.....	72
Figura 18. Peso muerto con piernas rígidas.....	73
Figura 19. Hip thrust.....	73
Figura 20. Cargada.....	74
Figura 21. Drach Jump.....	74

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Cronograma llevado a cabo en la realización del trabajo.....	11
Tabla 2 Beneficios del entrenamiento de fuerza en el running.....	17
Tabla 3 Relación entre el RPE, el RIR y el RM.....	22
Tabla 4 Relación entre la velocidad de ejecución y RIR.....	23
Tabla 5 Dosis diaria recomendada de vitaminas.....	31
Tabla 6 Dosis diaria recomendada de minerales.....	32
Tabla 7 Calentamiento para las sesiones de fuerza.....	49
Tabla 8 Parte principal de sesión de fuerza máxima.....	50
Tabla 9 Parte principal de sesión de fuerza explosiva y elástico-explosiva.....	51
Tabla 10 Vuelta a la calma.....	52

1. RESUMEN

El presente trabajo de final de grado, únicamente se basará en una propuesta, ya que con los imprevistos surgidos por el Covid-19, se tuvo que suspender la intervención llevada a cabo en una corredora del centro de prácticas.

El objetivo principal que se busca con la realización del trabajo, es conocer la evidencia científica actual sobre el entrenamiento de fuerza, así como sus posibles beneficios en el corredor de media maratón. Se explicarán términos y características de la modalidad deportiva seleccionada para después, adentrarnos en el tema de la fuerza, detallando sus componentes, su metodología, así como la suplementación deportiva que pueda mejorar dicha capacidad física. De otro modo, se elaborará una propuesta de mesociclo de fuerza para una corredora, exponiéndose dos sesiones tipo. Para conseguir dicho objetivo se realizará una búsqueda exhaustiva de información, comprobando si es posible aquello que se pretende realizar.

2. INTRODUCCIÓN

Desde el inicio de la carrera he estado interesado en la fuerza y su relevancia en el deporte. Conforme han pasado los cursos académicos, he ido apreciando más la importancia que requiere tener un dominio total de dicha capacidad por parte del deportista. Además, la realización de las prácticas curriculares, me ayudó a orientar este interés hacia la media maratón, debido al trabajo de mi tutor del centro con deportistas de esta modalidad.

La fuerza y su utilización en la mejora del rendimiento es un tema que ha ido estudiándose cada vez más en los últimos años. Tenemos entendido que el entrenamiento de esta capacidad puede establecer relaciones positivas con otras capacidades condicionales. Pero surgen muchas preguntas sobre este tema, ¿Cómo se pueden beneficiar los deportes de resistencia de la fuerza?, ¿Existen riesgos o efectos negativos? ¿Cómo podemos evaluar este tipo de trabajo? ¿Cómo se puede introducir el trabajo de fuerza dentro una planificación deportiva? Estas, y muchas preguntas más, se intentarán resolver a lo largo de este trabajo.

Con respecto a su estructura, en primer lugar se detallarán los objetivos tanto generales como específicos que se persiguen, seguido de las competencias que se han adquirido durante su elaboración. El plan de trabajo irá a continuación de estos apartados, exponiendo el cronograma de actuación del alumno. El marco teórico y la propuesta metodológica serán los siguientes puntos a tratar, explicando el tema desde un punto de vista teórico y práctico respectivamente. Para finalizar se expondrán el método de búsqueda, las futuras líneas de trabajo y las conclusiones.

Así pues, se dispone a presentar el trabajo final de grado sobre el entrenamiento de fuerza y suplementación en el corredor de media maratón, pretendiendo alcanzar el objetivo de conocer la evidencia científica actual sobre el entrenamiento de fuerza, así como sus posibles beneficios en el corredor de dicha modalidad. Con respecto al objetivo perseguido con la propuesta, este será diseñar un programa de entrenamiento de fuerza máxima, explosiva y elástico-explosiva para una corredora de media maratón.

3. OBJETIVOS

3.1- Objetivos Generales

- A. Conocer la evidencia científica actual sobre el entrenamiento de fuerza, así como sus posibles beneficios en el corredor de media maratón.
- B. Revisar la bibliografía relacionada con la suplementación, centrándonos en los beneficios que puede aportar en los entrenamientos de fuerza.
- C. Diseñar un programa de entrenamiento de fuerza para una corredora de media maratón

3.2- Objetivos Específicos

- A.1. Buscar información en bases de datos, revistas y libros para informarse sobre la estrategia actual llevada a cabo en el entrenamiento de fuerza.
- A.2. Conocer todos los aspectos de la modalidad deportiva sobre la cual se aplicará el entrenamiento de fuerza.
- B.1. Discernir que tipo de suplementación conlleva mejoras del rendimiento.
- C.1. Elaborar sesiones de entrenamiento, periodizadas en el tiempo y con posibilidad de ser evaluadas.

4. COMPETENCIAS

A continuación, se presentan las competencias, tanto generales como específicas, conseguidas mediante la elaboración del presente trabajo final de grado. Dichas competencias, son adquiridas a través de asignaturas cursadas durante el grado de CAFD, que han ayudado a conseguir los conocimientos necesarios para la preparación del trabajo, asignaturas como Biomecánica, Lesiones en la actividad física, Teoría y práctica del acondicionamiento físico, Nutrición humana y dietética o Planificación y metodología del entrenamiento.

4.1- Competencias Generales

CG1. Comprender la literatura científica en lengua inglesa y en otras lenguas de presencia significativa en el ámbito científico mediante una correcta gestión de la información. Dicha competencia se ha adquirido mediante la traducción al castellano de los artículos publicados en inglés.

CG2. Saber aplicar las tecnologías de la información y comunicación (TIC). Adquirida mediante la redacción y creación de tablas del presente trabajo.

CG3. Desarrollar competencias para la resolución de problemas mediante la toma de decisiones. Gracias al adecuado descarte de información no válida para el trabajo se obtuvo esta competencia.

CG4. Transmitir cualquier información relacionada adecuadamente tanto por escrito como oralmente. Tanto a la hora de redactar, como en su futura defensa, se trabajó dicha competencia.

CG5. Ser capaz de realizar razonamientos críticos utilizando los conocimientos adquiridos. Se adquirió al realizar la propuesta metodológica en base al marco teórico.

CG6. Utilizar internet adecuadamente como medio de comunicación y como fuente de información. Gracias al uso de libros electrónicos, revistas y bases de datos se logró.

CG7. Planificar y organizar cualquier actividad eficientemente. Mediante la elaboración de los ejercicios propuestos en el programa se trabajó esta competencia.

CG8. Desarrollar competencias para la adaptación a nuevas situaciones y para el aprendizaje autónomo. Se adquirió esta competencia gracias al trabajo individualizado.

4.2- Competencias Específicas

CE1. Adquirir la formación científica básica aplicada a la actividad física y al deporte en sus diferentes manifestaciones y comprender la literatura científica del ámbito de la actividad física y el deporte en lengua inglesa y en otras lenguas de presencia significativa en el ámbito científico mediante una correcta gestión de la información. Esta competencia se adquirió gracias a la realización del marco teórico.

CE2. Conocer y comprender los factores fisiológicos y biomecánicos que condicionan la práctica de la actividad física y el deporte. Gracias al entendimiento del deporte seleccionado.

CE3. Conocer y comprender los efectos de la práctica del ejercicio físico sobre la estructura y función del cuerpo humano. Dicha competencia se trabajó al buscar información sobre los beneficios del entrenamiento de fuerza.

CE4. Conocer y comprender los fundamentos, estructuras y funciones de las habilidades y patrones de la motricidad humana. Mediante el conocimiento biomecánico de la técnica de carrera se adquirió dicha competencia.

CE5. Planificar, desarrollar y evaluar la realización de programas de actividades físico-deportivas. Gracias a la evaluación de parámetros durante toda la duración de la propuesta.

CE6. Seleccionar y saber utilizar el material y equipamiento deportivo, adecuado para cada tipo de actividad. Proponiendo diferentes ejercicios en función del material que disponemos.

CE7. Saber aplicar las tecnologías de la información y comunicación (TIC) al ámbito de las CC de la Actividad Física y el Deporte. Mediante la utilización de programas como Word, Power Point o Excel, se logró la consecución de esta competencia.

6. MARCO TEÓRICO

6.1- La media maratón

El ejercicio de resistencia desempeña un beneficioso papel para la salud, demostrando que reduce el riesgo de enfermedades cardiovasculares, accidentes cerebrovasculares, varios tipos de cánceres, diabetes, depresión, caídas, etc. Este podría ser uno de los motivos por los cuales la participación en carreras de resistencia sigue en aumento (Nikolaidis, Ćuk, & Knechtle, 2019).

Como bien su nombre indica, la media maratón es exactamente la mitad de la distancia de una maratón completa, por lo que se trata de una carrera de carretera de 13.1094 millas (21.0975km). Esta disciplina surge como una alternativa a la distancia de maratón estándar, ofrecida por los organizadores de carreras recreativas ante su crecimiento constante en la década de 1950. La media maratón no forma parte de los programas olímpicos, pero desde 1992 cuenta con su propia competición en forma de campeonato mundial de media maratón de la Asociación Internacional de Federaciones de Atletismo (IAAF) (World Athletics, s. f.).

La media maratón ha ido ganado popularidad en los últimos años, convirtiéndose en la disciplina con el mayor aumento en el número de participantes, no sólo Estados Unidos, sino también en países europeos. Estos mayores niveles de participación han dado lugar a un aumento de las capacidades de los corredores participantes, desde los niveles amateur hasta los de élite. En consecuencia, el interés de la comunidad científica en estudiar los factores que influyen en el rendimiento de esta modalidad (por ejemplo, antropometría, entrenamiento, fisiología y biomecánica), también ha crecido (Gómez-Molina et al., 2017).

Estos, y algunos factores más de rendimiento, como pueden ser los relacionados con la experiencia y formación, son los que determinan el nivel del corredor. Así por ejemplo, se ha visto como los participantes de nivel superior adoptan con más frecuencia patrones de impacto medio pie/pie delantero y corren a velocidades más altas, lo que implica diferencias en las variables espacio-temporales (Ogueta-Alday, Morante, Gómez-Molina, y García-López 2018).

Los corredores aficionados por su parte, perciben los eventos de larga distancia como un desafío físico, entrenando y utilizando estrategias nutricionales para completar la distancia lo más rápido posible, aunque la llegada a meta es el principal objetivo de muchos de ellos. (Del Coso et al., 2017).

6.2- Biomecánica

Si bien la capacidad aeróbica es un factor determinante para el rendimiento del corredor de larga distancia, la economía de carrera también se considera como un componente esencial. La economía de carrera, entendida esta como la demanda de energía para una velocidad submáxima dada, se deriva de la ejecución de patrones mecánicos óptimos, los cuales consisten en la aplicación de fuerzas de magnitud, dirección y tiempo adecuadas. Es por ello que la biomecánica juega un papel importante en el running, dado su incuestionable vínculo con la economía de carrera (Thompson, 2017).

Atendiendo a Moore (2016), en la biomecánica de carrera podemos separar variables extrínsecas e intrínsecas. Las variables extrínsecas se relacionan con la biomecánica aplicada a los elementos del entorno como puede ser el tipo de calzado o de terreno, mientras que las variables intrínsecas hacen referencia a la biomecánica del propio individuo. A su vez, dentro de la biomecánica intrínseca, se distinguen factores 1) espaciotemporales (relativos a los cambios del ciclo carrera, como el tiempo de contacto con el suelo o la longitud de zancada); 2) cinemáticos (patrones de movimiento, como ángulos de las articulaciones); 3) cinéticos (referentes a las fuerzas que producen el movimiento, como la fuerza de reacción del suelo); y 4) neuromusculares (como la activación y coactivación de los músculos).

Según Thompson (2017), dentro de las variables intrínsecas, son varios los factores que parecen beneficiar a la economía de carrera. Con respecto a los factores espaciotemporales, la longitud de zancada tiene un efecto significativo en la economía de carrera, identificándose como óptimo la ejecución de una zancada autoseleccionada por el propio corredor, pues al desviar dicha longitud con zancadas más cortas o más largas, la economía durante la carrera empeora. Con respecto a los factores cinéticos, las magnitudes máximas de impacto en el contacto inicial con el suelo, así como la disminución de los impulsos verticales, también se asocian con una mejor economía de carrera.

Además de los mencionados, otros factores que producen una mejora de la economía de carrera son los cinemáticos, como pueden ser un bajo momento de inercia del tren inferior, la alineación de los vectores de la pierna encargados de las fuerzas de reacción, una menor extensión de la pierna en el despegue, y el mantenimiento del balanceo por parte de los miembros superiores. Los factores neuromusculares, como una baja activación muscular durante la propulsión, también parecen afectar a la economía de carrera (Moore, 2016).

La biomecánica durante el contacto con el suelo, ya sea la fase de apoyo o la de propulsión, tiene vínculos directos con la economía de carrera. Siguiendo a Almeida, Davis, & Lopes (2015), durante la fase de apoyo, el contacto inicial en el suelo con el antepié conlleva una mayor flexión plantar de tobillo y una mayor flexión de rodilla, mientras que un contacto con el retropié se asocia a una mayor dorsiflexión de tobillo y una mayor extensión de rodilla. Esto influye en los factores cinéticos, ya que los corredores que utilizan el retropié como zona primaria de contacto, experimentan mayores tasas de carga vertical que los corredores que utilizan el antepié. Esta carga vertical, como se ha comentado previamente, debe ser la mínima posible para una mejor economía de carrera. En la figura 1 se muestran los diferentes tipos de pisada que pueden modificar la biomecánica.



Figura 1. Diferentes tipos de pisada (antepié, mediopié y retropié)

Fuente: Latorre-Román, P. A., García-Pinillos, F., Soto-Hermoso, V. M., & Muñoz-Jiménez, M. (2019). Effects of 12 weeks of barefoot running on foot strike patterns, inversion–eversion and foot rotation in long-distance runners. *Journal of Sport and Health Science*, 8(6), 579-584.

Conjuntamente con la mejora en la economía de carrera, Trowell, Vicenzino, Saunders, Fox, & Bonacci (2020) proponen que una correcta biomecánica puede aportar otros beneficios al deportista. Mejorar la aplicación de fuerza sobre el suelo, aumentando el torque de los músculos biarticulares de cadera y rodilla, puede facilitar la mejora de la velocidad. La musculatura del tren inferior es crucial en la propulsión de masas y la aceleración de la pierna durante la carrera, es por ello que los cambios en la fuerza y coordinación de las extremidades inferiores son necesarios para una apropiada aplicación de fuerza. Este es uno de los motivos por los cuales se recomienda el entrenamiento de fuerza en los corredores, debido a sus mejoras en la biomecánica. Más adelante se detallarán más beneficios del entrenamiento de fuerza en deportes de resistencia.

6.3- Las capacidades físicas en el corredor

Atendiendo a Peral García (2009), las capacidades o cualidades físicas establecen la condición motriz del individuo y su clasificación puede dividirse en dos tipos. Por un lado, las capacidades físicas coordinativas, dentro de las cuales se ubicarían la coordinación, el equilibrio y el ritmo. Por otro lado, las capacidades físicas condicionales, en las que se encuentran la resistencia, la velocidad, la fuerza y la flexibilidad.

En primer lugar, hablaremos de las capacidades físicas coordinativas. Comenzando con la coordinación, esta cualidad y su variabilidad describen la organización del patrón de movimiento. Los corredores, a medida que van adquiriendo los conocimientos especializados de su habilidad motriz, desarrollan un patrón de coordinación que optimiza el desempeño de las tareas y mantiene un grado de variabilidad, permitiéndoles responder a las demandas ambientales cambiantes o a las limitaciones internas. Además, esta variabilidad también posibilita la distribución y reducción de la carga, protegiendo contra lesiones por sobreuso (Hafer, Peacock, Agresta, & Zernicke, 2019).

El equilibrio, como otra de las capacidades coordinativas, involucra una compleja interacción entre factores conscientes e inconscientes. A la hora de correr, nuestro cuerpo lleva a cabo numerosos cálculos para mantenernos erguidos y tener el control de nuestra técnica. Estos elementos inconscientes integran la propiocepción, una serie de mecanismos que realizan el registro y control de las tensiones musculares y movimientos de todo el cuerpo, haciendo constantemente ajustes en base a estos (Shepherd, 2015).

Para finalizar con las capacidades coordinativas, Nikolaidis, Ćuk, Rosemann, & Knechtle (2019) manifiestan que el rendimiento en carreras de resistencia, está asociado con el ritmo. El ritmo y sus cambios durante la competición, es una de las estrategias llevadas a cabo por los corredores, pudiendo depender de su percepción del riesgo, su motivación, su estado físico, etc. Por norma general, en las carreras de media maratón, el ritmo disminuye progresivamente conforme el transcurso de la competición.

Una vez comentadas las capacidades físicas coordinativas, explicaremos las condicionales. La capacidad aeróbica constituye uno de los factores de rendimiento en la carrera de larga distancia. En estas pruebas, se ha observado como los corredores presentan altos valores de captación máxima de oxígeno (VO_{2max}), los cuáles pueden estar influenciados por un aumento del volumen sanguíneo, un aumento del volumen sistólico y/o un aumento de la densidad capilar y mitocondrial. Pero, no sólo el VO_{2max} en sí mismo, sino

que la capacidad aeróbica y la velocidad, en el umbral de lactato, también son predictores del rendimiento en este tipo de carreras. Es por ello que la resistencia es una capacidad física fundamental en el running (Thompson, 2017).

Con respecto a la velocidad, Nikolaidis et al. (2019) midieron la velocidad de más de siete mil corredores en cinco segmentos diferentes de una media maratón, observando como la velocidad media de carrera fue de 11,3 km/h en los hombres y de 10 km/h en las mujeres. Además, se vio cómo la velocidad fue continuamente disminuyendo durante la carrera, siendo cada segmento más lento que el anterior. Pese a ello, Yamanaka et al. (2019) consideran que la velocidad adquiere su máxima importancia en los tramos finales de la carrera, ya que es cuando la capacidad de esprint es requerida por los corredores de larga distancia de élite.

La flexibilidad por su parte, se considera de gran importancia en el corredor, al menos, en lo que a prevención de lesiones se refiere. Con respecto a su influencia en el rendimiento, la evidencia sigue siendo bastante débil. De hecho, varios laboratorios han demostrado que, entre los corredores, los individuos menos flexibles tienen una menor tasa de consumo de oxígeno recorriendo la misma distancia a la misma velocidad que sus compañeros más flexibles (Jenkins & Beazell, 2010).

Por último, la fuerza representa junto con la resistencia, una de las capacidades más necesarias a trabajar en el corredor. Desde el punto de vista de la prevención y tratamiento de lesiones, así como de la mejora del rendimiento, el entrenamiento de fuerza es relevante en este deporte (Balsalobre-Fernández, Santos-Concejero, & Grivas, 2016; Mucha, Caldwell, Schlueter, Walters, & Hassen, 2017). A continuación, en el siguiente apartado se procederá a explicar más ampliamente los beneficios que dicha cualidad física aporta en los deportes de resistencia.

6.4- Importancia de la fuerza en deportes de resistencia

Sería un error especular que la fuerza es irrelevante en los deportes predominantemente aeróbicos. Incluso al analizar el simple gesto deportivo cíclico, como por ejemplo la técnica de carrera, nos percatamos de la fuerza requerida por los miembros inferiores para resistir los componentes excéntricos durante la fase de contacto con el suelo, lo cual contribuye a una mayor estabilización del centro de gravedad (González-Badillo & Gorostiaga-Ayestarán, 2002).

Los propios González-Badillo & Gorostiaga-Ayestarán (2002) dicen: “La mejora de la fuerza es un factor importante en todas las actividades deportivas, nunca puede ser perjudicial para el deportista si se desarrolla de una manera correcta” (p.21).

Bien es sabido que el entrenamiento de fuerza tiene numerosos beneficios en lo que respecta al ámbito deportivo (Suchomel, Nimphius, Bellon, & Stone, 2018). Centrado en el running, el entrenamiento de fuerza puede suponer mejoras tanto en factores directos (por ejemplo, la economía de carrera) como indirectos (por ejemplo, la composición corporal) del rendimiento del corredor. Además, dicho entrenamiento no solo influye en la mejora del rendimiento, sino también en la prevención de lesiones, las cuales como veremos más adelante, son muy comunes.

La información en la que se basa este trabajo para expresar los beneficios de la fuerza, se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Beneficios del entrenamiento de fuerza en el running

Factores del rendimiento	Autores
Mejora en la economía de carrera, entendida esta como la demanda de energía para una velocidad submáxima dada.	(Albracht & Arampatzis, 2013; Balsalobre-Fernández et al., 2016; Hoff, Gran, & Helgerud, 2002; Koral & Valldecabres, 2014; Millet, Jaouen, Borrani, & Candau, 2002; Spurrs, Murphy, & Watsford, 2003; Støren, Helgerud, Støa, & Hoff, 2008; Taipale et al., 2010)
Aumento de velocidad en el VO ₂ max.	(Berryman, Maurel, & Bosquet, 2010; Damasceno et al., 2015; Støren et al., 2008; Taipale et al., 2010)
Mejora del rendimiento en el tiempo de la prueba.	(Damasceno et al., 2015; Karsten, Stevens, Colpus, Larumbe-Zabala, & Naclerio, 2016; Skovgaard et al., 2014)

Aumento de la sección transversal del cuádriceps, como posible factor indirecto de rendimiento.	(Mikkola, Rusko, Nummela, Pollari, & Häkkinen, 2007; Schumann, Pelttari, Doma, Karavirta, & Häkkinen, 2016; Wernbom, Augustsson, & Thomeé 2007)
Prevención de lesiones habituales en el corredor, mediante el trabajo de la musculatura de cadera y pierna.	(Lauersen, Andersen, & Andersen, 2018; Luedke, Heiderscheit, Williams, & Rauh, 2015; Mucha et al., 2017; Niemuth, Johnson, Myers, & Thieman, 2005; Warden, Davis, & Fredericson, 2014)

Nota. Los entrenamientos de fuerza en los presentes artículos pudieron estar combinados con entrenamientos de resistencia.

6.5- La fuerza: definición y manifestaciones

La fuerza, comprendida desde el ámbito deportivo, se refiere a la capacidad que tiene el músculo de producir tensión al contraerse, ya sea de manera concéntrica, excéntrica o isométrica. Esta tensión ejercida por el músculo debe ser útil, de forma que el deportista pueda aplicarla a la velocidad que se realiza el gesto deportivo. Rara vez la fuerza se manifiesta de forma aislada en el deporte, pues cualquier movimiento requiere la colaboración de distintas expresiones de fuerza, ya sea en mayor o menor medida. Será el propio deporte, por sus características dinámicas y cinemáticas, el que establezca las exigencias de fuerza en cada circunstancia (González-Badillo & Gorostiaga-Ayestarán, 2002).

Con respecto a las manifestaciones de la fuerza, González-Badillo & Gorostiaga-Ayestarán (2002) las clasifican en fuerza máxima, fuerza explosiva y fuerza elástico-explosiva. Cabe mencionar que estos autores no consideran la fuerza resistencia como un tipo de manifestación, sino más bien como una capacidad para mantener los diferentes tipos de manifestaciones en el tiempo.

Comenzando por la fuerza explosiva, hace referencia a la relación entre una aplicación de fuerza y el tiempo requerido para ello. Esta manifestación de la fuerza viene representada por la zona de máxima pendiente en la curva fuerza-tiempo. Esta relación se modificará en función de la magnitud de la resistencia a vencer, ya que a mayor carga, mayor será la capacidad de aplicar fuerza, pero menor la velocidad del movimiento, y viceversa.

Por otra parte, la fuerza máxima puede ser de tipo estático, excéntrico o dinámico, en función del desplazamiento de la resistencia. Así, la contracción máxima voluntaria contra una resistencia inamovible será la fuerza isométrica máxima, la contracción máxima voluntaria contra una resistencia que se mueve en sentido contrario al deseado será la fuerza excéntrica máxima, y la máxima capacidad de contracción voluntaria ante una resistencia hacia la dirección y sentido deseado será la fuerza dinámica máxima (González-Badillo & Gorostiaga-Ayestarán, 2002).

Por último, la fuerza elástico-explosiva presenta los mismos componentes que la fuerza explosiva, añadiendo un previo factor elástico, el cual se manifiesta a través del estiramiento. En función de la velocidad de dicho estiramiento, intervendrá o no el reflejo miotático, diferenciándose así dos tipos de fuerzas elástico-explosivas: por un lado aquella cuyo componente excéntrico no es demasiado rápido, por lo que el reflejo de estiramiento no actuará; y por otro lado aquella cuyo componente excéntrico es muy rápido, actuando el reflejo miotático y dándose lo que se conoce como el ciclo de estiramiento-acortamiento. Esta última también es conocida como fuerza elástico-explosiva-reactiva (González-Badillo & Gorostiaga-Ayestarán, 2002). En la figura 2 se muestran los factores de las distintas fuerzas explosivas

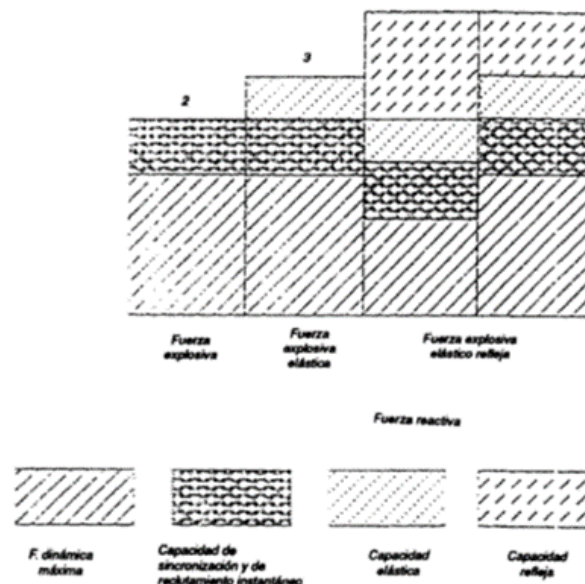


Figura 2. Factores determinantes de las manifestaciones de fuerza explosiva a través del salto vertical

Fuente: González-Badillo, J., & Gorostiaga-Ayestarán, E. (2002). Fundamentos del entrenamiento de fuerza: Aplicación al alto rendimiento deportivo. Barcelona: INDE Publicaciones.

6.6- Componentes del entrenamiento de fuerza

Atendiendo a González-Badillo & Gorostiaga-Ayestarán (2002), la carga del entrenamiento es un concepto práctico necesario para mejorar el rendimiento físico de cualquier modalidad deportiva. La carga se constituye por diferentes estímulos físicos que deben ser asimilados por el propio deportista, los cuales conforman los denominados componentes del entrenamiento. En el entrenamiento de fuerza, se considerarán los siguientes componentes: volumen, intensidad, velocidad de ejecución y tipo de ejercicio a realizar.

Comenzando con **el volumen**, Bompa (2016) lo define como una variable mediante la cual podemos modificar el entrenamiento, con el fin de lograr unos niveles técnicos, tácticos y físicos determinados. El volumen puede hacer referencia al cómputo total de actividad realizada en una única sesión, o también, a la suma de trabajos durante un periodo concreto. Refiriéndose al volumen del entrenamiento en general, este podrá expresarse de diferentes maneras: mediante el número de repeticiones totales, mediante el tiempo de entrenamiento, o mediante la distancia recorrida. No obstante, si nos centramos en el entrenamiento de fuerza, González-Badillo & Gorostiaga-Ayestarán (2002) consideran que la manera más apropiada de estimar el volumen es mediante el número de repeticiones. Esto es así ya que el tiempo de entrenamiento es más arduo de cuantificar, puesto que únicamente se tendría que considerar el tiempo efectivo, es decir el tiempo bajo tensión.

Siguiendo el principio de sobrecarga progresiva, es necesario ir aumentando el volumen de entrenamiento conforme el atleta va progresando, puesto que para mejorar el rendimiento es primordial mantener constantes adaptaciones por parte del organismo. Este aumento debe ser gradual, cuidando de que no se realicen saltos excesivamente grandes, debido a los efectos negativos que puede acarrear (fatiga, riesgo de lesiones, descenso del rendimiento, etc.). Ahora bien, este principio no siempre se cumple, ya que alcanzado un cierto nivel y especialización del deportista, el aumento del volumen será muy costoso o no le supondrá beneficios (Bompa, 2016; González-Badillo & Gorostiaga-Ayestarán, 2002).

Ante este problema, autores como Bompa (2016) sugieren enfocar el aumento de volumen desde el mesociclo, es decir, aumentar el número de sesiones del periodo manteniendo el volumen de cada entrenamiento. Otros, como González-Badillo & Gorostiaga-Ayestarán (2002), proponen utilizar el volumen óptimo de trabajo, el cual varía en función de cada persona y su nivel. De esta forma, todo volumen inferior al óptimo no daría

los máximos resultados potenciales, y todo volumen por encima del óptimo supondría un descenso del rendimiento.

Siendo conscientes de la importancia del volumen, son necesarios el resto de componentes de la carga del entrenamiento para poder programar, puesto que cada uno de ellos es insuficiente de forma aislada. Además, los componentes están estrechamente relacionados entre sí, influyéndose unos a otros y determinando así el tipo de entrenamiento. Un claro ejemplo sería la diferencia entre realizar las mismas repeticiones de un mismo ejercicio (mismo volumen) pero con diferentes porcentajes del 1 RM (diferentes intensidades) o a diferentes velocidades de ejecución. De esta forma el grado y carácter de la carga es diferente con tan solo la modificación de uno de los componentes (González-Badillo & Gorostiaga-Ayestarán, 2002).

Continuando con el componente del entrenamiento **intensidad**, Bompa (2016) la define como “el componente cualitativo del trabajo que realiza el deportista en un plazo de tiempo determinado” (p.91), siendo esta cada vez mayor cuanto más trabajo se realice por unidad de tiempo. Otros autores como Forteza-de la Rosa & Ramírez-Farto (2005) la exponen como “el criterio de la carga que controla la potencia y la especificidad del estímulo sobre el organismo” (p.34).

La forma de expresar y calcular la intensidad varía en función de las características del deporte. Así, en los deportes de equipo, la intensidad se podrá estimar a través del ritmo de juego, en los deportes de carrera a través de los metros por segundo, y en los deportes de fuerza con cargas a través de la resistencia a vencer (Forteza-de la Rosa & Ramírez-Farto, 2005). Por tanto, en el entrenamiento de fuerza, mediremos la intensidad de esta última manera, mediante el peso absoluto o relativo con el que se trabaja, normalmente expresado en kilogramos.

En el ámbito del entrenamiento de fuerza, se pueden diferenciar dos tipos de intensidades. Por un lado, la intensidad absoluta, la cual representa el peso utilizado para realizar un ejercicio, y por otro lado, la intensidad relativa, la cual indica qué porcentaje del peso máximo se está utilizando con la intensidad absoluta. Por ejemplo, el peso máximo levantado por un sujeto en sentadilla son 100 kg, si entrena con 70 kg, 70 será su intensidad absoluta y 70% será su intensidad relativa. De esta forma con la intensidad relativa se pretende estimar la carga del entrenamiento (González-Badillo & Gorostiaga-Ayestarán, 2002). No obstante, esto no es del todo fiable, puesto que dicho porcentaje no siempre concuerda con las posibilidades

reales del sujeto. Por ello, Helms, Cronin, Storey, & Zourdos (2016) proponen trabajar con las repeticiones en recámara (RIR), variando el número de repeticiones que el deportista se guarda sin hacer, con el objetivo de trabajar más unas manifestaciones de la fuerza u otras, como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Relación entre el RPE, el RIR y el RM

RPE	RIR	1Rep.	2Reps.	3Reps	4Reps.	5Reps.	6Reps.	7Reps.	8Reps.
10	0	*100%	95%	91%	87%	85%	83%	81%	79%
9	1	95%	91%	87%	85%	83%	81%	79%	76%
8	2	91%	87%	85%	83%	81%	79%	76%	73%
7	3	87%	85%	83%	81%	79%	76%	73%	*70%

Nota. RPE: esfuerzo percibido; RIR: repeticiones en recámara; RM: repetición máxima; * cada valor representa el porcentaje del 1 RM. Fuente: Adaptado de Helms, E. R., Cronin, J., Storey, A., & Zourdos, M. C. (2016). Application of the Repetitions in Reserve-Based Rating of Perceived Exertion Scale for Resistance Training. *Strength and Conditioning Journal*, 38(4), 42-49. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000218>

Dado que la intensidad en un deporte no suele ser una variable fija, es recomendable entrenar con distintos niveles de intensidad, modificando los pesos o el tiempo requerido para ello (densidad) dependiendo de la sesión. Pero como ocurre con el volumen, la intensidad debe sobrepasar un determinado umbral, específico para cada atleta, con el fin de poder producir ganancias en las capacidades físicas (Forteza-de la Rosa & Ramírez-Farto, 2005).

Por último, en lo que respecta a la intensidad, destacar su relación indirectamente proporcional con el volumen. La intensidad será menor conforme el volumen de la sesión sea mayor, y viceversa (Bompa, 2016).

Una vez explicados el volumen y la intensidad, se pasará a comentar la relevancia de la **velocidad de ejecución**. Este componente tiene gran importancia en la programación, puesto que las demandas neuromusculares y los propios efectos del entrenamiento dependerán en gran medida de la velocidad a la que se levanten las cargas. La velocidad de ejecución posee gran incidencia con la intensidad, al permitir intensificar el ejercicio conforme más rápidamente se realice. (González-Badillo, Marques, & Sánchez-Medina 2011).

Pese a que la variación de la velocidad de ejecución suponga diferentes demandas y efectos, González-Badillo & Gorostiaga-Ayestarán (2002) consideran que realizar los ejercicios a la más alta velocidad posible le sacará el máximo provecho a la carga, obteniendo una mayor potencia y transferencia. La tabla 4 presenta la relación entre la velocidad y las repeticiones en recámara del deportista.

Tabla 4. Relación entre velocidad de ejecución y el número de repeticiones en recámara

RIR	Press banca	Sentadilla	Remo tumbado	Press militar
2	0.26 - 0.28	0.40 – 0.43	0.50 – 0.53	0.32 – 0.34
4	0.35 – 0.37	0.45 – 0.47	0.56 – 0.58	0.41 – 0.43
6	0.41 – 0.44	0.48 – 0.50	0.62 – 0.64	0.50 – 0.52
8	0.46 – 0.49	0.50 – 0.52	0.67 – 0.69	0.56 – 0.59

Nota. RIR: repeticiones en recámara. Las velocidades están expresadas en $m \cdot s^{-1}$. Fuente: Morán-Navarro, R., Martínez-Cava, A., Sánchez-Medina, L., Mora-Rodríguez, R., González-Badillo, J. J., & Pallarés, J. G. (2019). Movement Velocity as a Measure of Level of Effort During Resistance Exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(6), 1496-1504. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002017>

Para finalizar, el último componente de la carga, en el entrenamiento de fuerza, será **el tipo de ejercicio**. González-Badillo & Gorostiaga-Ayestarán (2002) consideran que la elección del ejercicio a realizar es fundamental para desarrollar un trabajo de fuerza en el deportista, así como la posterior aplicación de dicha manifestación en su respectivo deporte de competición. Habrá por ello que elegir ejercicios donde se involucre la fuerza específica de la modalidad, para obtener mayores transferencias de fuerza en la técnica y en el rendimiento de ese deporte.

No obstante, en la programación del entrenamiento no es idóneo trabajar únicamente con ejercicios específicos de la modalidad, sino que en función del periodo o fase en el que se encuentre el atleta, daremos más importancia a unos ejercicios u otros. Los ejercicios, atendiendo a Vasconcelos-Raposo (2005), se pueden clasificar en generales, específicos y competitivos.

- Los ejercicios generales tienen como objetivo empezar a preparar al deportista de forma una global, por lo que son más utilizados en los periodos iniciales. Esto no quita que también deban de realizarse en otras fases de la periodización.
- Los ejercicios específicos tienen características más relacionadas con la modalidad deportiva, trabajando ya capacidades y musculaturas implicadas. Al igual que ocurre con los ejercicios generales, es un error trabajarlos únicamente tras la fase de preparación general.
- Los ejercicios competitivos son los más específicos del deporte, siendo los que provocan adaptaciones más complejas y concretas. Su realización aumenta conforme nos acercamos al periodo de competición.

6.7- Metodología del entrenamiento de fuerza

Antes de comenzar a explicar los diferentes métodos que nos encontramos a la hora de trabajar la fuerza, es necesario comprender que tenemos dos vías a través de las cuales se desarrollarán sus manifestaciones. Estas dos vías de desarrollo son la hipertrofia y la coordinación neuromuscular (González-Badillo y Gorostiaga-Ayestarán, 2002).

Con respecto a la hipertrofia, la ganancia de fuerza mediante el aumento en el número y/o tamaño de las miofibrillas está condicionada por la otra vía de desarrollo, es decir, por la coordinación neuromuscular. Esto es así ya que el aumento de fuerza por hipertrofia requiere de un trabajo neural paralelo, para conseguir manifestar y aprovechar completamente la fuerza ganada. La coordinación neuromuscular por su parte, se diferencia en coordinación intramuscular e intermuscular. La coordinación intramuscular busca el aumento de fuerza mediante la mejora de procesos internos del organismo, como el reclutamiento, la sincronización o la frecuencia de estímulo; mientras que la coordinación intermuscular se trabaja adecuando lo máximo posible el ejercicio a las particularidades del deporte, como velocidad de ejecución, grados de movimiento o tipo de contracción (González-Badillo y Gorostiaga-Ayestarán, 2002).

Ahora sí, centrándonos en los métodos del entrenamiento de fuerza, estos se agruparán en dos bloques, en función de las manifestaciones. Por un lado, aquellos métodos más enfocados hacia el trabajo de fuerza máxima, y por otro lado, aquellos métodos más enfocados hacia el trabajo de fuerza explosiva y fuerza elástico-explosiva.

Comenzando con la **fuerza máxima**, es errónea la creencia de que esta se debe trabajar solamente con intensidades altas (mayores del 85% del 1 RM) y por tanto con volúmenes bajos (menos de 5 repeticiones). La fuerza máxima se puede manifestar ante cualquier número de repeticiones e intensidades, simplemente buscando el límite de trabajo a realizar, es decir, buscando aplicar la máxima cantidad de fuerza en función de la carga y el ejercicio (Balsalobre-Fernández y Jiménez-Reyes, 2014). Por ello, la fuerza máxima se puede trabajar tanto con métodos de intensidades máximas y bajos volúmenes, hasta con métodos de menores intensidades y mayor volumen, pasando también por los métodos de cargas intermedias.

Según Fischetti, Camporeale, & Greco (2019), los métodos piramidales son otros de los utilizados en el trabajo de fuerza máxima. Estos métodos se basan en variar la resistencia utilizada y el número de repeticiones conforme se van realizando las series, ya sea

incrementando la intensidad y reduciendo el volumen (pirámide ascendente) o viceversa (pirámide descendente), permitiendo así, incrementar de un modo o de otro la carga de entrenamiento sin causar pérdidas tan rápidas de rendimiento, como se muestra en la figura 3.

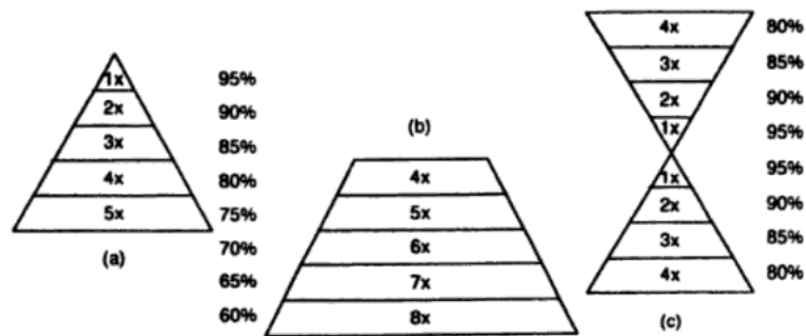


Figura 3. Ejemplo de pirámide ascendente (a), pirámide truncada (b), y pirámide doble (c)

Fuente: Bosco, C. (2000). La fuerza muscular: aspectos metodológicos. Barcelona: INDE Publicaciones.

Pese a que solo se haya hablado de métodos de fuerza máxima en el régimen de contracción concéntrica, también se puede entrenar de forma isométrica y excéntrica. Dichos métodos permiten añadir mayor intensidad de trabajo, pudiendo también combinarse entre sí y crear posibles transferencias positivas en el régimen concéntrico (Oranchuk, Nelson, Storey, & Cronin, 2019; Suchomel et al., 2018; Wirth, Keiner, Szilvas, Hartmann, & Sander, 2015).

Aun así, habrá que tener en cuenta que método se utiliza, y no simplemente trabajar con uno al azar, ya que por ejemplo, en los ejercicios de gran implicación muscular, contra mayor sea la intensidad de la carga, mayor será la fatiga producida a nivel del sistema nervioso central (Bompa, 2006).

Ahora, pasamos al trabajo de **fuerza explosiva y fuerza elástico-explosiva**, teniendo claro que se realiza como complemento a la fuerza máxima, ya que para intentar reducir al mínimo posible el tiempo de aplicación de una fuerza, es previamente necesario obtener y dominar sus valores óptimos. En el trabajo de fuerzas explosivas, es primordial mantener la máxima velocidad de ejecución durante el ejercicio, de forma que al advertir un descenso de velocidad se cesará su realización, puesto que dicha manifestación ya no se estará trabajando. De ahí que el número de repeticiones por serie nunca sea el máximo, puesto que el deportista debe dejar algunas repeticiones en recámara para no fatigarse completamente y así, seguir manteniendo la máxima velocidad (González-Badillo y Gorostiaga-Ayestarán, 2002).

Además, refiriéndose a la *rate of force development* (RFD), es decir, la producción de fuerza por unidad de tiempo, Balsalobre-Fernández y Jiménez-Reyes (2014) observaron que sus valores máximos se alcanzan con intensidades superiores al 30% de la fuerza isométrica máxima. Esta idea llevada a la práctica nos dice que, se trabaja más la fuerza explosiva con cargas altas, aunque esto conlleve menor velocidad, que con cargas muy bajas, siempre que la velocidad sea la máxima posible para cada carga.

Uno de los métodos por excelencia si nos referimos al trabajo de fuerza elástico-explosiva, es aquel que se aprovecha del ciclo estiramiento-acortamiento, y no es otro que la pliometría. Este método de entrenamiento se fundamenta en una fase inicial excéntrica, la cual produce el alargamiento, seguido rápidamente de una fase concéntrica. Entre ambas fases se produce una fase denominada de rebote o amortiguación, en la cual se produce el retroceso elástico en la dirección del patrón de movimiento pliométrico, generándose la fuerza y aceleración de la contracción muscular. Esta fase de rebote debe ser lo más corta posible, para que la energía almacenada se utilice eficientemente en la transición, haciendo que el movimiento pliométrico sea más eficaz y potente (Davies, Riemann, & Manske, 2015).

Enfocando como aplicar el trabajo pliométrico, en la revisión sistemática de Peitz, Behringer, & Granacher (2018), los volúmenes bajos o moderados se consideran suficientes y más eficientes para inducir mejoras en la aptitud física (por ejemplo, potencia, velocidad) en comparación con los volúmenes altos. Los tiempos de descanso entre series no parecen modificar los resultados, siempre que no se produzca la suficiente fatiga como para disminuir la velocidad del ejercicio. Además, la pliometría sigue el principio de especificidad del entrenamiento, por lo que su trabajo será más específico contra más similitud en las demandas tenga con el deporte.

En casi todas las modalidades pese a que las resistencias a vencer, tipo de movimiento, o duración, sean diferentes, se busca ejecutar los gestos deportivos lo más rápido posible, siempre que dicha velocidad no condicione su técnica. Es por ello que entrenar realizando el propio deporte en sí, siempre que se realice a velocidades máximas, podrá considerarse como un método de trabajo de la fuerza explosiva. Además, podemos trabajar con variaciones en los componentes fuerza-tiempo. Por un lado, con valores de velocidad ligeramente inferiores, aunque cercanos a los máximos, pero aumentando la carga, de forma que generemos más fuerza con una velocidad de competición similar. Por otro lado, con resistencias ligeramente inferiores, pero aumentando la velocidad, de forma que generemos más velocidad con una resistencia similar a la de competición.

6.8- Aspectos básicos de la nutrición deportiva (macro, micro, hidratación)

Junto con el entrenamiento (tanto de fuerza como de resistencia) y el descanso, la nutrición constituye uno de los tres pilares fundamentales en el deportista de media maratón. Por ello, se procederá a desarrollar a continuación.

Contrastada ampliamente, la nutrición deportiva es considerada una herramienta de gran utilidad para el deportista en cualquier programa de entrenamiento y competición. Constituye el factor individual más complementario a cualquier persona físicamente activa o atleta de élite. Una correcta nutrición ayudará en la capacidad de entrenar intensamente, así como en la recuperación muscular y en las adaptaciones metabólicas al ejercicio de resistencia. Es por ello que la energía adecuada debe derivarse de una amplia variedad de alimentos disponibles que proporcionen carbohidratos, proteínas, grasas y micronutrientes (Potgieter, 2013).

El componente principal para optimizar el entrenamiento y el rendimiento a través de la nutrición es asegurar que el atleta consume suficientes calorías para compensar el gasto energético producido por su práctica física. Por calorías o kilocalorías, entendemos la cantidad de energía que es necesaria para que un kilogramo de agua pueda elevar su temperatura en 1 grado Celsius. Cuando ingerimos un alimento, gracias al proceso de la digestión y absorción, somos capaces de incorporar nutrientes y energía al organismo. Esta energía contenida en cada alimento son las calorías, y mediante bomba calorimétrica se ha podido determinar en cada alimento su valor calórico (McArdle, Katch, & Katch, 2015).

Mantener un déficit calórico sostenido durante el tiempo, sin modificar el resto de variables externas del atleta, puede llevar a la pérdida de masa muscular, fuerza y densidad ósea, además de una mayor susceptibilidad a enfermedades y lesiones, alteraciones en la función inmune, endocrina y reproductiva, y una mayor prevalencia de sobre entrenamiento (Kerksick et al., 2018).

Atendiendo a Burke (2010), el gasto energético es individualizado para cada deportista, ya que este se obtiene de los siguientes componentes:

- La tasa metabólica basal. Determinada por la altura, el peso, el sexo y la edad. Generalmente representa el 60% – 70% del gasto energético total.
- La termogénesis. Tanto el efecto termogénico de los alimentos como la termogénesis sin escalofríos. Generalmente representa el 10% del gasto energético total.
- El factor de actividad física. Varía desde el 15% al 30% del gasto energético total.

- La utilización de energía para el crecimiento. No se tiene en cuenta en todos los casos, pues incluye el embarazo, la lactancia y el desarrollo muscular.

Dentro de la nutrición, podemos dividir los substratos nutricionales en dos categorías. Por un lado, están los macronutrientes, dentro de los cuales encontramos los hidratos de carbono, las proteínas y los lípidos. Por otro lado, están los micronutrientes, es decir, las vitaminas y minerales. Además de esta clasificación, Rodríguez Pozo (2017) ordena dichas materias en función de su cometido dentro del organismo:

- Substratos energéticos. El organismo los utiliza como fuente de energía. Hidratos de carbono y lípidos.
- Substratos estructurales y reguladores. Necesarios para formar las disposiciones orgánicas y funcionales. Proteínas, minerales, vitaminas y agua.

Con respecto a los hidratos de carbono, los deportistas que llevan a cabo considerables entrenamientos intensos a la semana (por ejemplo, 2 horas al día de ejercicio vigoroso realizado 5 veces por semana) generalmente necesitan consumir de 5 a 8 g/kg peso/día para mantener los almacenes de glucógeno muscular y hepático. No obstante, aquellas personas que practiquen actividad física con menor intensidad o sin ningún objetivo específico, pueden perfectamente satisfacer las necesidades diarias de carbohidratos consumiendo una dieta “normal” (45% - 55% del gasto energético total proveniente de los hidratos de carbono, es decir de 3 a 5 g/kg peso/día) (Kerksick et al., 2018).

Asimismo, atendiendo a Kerksick et al. (2018), es preferible que la mayoría de los carbohidratos provengan de granos o cereales enteros, verduras y frutas, mientras que los alimentos que se vacían rápidamente del estómago como los azúcares refinados, almidones y productos nutricionales deportivos artificiales deben reservarse para situaciones en las que sea necesaria una rápida resíntesis de glucógeno.

Continuando con los carbohidratos, el glucógeno tiene un papel fundamental en el deportista. Jeukendrup (2017) justifica la importancia del glucógeno en la regulación de la transcripción genética a nivel muscular, lo cual puede modificar la síntesis proteica. Es por ello que el manejo de los niveles de glucógeno resulta una herramienta útil para mejorar las adaptaciones y funciones del entrenamiento. De aquí surgen los entrenamientos con alta o baja disponibilidad de carbohidratos. Hawley & Leckey (2015) proponen el ejercicio con altas reservas de glucógeno para aquellos entrenamientos de mayor intensidad, mientras que las

bajas reservas de glucógeno se utilizarían para entrenamientos de menor calidad y de mayor capacidad mitocondrial del músculo.

Centrándonos ya en las proteínas, Phillips & Van Loon (2011) explican la necesidad de mayores requisitos en el caso del entrenamiento de fuerza o resistencia, debido al sustento de este macronutriente en la síntesis de proteínas musculares y en la reparación del daño muscular. Es significativo, por tanto, asegurarse de que el atleta consume suficiente proteína en su dieta, junto con que dicha proteína sea de alta calidad. Las mejores fuentes dietéticas de proteínas bajas en grasa y de alta calidad son el pollo, el pescado, las claras de huevo, los cortes muy magros de carne de ternera y la leche desnatada.

Kerksick et al. (2018) recomiendan un consumo de 1,2 a 2,0 g/kg peso/día de proteína en aquellos deportistas que lleven a cabo moderados entrenamientos intensos, mientras que los deportistas implicados en considerables entrenamientos de gran intensidad y volumen deberían consumir de 1,7 a 2,2 g/kg peso/día de proteína.

Algunos aspectos a considerar con respecto a la ingesta de proteínas son los explicados por Jäger et al. (2017), los cuales publicaron una revisión actualizada de la Sociedad Internacional de Nutrición Deportiva. Estos pueden resumirse de la siguiente forma:

1. Un estímulo agudo de ejercicio, preferiblemente de resistencia, y la ingesta de proteínas antes o después de dicho ejercicio, estimulan la síntesis de proteínas musculares y son sinérgicos.
2. Las recomendaciones generales relativas a la ingesta óptima de proteínas por porción para los atletas, para maximizar la síntesis proteica muscular, son 0,25 g de una proteína de alta calidad por kg de peso corporal, o una dosis absoluta de 20 a 40 g.
3. Cada dosis de proteína debe contener al menos entre 700 y 3.000 mg de leucina, además de un conjunto equilibrado de aminoácidos esenciales. Su distribución debe ser semejante, cada 3 a 4 horas, a lo largo del día.

Para terminar con los macronutrientes hablaremos de las grasas. Según la Asociación Dietética Americana, Dietistas de Canadá, y el Colegio Americano de Medicina Deportiva, citado por Rodríguez et al. (2009), la ingesta de grasa debe oscilar entre el 20% y el 35% de la ingesta total de energía. La grasa, que es una fuente de energía, vitaminas liposolubles y ácidos grasos esenciales, es importante en las dietas de los atletas. Estas asociaciones no recomiendan las dietas demasiado altas en grasas, ni tampoco las dietas en las que la grasa represente menos del 20% del total calórico, pues no benefician el rendimiento. Estos excesos

o deficiencias de grasas pueden ser debido a expensas de la ingesta de carbohidratos, pudiendo tener efectos negativos en el entrenamiento y el rendimiento del corredor.

Asimismo, Kreider et al. (2010), en su revisión de la Sociedad Internacional de Nutrición Deportiva, resaltan la importancia de ácidos grasos. La atención debe centrarse en el aumento de las fuentes alimentarias de ácidos grasos insaturados o esenciales.

Una vez explicados los macronutrientes, pasaremos a exponer los micronutrientes, es decir, las vitaminas y los minerales.

Comenzando con las vitaminas, Kerksick et al. (2018) las definen como compuestos orgánicos esenciales encargados, entre otras funciones, de regular los procesos metabólicos y neurológicos, regular la síntesis de energía, y prevenir la destrucción de las células. Las vitaminas pueden clasificarse en dos tipos. Por un lado, las vitaminas liposolubles (vitaminas A, D, E, K), las cuales el cuerpo almacena en varios tejidos, lo que puede resultar tóxico si se consumen en cantidades excesivas. Por otro lado, las vitaminas hidrosolubles (vitamina C, complejo B), cuya ingesta excesiva se elimina en la orina, salvo pocas excepciones como la B6.

Con respecto a los minerales, son agentes químicos requeridos por los organismos vivos para mantener la salud. Desempeñan diversas funciones en la regulación de enzimas, el mantenimiento del equilibrio ácido-base, el crecimiento celular, etc. Se clasifican como macrominerales o microminerales, dependiendo de la cantidad diaria necesaria. Los macrominerales se requieren en cantidades superiores a 100 mg/día e incluyen calcio, fósforo, magnesio, azufre, potasio, sodio y cloruro. Los microminerales sin embargo, son necesarios en cantidades menores de 100 mg/día e incluyen hierro, zinc, cobre, selenio, yodo, flúor, cromo, manganeso, molibdeno, boro y vanadio (Serra & Beavers, 2015).

Potgieter (2013), explica desde el punto de vista del Colegio Americano de Nutrición Deportiva, que no es necesaria la suplementación de vitaminas ni de minerales si el deportista obtiene la suficiente energía de una dieta variada. Además, pese a que los micronutrientes adquieren un papel determinante en la salud, su suplementación no está relacionada con el rendimiento físico. Las dosis diarias recomendadas de vitaminas y minerales se presentan en las tablas 5 y 6 respectivamente.

Tabla 5. Dosis diaria recomendada de vitaminas

Etapa de la vida	Vit A (µg/día)	Vit C (mg/día)	Vit D (µg/día)	Vit E (mg/día)	Vit K (µg/día)	Tiamina (mg/día)	Riboflavina (mg/día)	Niacina (mg/día)	Vit B6 (mg/día)	Ác. Fólico (µg/día)	Vit B12 (µg/día)	Ác. Pantoténico (mg/día)	Biotina (mg/día)
Bebés													
0-6 meses	400	40	10	4	2	0.2	0.3	2	0.1	65	0.4	1.7	5
6-12 meses	500	50	10	5	2.5	0.3	0.4	4	0.3	80	0.5	1.8	6
Niños													
1-3 años	300	15	15	6	30	0.5	0.5	6	0.5	150	0.9	2	8
4-8 años	400	25	15	7	55	0.6	0.6	8	0.6	200	1.2	3	12
Hombres													
9-13 años	600	45	15	11	60	0.9	0.9	12	1.0	300	1.8	4	20
14-18 años	900	75	15	15	75	1.2	1.3	16	1.3	400	2.4	5	25
19-30 años	900	90	15	15	120	1.2	1.3	16	1.3	400	2.4	5	30
31-50 años	900	90	15	15	120	1.2	1.3	16	1.3	400	2.4	5	30
51-70 años	900	90	15	15	120	1.2	1.3	16	1.7	400	2.4	5	30
> 70 años	900	90	20	15	120	1.2	1.3	16	1.7	400	2.4	5	30
Mujeres													
9-13 años	600	45	15	11	60	0.9	0.9	12	1.0	300	1.8	4	20
14-18 años	700	65	15	15	75	1.0	1.0	14	1.2	400	2.4	5	25
19-30 años	700	75	15	15	90	1.1	1.1	14	1.3	400	2.4	5	30
31-50 años	700	75	15	15	90	1.1	1.1	14	1.3	400	2.4	5	30
51-70 años	700	75	15	15	90	1.1	1.1	14	1.5	400	2.4	5	30
> 70 años	700	75	20	15	90	1.1	1.1	14	1.5	400	2.4	5	30

Nota. Vit: vitamina; µg: microgramos; mg: miligramos; Ác.: ácido. Fuente: Serra, M. C., & Beavers, K. M. (2015). Essential and Nonessential Micronutrients and Sport. En M. Greenwood, M. B. Cooke, T. Ziegenfuss, D. S. Kalman, & J. Antonio (Eds.), *Nutritional Supplements in Sports and Exercise* (pp. 77-103). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-18230-8_5

Tabla 6. Dosis diaria recomendada de minerales

Etapa de la vida	Calcio (mg/día)	Cromo (µg/día)	Cobre (µg/día)	Flúor (mg/día)	Yodo (µg/día)	Hierro (mg/día)	Magnesio (mg/día)	Manganeso (mg/día)	Molibdeno (µg/día)	Fósforo (mg/día)	Selenio (µg/día)	Zinc (mg/día)	Potasio (g/día)	Sodio (g/día)	Cloro (g/día)
Bebés															
0-6 meses	200	0.2	200	0.01	110	0.27	30	0.003	2	100	15	2	0.4	0.12	0.18
6-12 meses	260	5.5	220	0.5	130	11	75	0.6	3	275	20	3	0.7	0.37	0.57
Niños															
1-3 años	700	11	340	0.7	90	7	80	1.2	17	460	20	3	3.0	1.0	1.5
4-8 años	1000	15	440	1	90	10	130	1.5	22	500	30	5	3.8	1.2	1.9
Hombres															
9-13 años	1300	25	700	2	120	8	240	1.9	34	1250	40	8	4.5	1.5	2.3
14-18 años	1300	35	890	3	150	11	410	2.2	43	1250	55	11	4.7	1.5	2.3
19-30 años	1000	35	900	4	150	8	400	2.3	45	700	55	11	4.7	1.5	2.3
31-50 años	1000	35	900	4	150	8	420	2.3	45	700	55	11	4.7	1.5	2.3
51-70 años	1000	30	900	4	150	8	420	2.3	45	700	55	11	4.7	1.3	2.0
> 70 años	1200	30	900	4	150	8	420	2.3	45	700	55	11	4.7	1.2	1.8
Mujeres															
9-13 años	1300	21	700	2	120	8	240	1.6	34	1250	40	8	4.5	1.5	2.3
14-18 años	1300	24	890	3	150	15	360	1.6	43	1250	55	9	4.7	1.5	2.3
19-30 años	1000	25	900	3	150	18	310	1.8	45	700	55	8	4.7	1.5	2.3
31-50 años	1000	25	900	3	150	18	320	1.8	45	700	55	8	4.7	1.5	2.3
51-70 años	1200	20	900	3	150	8	320	1.8	45	700	55	8	4.7	1.3	2.0
> 70 años	1200	20	900	3	150	8	320	1.8	45	700	55	8	4.7	1.2	1.8

Nota. µg: microgramos; mg: miligramos; g: gramos. Fuente: Serra, M. C., & Beavers, K. M. (2015). Essential and Nonessential Micronutrients and Sport. En M. Greenwood, M. B. Cooke, T. Ziegenfuss, D. S. Kalman, & J. Antonio (Eds.), *Nutritional Supplements in Sports and Exercise* (pp. 77-103). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-18230-8_5

Para finalizar con el apartado de los aspectos básicos de la nutrición deportiva, se explicará la hidratación. La euhidratación, es decir, el rango homeostático hídrico óptimo, es específico para cada persona en función de su edad, género, antropometría, etc. En relación con el deporte, Belval et al. (2019) indican que la actividad física, especialmente realizada en condiciones ambientales calurosas, puede desequilibrar este balance hídrico, perjudicando en el deportista su seguridad y su objetivo de un rendimiento óptimo.

Dichos autores recomiendan una serie de pautas para atenuar la deshidratación, evitando de esta manera sus efectos adversos sobre la actividad física y la salud. Así, estas correctas prácticas de hidratación deben incluir: 1) iniciar el ejercicio en estado de euhidratación, 2) prevenir una hipohidratación excesiva durante el ejercicio, y 3) sustituir las pérdidas restantes tras el ejercicio y antes de la siguiente práctica deportiva.

Llevado a la práctica, Urdampilleta, Martínez-Sanz, Julia-Sánchez, y Álvarez-Herms (2013) explican las recomendaciones generales sobre la reposición hídrica, antes, durante y después de la actividad física. Señalan que en una persona adulta físicamente activa se considera adecuada la ingesta de 3 litros de fluidos al día (12 vasos al día), de los cuales, 500 mililitros se ingerirían 2 horas antes del ejercicio.

Durante la práctica de actividad física, debería existir una reposición hídrica entre 0.7-1 litros por hora, con tomas (150-250ml) frecuentes cada 15-20 min y siempre con un contenido isotónico (para reponer la pérdida de electrolitos, especialmente de sodio) entre 0.5-0.7g de Na/l. Además, al añadir carbohidratos a la solución, se consigue reducir el consumo de glucógeno muscular, mejorando el rendimiento del deportista. El aporte idóneo de azúcares en las bebidas de rehidratación, debería tener una concentración de entre 6-9%, y para que su absorción sea mayor, lo más apropiado es mezclar diferentes azúcares (sacarosa, fructosa, maltodextrinas, etc.). Se ha de cuidar que dicha bebida isotónica contenga más de un 20-30% de fructosa y que la combinación de azúcares rápidos (glucosa, maltodextrina) y lentos (fructosa) sea de 3/1, para evitar problemas gastrointestinales (Urdampilleta et al., 2013).

Por último, con respecto a la hidratación posterior al ejercicio, para recuperar las pérdidas de sudoración y producción de orina, se precisa una reposición hídrica del 150-200% del peso perdido. Además, la bebida debería ser ligeramente hipertónica con unos valores de 1-1.2 g de Na/l y teniendo en cuenta también el ion potasio (K⁺) y magnesio (Mg²⁺) (Urdampilleta et al., 2013).

6.9- Suplementación deportiva

Existen muchos mitos acerca de los suplementos, como creer que son más efectivos que una dieta saludable, o pensar que de forma instantánea pueden solucionar todos los desequilibrios de una mala alimentación. De ahí la importancia de establecer una base sólida mediante la nutrición, comentada anteriormente. En este apartado nos centraremos únicamente en aquellos suplementos que pueden suponer beneficios en el entrenamiento de fuerza.

Atendiendo al Comité Olímpico Internacional, en una declaración de consenso (Maughan et al., 2018), un suplemento se define como el alimento, componente alimentario, nutriente o compuesto no alimentario, ingerido a propósito además de la dieta consumida habitualmente, con el objetivo de lograr un beneficio específico para la salud y/o el rendimiento. Reconociendo además que este puede presentarse en varias formas:

- Alimentos funcionales, enriquecidos con nutrientes adicionales o componentes fuera de su composición típica de nutrientes (por ejemplo, fortificados con minerales y vitaminas).
- Alimentos formulados y deportivos, productos que proporcionan energía y nutrientes en una forma más conveniente que los alimentos normales (por ejemplo, sustitutos de comidas líquidas, bebidas deportivas, geles, barritas...).
- Nutrientes aislados, suministrados de forma concentrada en forma de cápsulas, pastillas, polvos, etc.

Orientándonos hacia el entrenamiento de fuerza, las ayudas ergogénicas o suplementos que presentan una mayor evidencia contrastada son: 1) la creatina, 2) la cafeína, 3) la beta-alanina, 4) el bicarbonato sódico, y 5) la bebida isotónica (Martínez-Sanz y Urdampilleta, 2012). Dicha enumeración no sigue un orden de demostración científica, simplemente se exponen de forma aleatoria.

La creatina, o metilguanidina-ácido acético, es un compuesto no esencial que sintetiza el propio organismo, pese a que también la solemos incorporar en bajas cantidades con la dieta. Se localiza la mayor parte en el músculo esquelético (~95%) con pequeñas cantidades también en el cerebro y los testículos (~5%). La función metabólica primaria de la creatina es combinarse con un grupo fosfato para formar la fosfocreatina (PCr), la cual, en el sistema anaeróbico aláctico, cederá su fosfato al adenosín difosfato (ADP) para que se produzca su resíntesis a adenosín trifosfato (ATP), pudiendo este volver a generar energía. Por tanto, la

Atendiendo a Cappelletti, Daria, Sani, & Aromatario (2015), los efectos potenciales de la cafeína a nivel celular, pueden explicarse por dos mecanismos de acción: el principal es el antagonismo de los receptores de adenosina en el sistema nervioso central, causando una mayor liberación de dopamina, noradrenalina y glutamato; en segundo plano, sería la movilización del almacenamiento de calcio intracelular, aumentando la contractilidad durante las contracciones submáximas, aunque estas mediciones tienen mayor variabilidad. Ante ello, los beneficios que esta ayuda ergogénica nos puede aportar en el entrenamiento de fuerza se centran en la mejora de la atención sostenida, la reducción de los síntomas de fatiga y la reducción de la percepción del esfuerzo durante el ejercicio.

Tras la ingesta de cafeína, su concentración plasmática máxima se alcanza después de 30-60 minutos, llegando a tener una vida media entre un mínimo de 2 horas a un máximo de 12, en función de la cantidad absorbida. En cuanto a las dosis recomendadas, la ingesta de 3 a 5 mg/kg de peso corporal parece lo más efectivo. Aun así, es el propio deportista quien debe testar la cantidad que le supone mayor eficacia, comenzando con dosis bajas y sin que llegue a causar efectos secundarios como irritabilidad, descenso de la concentración, temblores, etc. (Cappelletti et al., 2015).

La beta-alanina está considerada como una buena estrategia en el retraso de la fatiga y en la mejora del rendimiento en esfuerzos de alta intensidad. Ante este tipo de ejercicios en los que hay participación de la vía glucolítica anaeróbica, la concentración de iones hidrógeno (H^+) comienza a aumentar en el organismo como resultado de la producción de ácido láctico, conllevando una mayor fatiga muscular. El dipéptido carnosina actúa como uno de los amortiguadores intramusculares más importantes en la reducción de los iones de hidrógeno, ahora bien, la ingesta de carnosina no aumenta sus concentraciones intramusculares. Aquí es donde entra en juego la beta-alanina, precursor de la carnosina, ya que a través de su suplementación se puede incrementar la síntesis y concentración de la carnosina dentro del músculo (Brisola y Zagatto, 2019).

Con respecto a su dosis recomendada, Bellinger (2014) considera que esta no debe superar los 80 mg/kg de peso corporal, siendo la dosis repartida en 4 hasta 8 tomas al día, ya que puede producir leves efectos secundarios como reacciones cutáneas u hormigueos en los minutos próximos.

El bicarbonato sódico, al igual que la carnosina, también tiene un papel fundamental en el aumento del pH y la reducción de los iones de hidrógeno (H^+). El bicarbonato actúa como

amortiguador extracelular, disminuyendo el hidrógeno que llega a la circulación. Por ello, la suplementación con bicarbonato logra efectos ergogénicos agudos en la resistencia muscular, pudiendo aumentar el número de repeticiones realizadas con una carga dada, el trabajo total isocinético, o el tiempo para mantener la producción de fuerza isométrica (Grgic et al., 2020).

Las cantidades recomendadas serán 0,3 g/kg de peso corporal ingerido entre 60-180 minutos antes del ejercicio. Otra opción es dividir la cantidad total e ingerirlo en múltiples tomas (por ejemplo, 0,1 g/kg a 90, 60 y 30 min del ejercicio). Aun así, el tiempo de ingesta no parece influir significativamente. Destacar sus posibles efectos secundarios gastrointestinales, debido a la acumulación de CO₂ en el intestino (Grgic et al., 2020).

Asimismo, autores como Lancha-Junior, de Salles-Painelli, Saunders, & Artioli (2015), sugieren combinar la suplementación de beta-alanina y bicarbonato sódico para mayores beneficios.

Para finalizar, **las bebidas isotónicas** acompañadas con carbohidratos son otro suplemento que puede beneficiar al deportista, debido a su ayuda en la reposición electrolítica y en el impedimento de la reducción de los almacenes de glucógeno, como ya se comentó en el apartado anterior. Con respecto a la cantidad de carbohidratos, parece ser que de 30-60 g/h en forma de una solución de carbohidratos del 6-7% es lo más óptimo para mejorar el rendimiento en ejercicios intermitentes de alta intensidad, teniendo un mayor impacto bajo circunstancias que provoquen gran y/ o hipoglucemia (Baker, Rollo, Stein, & Jeukendrup, 2015; Burke, Hawley, Wong, & Jeukendrup. 2011).

6.10- Factores de riesgo y lesiones más comunes en el corredor de media maratón

Atendiendo a Pribut (2018), son varios los factores de riesgo en el corredor común. Entre las principales causas lesionales encontramos: los errores de entrenamiento o sobreuso (por ejemplo, excesos de intensidad, frecuencia, velocidad o volumen), la distancia recorrida semanalmente, las lesiones previas, las anormalidades biomecánicas, los problemas de fuerza y flexibilidad, el tipo de superficie, o el calzado inadecuado entre otras. No obstante, si nos centramos en la media maratón, Mohseni, Filmalter, Taylor, Vadeboncoeur, & Thomas (2019) plantean que los factores más significativos para las lesiones en esta modalidad son: la falta de programación del entrenamiento y una menor distancia recorrida semanalmente en la preparación.

Hablando ya de las lesiones en el corredor de media maratón, Ellapen, Satyendra, Morris, & van Heerden (2013) manifiestan que la parte anatómica más susceptible a la lesión musculoesquelética es la rodilla, seguido de la tibia/peroné y la parte inferior de la espalda/cadera. Además, los síntomas asociados a patología de carrera son principalmente el dolor sordo, seguido del dolor agudo, malestar, quemazón, radiación, pinchazos, hinchazón y entumecimiento.

Según los diferentes estudios sobre las lesiones más comunes en el corredor, estas pueden resumirse en: el síndrome de dolor patelofemoral, el síndrome de banda iliotibial, el síndrome de estrés medial de la tibia, el síndrome compartimental, la tendinopatía aquilea y las fracturas por estrés (Arnold & Moody, 2018; Gallo, Plakke, & Silvis, 2012; Pribut, 2018).

Empezando por el síndrome de dolor patelofemoral, también conocido como el síndrome de dolor femorrotuliano, se manifiesta como un dolor indefinido en la cara anterior de la rodilla. Esta patología representa un tercio de las lesiones del corredor de largas distancias y puede originar consecuencias como desequilibrios musculares entre los estabilizadores rotulianos, rigidez de isquiotibiales o gemelos, genu valgum, etc. Esta lesión rara vez requiere de tratamiento quirúrgico, ya que, mediante la reducción de las cargas, analgésicos y el posterior fortalecimiento de la musculatura anterior del muslo y cadera es suficiente (Scheer & Murray, 2014).

Continuando con el síndrome de banda iliotibial, causa dolor en la parte lateral de la rodilla debido a un pinzamiento de la banda iliotibial contra el cóndilo femoral lateral cuando la articulación se flexiona de 20 a 30 grados aproximadamente. El dolor aumenta al correr, llegando incluso a aparecer una sensación de estallido. El tratamiento se basa principalmente

en la administración de fármacos antiinflamatorios no esteroideos en combinación con el fortalecimiento de abductores y la mejora de la flexibilidad isquiotibial y de la banda iliotibial (Arnold & Moody, 2018). Dicho síndrome se aclara de forma visual gracias a la figura 5.

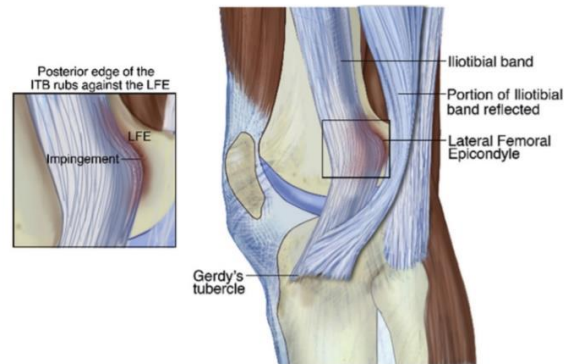


Figura 5. Síndrome de banda iliotibial

Fuente: Baker, R. L., & Fredericson, M. (2016). Iliotibial Band Syndrome in Runners: Biomechanical Implications and Exercise Interventions. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, 27(1), 53-77.

Por otra parte, el síndrome de estrés medial de la tibia se presenta como un dolor en la parte interna o medial de la tibia. Esta patología suele ir asociada a una periostitis y puede confundirse con una fractura por estrés. La estructura lesionada es generalmente el músculo tibial posterior y su tendón, aunque también puede estar afectado el extensor largo de los dedos o el flexor largo del primer dedo. El tratamiento consta de analgésicos, fortalecimiento, estiramiento y modificación de la actividad (Pribut, 2018).

Siguiendo con el síndrome compartimental, este se identifica como el aumento de las presiones intramusculares debido a la acumulación de líquido intersticial y la limitada expansión de los compartimentos fasciales, especialmente los compartimentos anteriores y laterales de las piernas. Este aumento de presión puede causar la oclusión capilar, llegando en el peor de los casos a la muerte celular. Algunos contribuyentes a este síndrome pueden ser la densidad capilar intramuscular, el tipo de composición muscular o la técnica de aterrizaje al correr. El principal tratamiento conservador es cesar la actividad incitante, mientras que el tratamiento quirúrgico más común es la fasciotomía (Gallo et al., 2012).

Para entender mejor el síndrome compartimental, la figura 6 expone los distintos compartimentos que pueden verse afectados en la pierna.

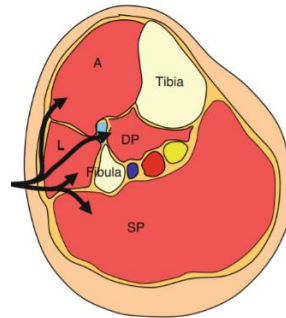


Figura 6. Compartimentos de la pierna en corte transversal

Fuente: Frink, M., Hildebrand, F., Krettek, C., Brand, J., & Hankemeier, S. (2010). Compartment Syndrome of the Lower Leg and Foot. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 468(4), 940-950

Otra patología muy habitual en el corredor es la tendinopatía aquilea. Su pobre vascularización, las grandes cargas de impacto que soporta, así como el ciclo excéntrico y concéntrico de la carrera, pueden ser predisponentes a la inflamación o degeneración del tendón de Aquiles. La mayor parte de estas tendinopatías ocurren en su porción media (2 a 6 cm por encima de su inserción en el calcáneo), cursando con dolor, hinchazón y sensibilidad en dicho tendón. El tratamiento en fases agudas consta de antiinflamatorios y reposo, mientras que, en fases más avanzadas, el trabajo excéntrico logra buenos resultados (Arnold & Moody, 2018).

Por último, las fracturas por estrés también son una de las lesiones más frecuentes en el corredor, siendo la tibia la zona más propensa. Esta patología puede producirse ante los incrementos de velocidad demasiado rápidos y se asocia más a mujeres, como consecuencia de la reducción en los niveles de estrógenos (disminuyendo la densidad ósea). Se presenta dolor y sensibilidad desde la mitad de la tibia hacia el tercio distal. Las indicaciones incluyen cese de la marcha hasta que se pueda ir progresando mediante la carga de peso. La cirugía también puede considerarse si la unión fracasa (Arnold & Moody, 2018).

7. PROPUESTA METODOLÓGICA

7.1- Sujeto

La persona con la que hipotéticamente se aplicará esta propuesta práctica es una mujer de 30 años de edad. Respecto a sus medidas en talla y pesaje, estas son de 159 centímetros de altura y 61 kilogramos de masa corporal, ambos datos proporcionados por ella. En una primera impresión podríamos definir su somatotipo como meso-endomórfico, aunque la antropometría se evaluará detalladamente más adelante.

Es corredora de carreras populares desde hace varios, no obstante, este último año ha querido dar el paso a una modalidad de mayor distancia, iniciándose en las competiciones de media maratón. Con respecto a su historial de lesiones, desde que comenzó a realizar actividad física hace 3 años, no ha presentado ninguna patología previa a destacar.

La mujer es paciente/cliente de una clínica deportiva, llevando dos años contratando los servicios del centro, más concretamente, el área de preparación física y rendimiento deportivo. Hasta ahora, su trabajo entrenando se ha centrado en la mejora de la capacidad aeróbica y la pérdida de grasa, destacando una relevante pérdida de peso (más de 15 kg) desde que comenzó a realizar actividad física en el 2017.

El objetivo principal que tiene nuestro sujeto es conseguir mejorar su nivel de competición, intentando disminuir los tiempos de carrera, tanto de las medias maratones como de las carreras populares de menor distancia.

7.2- Valoración física y antropométrica inicial

Lo más recomendable antes de comenzar con nuestra propia valoración del sujeto sería someter a la persona a un análisis más general, con el objetivo de conocer su estado de salud y los posibles factores de riesgo que pudiera tener. De esta forma, asegurándonos que controlamos todas las variables posibles, podremos actuar con mayor amplitud en la deportista. Lo idóneo para esta valoración previa general sería requerir un análisis sanguíneo y una prueba de esfuerzo, siendo los resultados interpretados por un médico deportivo.

Lo siguiente a valorar serán las medidas antropométricas, las cuales se calcularán de manera manual mediante el uso de calibre de pliegues cutáneos (plicómetro) y cinta métrica. Pese a que este método sea más costoso de tiempo y menos novedoso, tiene gran precisión y eficacia si se realiza correctamente y con el material adecuado (Fernandes-Filho et al., 2017).

Pese a que el registro de pliegues, perímetros y circunferencias puede ser muy extenso, únicamente se medirán cuatro pliegues, siguiendo los estándares de la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (Marfell-Jones, Olds, & Stewart, 2006). Estos cuatro pliegues, abdominal, suprailíaco, subescapular y tricípital, serán los necesarios para estimar el porcentaje graso a través del método Faulkner:

$$\text{Porcentaje graso en mujeres} = (\text{sumatorio pliegues subescapular, tricípital, suprailíaco y abdominal} \times 0,213) + 7,9$$

Además, junto con la ayuda de una báscula y la cinta métrica podremos calcular su índice de masa corporal (IMC). Este será el resultado de dividir su peso (kg) entre su altura (m) al cuadrado, comparando los resultados con los valores normales. Tanto la medición del IMC, del porcentaje graso, como de los pliegues por separado, se podrán utilizar a lo largo de la duración del programa como métodos de evaluación. La figura 7 expone la interpretación del IMC por parte de la Organización Mundial de la Salud.

Clasificación del IMC	
Insuficiencia ponderal	< 18.5
Intervalo normal	18.5 - 24.9
Sobrepeso	≥ 25.0
Preobesidad	25.0 - 29.9
Obesidad	≥ 30.0
Obesidad de clase I	30.0 - 34.9
Obesidad de clase II	35.0 - 39.9
Obesidad de clase III	≥ 40.0

Figura 7. Clasificación del IMC

Fuente: Organización Mundial de la Salud (OMS). s. f. «Clasificación del Índice de Masa Corporal (IMC)». Recuperado 1 de mayo de 2020 (<https://www.who.int/features/factfiles/obesity/facts/es/>). **Nota.** Los valores se aplican a ambos sexos.

Con respecto a la valoración física, comenzaremos evaluando la fuerza máxima. Bien es sabido que la medición de dicha manifestación se solía realizar mediante el cálculo del 1 RM. No obstante, este método provoca demasiada fatiga, la cual no deseamos tener previo a un entrenamiento, y mucho menos, realizárselo a una persona desentrenada en su primer día.

Una opción a considerar para calcular la intensidad de la carga será utilizar la velocidad de ejecución, método de evaluación que tiene buenos resultados, es mucho más rápido y provoca menor fatiga (González-Badillo, Marques, y Sánchez-Medina, 2011).

Por ello, para medir la fuerza máxima del sujeto utilizaremos un acelerómetro o encoder lineal, el cual, con intensidades medias o submáximas y gracias a la curva fuerza-tiempo, nos permitirá estimar con bastante precisión la repetición máxima (Picerno et al., 2016; Rontu, Hannula, Leskinen, Linnamo, & Salmi, 2010). Este instrumento lo aplicaremos en la ejecución de una sentadilla profunda realizada en máquina multipower, para lograr tener una mayor estabilidad y evitar modificar el componente vertical lo mínimo posible.

Siguiendo con la valoración física, evaluaremos la fuerza explosiva y la fuerza elástico-explosiva, puesto que son dos manifestaciones que procederemos a trabajar en nuestro sujeto en esta propuesta. Para ello, se ha considerado como la mejor opción utilizar los saltos como técnica para poder cuantificar dichas manifestaciones. Al elegir los saltos, será la musculatura del tren inferior la principal encargada de generar las fuerzas, lo cual será conveniente si queremos evaluar el entrenamiento de fuerza en una corredora. Con los saltos, además de ser un procedimiento rápido de ejecutar y que no necesita prácticamente de material, podremos evaluar ambos tipos de manifestaciones, discerniendo una de otra en función de qué tipo de salto ejecute nuestra deportista.

De esta manera, utilizaremos el salto con contramovimiento (CMJ) para medir la fuerza elástico-explosiva, ya que involucra el ciclo de estiramiento-acortamiento (CEA); y el salto sin contramovimiento o squat jump (SJ) para medir la fuerza explosiva, al no implicar dicho componente elástico (González-Badillo y Gorostiaga-Ayestarán, 2002).

Tanto el salto con contramovimiento como el squat jump se realizarán en todo el recorrido con las manos en las caderas. La diferencia radica en que el CMJ comienza desde una posición de extensión de rodillas en bipedestación y aprovecha la fase excéntrica de la sentadilla para realizar un salto mayor, produciéndose el cambio de contracción isométrica a contracción concéntrica lo más rápido posible para beneficiarse del CEA. El SJ por su parte, se podría considerar como la mitad del CMJ, puesto que el sujeto parte desde la posición de 90° de flexión de rodillas, siendo siempre un salto de menor altura al únicamente involucrar la fase de acortamiento muscular o concéntrica (Pérez-Soriano y Llana-Belloch, 2015). La diferencia entre ambos saltos se expone de forma visual en la figura 8.

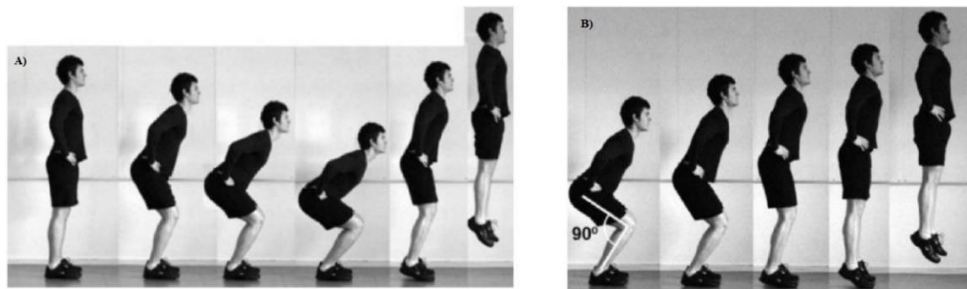


Figura 8. Salto con contramovimiento (CMJ) y squat jump (SJ)

Fuente: Pérez-Soriano, P., & Llana-Belloch, S. (2015). Biomecánica básica: Aplicada a la actividad física y el deporte. Badalona: Paidotribo.

Ahora bien, para cuantificar las magnitudes de los saltos tendremos que utilizar algún instrumento de medida, de forma que se analicen lo más objetivamente posible. La plataforma de saltos, o también llamada plataforma de fuerzas, es una gran opción, pero debido al tratarse de un equipo muy sofisticado y relativamente reciente en el mercado, su coste es muy elevado. La alternativa que se elegirá será My Jump 2, la segunda versión de una aplicación desarrollada por el Doctor Carlos Balsalobre, disponible ahora tanto para dispositivos Android como IOS, la cual parece ser efectiva y de gran utilizar para nuestro caso (Balsalobre-Fernández, Glaister, y Lockey, 2015; Cruvinel-Cabral et al., 2018; Gallardo-Fuentes et al., 2016; Haynes, Bishop, Antrobus, & Brazier, 2019).

Esta herramienta, que utiliza la cámara del teléfono móvil para poder grabar el salto, permite calcular el tiempo de vuelo. Para ello tendremos que indicar el frame o fotograma en el cual se produce el despegue y también el aterrizaje. Obteniendo el tiempo de vuelo, la aplicación utiliza dicha medida para obtener la altura del salto mediante la fórmula $\text{altura (m)} = \text{tiempo de vuelo}^2 \text{ (s)} \times 1,22625$. Además, al introducir los datos personales del deportista como altura, peso, etc. la aplicación generará una ficha con el resto de magnitudes que habrá sacado con el salto:

- Tiempo de vuelo
- Altura del salto
- Velocidad
- Fuerza
- Potencia

Con todos estos métodos comentados anteriormente podremos realizar tanto la valoración inicial de nuestra deportista, como su evaluación durante toda la duración del programa.

7.3- Ficha del deportista

A continuación, se adjunta la ficha modelo que se pasará a la deportista para realizar la valoración inicial y su evolución. Los días en los que se pasará esta ficha para evaluar la evolución del sujeto están concretados más adelante junto con la periodización de las cargas. Dicha ficha puede apreciarse en la figura 9.

VALORACIÓN DEL DEPORTISTA			
----------------------------------	--	--	--

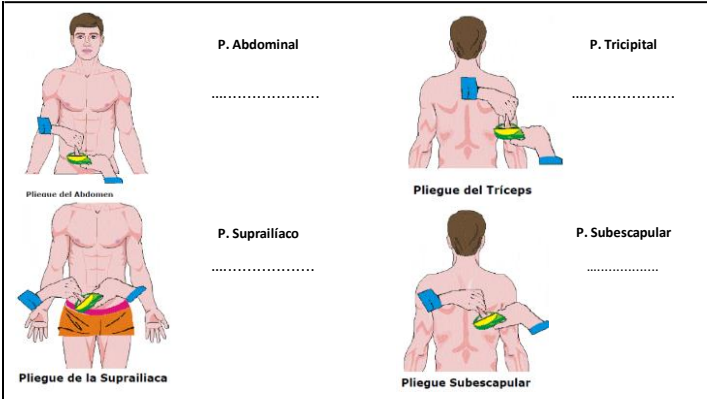
Nombre:	
Apellidos:	
Edad/Fecha Nacimiento:	
Número de teléfono:	

Fecha/Hora:	
Centro Deportivo:	
Deporte Practicado:	
Nº Sesión	

1. MEDICIONES ANTROPOMÉTRICAS

SEXO:	Femenino <input type="checkbox"/>	Masculino <input type="checkbox"/>
ESTATURA:		
PESO ACTUAL:		
% Graso Hombre = (sumatorio pliegues x 0,153) + 5,78		
% Graso Mujer = (sumatorio pliegues x 0,213) + 7,9		

% Graso		% Magro	
Peso Graso		Peso Magro	



2. VALORACIÓN FÍSICA

FUERZA MÁXIMA	
Ejercicio	
Intensidad	
Repeticiones	
Estimación 1RM	

My Jump 2		FUERZA EXPLOSIVA	FUERZA ELÁSTICO-EXPLOSIVA
		Squat Jump (SJ)	Counter Movement Jump (CMJ)
Tiempo de vuelo (ms)			
Altura (cm)			
Velocidad (m/s)			
Fuerza (N)			
Potencia (W)			

Figura 9. Ficha modelo para la valoración inicial y evaluación del deportista

7.4- Objetivos

Distinguiremos dos tipos de objetivos en esta propuesta. Por un lado, aquellos que busca conseguir nuestra deportista, los cuales constituirán los objetivos generales. Por otro lado, los objetivos que perseguimos con el entrenamiento de fuerza, a través de los cuales conseguiremos lograr los objetivos generales.

Objetivos de la deportista (Generales):

- Mejorar su nivel de rendimiento tanto en las carreras populares como en las medias maratones.
- Disminuir los tiempos de competición.
- Lograr una menor fatiga y un menor índice del esfuerzo percibido.

Objetivos del entrenamiento de fuerza (Específicos):

- Mejorar la economía de carrera.
- Aumentar la velocidad en el VO₂max.
- Prevenir las posibles lesiones que pueda ocasionar el running.
- Conseguir una recomposición corporal aumentando el porcentaje magro y disminuyendo el porcentaje graso.
- Mejorar las diferentes manifestaciones de la fuerza.

La consecución de los objetivos generales se comprobará a través de las propias carreras de competición, fijándonos en el puesto conseguido, anotando los tiempos que ha necesitado para completar las pruebas y valorando su fatiga a través de una escala de esfuerzo percibido (RPE).

Con respecto a los objetivos específicos, tanto la mejora de la economía de carrera como la velocidad en el VO₂max son aspectos más difíciles de medir. Para evaluar ambos parámetros es imprescindible conocer el VO₂max, para lo cual sería idóneo realizar pruebas de esfuerzo con medición de gases. Ahora bien, debido a su alto coste, no podemos permitirnos realizar dichas pruebas de forma frecuente, por lo que se optará por otro método para estimar esta medida.

El test de Cooper parece ser una buena prueba para estimar el VO₂max a través de la fórmula $VO_{2max} = (22.351 \times \text{distancia en kilómetros}) - 11.288$ (Bandyopadhyay, 2015). El resto de objetivos específicos, como son la recomposición corporal y la mejora de las manifestaciones de fuerza, se evaluarán mediante la valoración física y antropométrica comentada anteriormente.

7.5- Materiales

Los materiales que se utilizarán para las distintas sesiones del entrenamiento de fuerza se detallarán a continuación, describiendo tanto la utilidad de cada uno de ellos en los ejercicios empleados, como la marca del producto seleccionado.

- Encoder lineal. Se empleará el encoder lineal de la marca Speed4Lifts[®], compuesto de un instrumento óptico encargado de la medición de los movimientos angulares junto con una bobina para linealizar dichos movimientos. La base del dispositivo, gracias a unos imanes, se puede colocar sobre una superficie metálica en el suelo, como es el caso de un disco. La cuerda, de dos metros de longitud, se atará en el objeto a desplazar, en nuestro caso la barra. La utilidad que le daremos en nuestras sesiones será para el cálculo del 1RM, pues como se mostró anteriormente, su aplicabilidad para estimar la intensidad de las cargas ha sido testada. Dicho encoder se muestra en el anexo 1.
- Aplicación para la medición de los saltos. Comentada anteriormente, la aplicación My Jump 2 será la herramienta que utilizaremos para cuantificar los saltos con contramovimiento y los squat jumps. Su funcionamiento, así como su evidencia, está explicado en el apartado 7.2. El formato físico puede verse en el anexo 2.
- Máquina multipower o Smith machine. El modelo con el que se trabajará será BAD Company Olympia I Smith Machine BCA-104, el cual se trata de un sistema simple de barras guiadas a través de una estructura metálica. La máquina permite agregarle peso a través de dos brazos horizontales situados a ambos lados de la barra, pudiendo añadirle discos para aumentar su resistencia. Será una pieza fundamental para trabajar la fuerza con ella, permitiéndonos tener mayor estabilidad a la hora de realizar el movimiento (Migliaccio et al., 2018). Dicha máquina puede verse en el anexo 3.
- Discos. La marca de discos seleccionada es C.P. Sports, fabricados con hierro fundido y engomados por el exterior, con orificio de 50mm acorde con el grosor de las barras de la multipower. Son varios los ejemplares que disponemos, con pesos de 5, 10, 15 y 20 kilogramos. Se emplearán para incrementar la carga de la multipower. Ver anexo 4
- Cajón para saltos. Plataformas de acero de la marca Moracle de distintas alturas (30, 45 y 60cm). Se emplearán en el trabajo de fuerza explosiva y elástico explosiva. Este material puede verse en el anexo 5.
- Fitball. Pelota de goma de la marca domyos que nos servirá para realizar parte del calentamiento. Este material puede verse en el anexo 6.

7.6- Diseño del programa

La propuesta se basará en un programa de fuerza para mejorar el rendimiento de una corredora tanto de media maratón como de carreras populares, fundamentándose en el trabajo de fuerza máxima y fuerza explosiva, tal y como se ha desarrollado en el marco teórico. Previo inicio del programa, será necesario introducir a nuestra deportista en las técnicas y ejercicios que se llevarán a cabo durante su intervención, asegurándonos que domina su ejecución y comprende su utilidad, de forma que trabajemos de forma correcta y segura. Dicha técnica de ejecución se explicará en las descripciones de los ejercicios presentados en las tablas de las sesiones.

La duración del programa tendrá una duración de 10 semanas, ejecutándose un total de 3 sesiones por semana. Dos de ellas estarán encaminadas en el entrenamiento de fuerza, mientras que una tercera se implantará para el trabajo de flexibilidad, trabajo que se realizará en casa por parte de la deportista para evitar posibles acortamientos musculares. La duración del programa se basa en la evidencia compartida por Balsalobre-Fernández, Santos-Concejero, y Grivas (2016), los cuales observaron mayores beneficios en el rendimiento del corredor de larga distancia si la duración del programa de fuerza se mantenía entre 8-12 semanas. Con respecto al número de sesiones por semana, Berryman et al. (2018) consideran la frecuencia 2 en el entrenamiento de fuerza como la periodicidad óptima para el corredor.

Ambas sesiones de fuerza se realizarán en el centro deportivo del sujeto, puesto que cuentan con el material necesario para su trabajo. Además, basándonos en Hartmann et al. (2015) dichas sesiones estarán espaciadas por 48 horas, ya que la fuerza-velocidad en los saltos muestra efectos potenciales tras dos días de un entrenamiento de fuerza máxima, sugiriendo por ejemplo que se lleven a cabo los martes y jueves, dejando otro día de la semana para trabajar la flexibilidad. Cada sesión de fuerza tendrá una duración aproximada de una hora, pues debemos adaptarnos al tiempo que dispone el centro deportivo para cada cliente. Tanto al comienzo y final, así como durante la duración del programa se evaluará a la corredora, para saber si se van cumpliendo las metas marcadas. En caso contrario, tendremos que darnos cuenta lo antes posible de aquello con lo que no conseguimos resultados, para reprogramar y cambiar la metodología.

Las sesiones de fuerza serán de dos tipos, la primera más orientada hacia el trabajo de fuerza máxima, y la segunda más centrada en la fuerza explosiva y elástico-explosiva. En

ambos tipos de sesiones se distinguiremos de calentamiento, parte principal y vuelta a la calma.

Comenzando por el calentamiento, se utilizará el mismo tanto para la sesión de fuerza máxima como para la sesión de fuerza explosiva, puesto que involucran los mismos grupos musculares y los patrones de movimiento no difirieren en exceso. Dicho calentamiento constará de tres partes: 1) Rise, patrones de movimiento del propio deporte (en nuestro caso el running) a baja intensidad, con el objetivo de aumentar temperatura corporal y frecuencia cardíaca sin desperdiciar el tiempo. 2) Activación y movilización, de los grupos musculares, articulaciones y rangos de movimiento que serán clave en la sesión. 3) Potenciación, implicar las actividades de la parte principal incrementando su intensidad hasta un punto en el que el deportista pueda realizarlas en sus máximos niveles (Jeffreys, 2007). Dicho calentamiento se muestra en la tabla 7.

Tabla 7. Calentamiento para las sesiones de fuerza

Tipo de ejercicio	Series-Repeticiones- Descanso	Descripción del ejercicio	Observaciones
Técnica de carrera	4'	Trote a baja intensidad ya sea en máquina de correr o al aire libre	Preparar lo suficiente para el siguiente ejercicio, sin excedernos de tiempo
Trabajo de cadena posterior en fitball	2x20x40''	Decúbito supino, pies encima de fitball, flexión de rodillas y extensión de cadera (ver Anexo)	No trabajar la musculatura de manera individual, sino enfocarnos en movimientos
Zancadas con peso	2x15x40''	Zancadas o tijeras con disco por encima de la cabeza para involucrar core	Buscamos activar todas las áreas que participarán después
Sentadilla	3x6x60''	Aumentar carga en cada serie	Posibilidad de realizar PAP

Nota. El recorrido final de la sentadilla podrá terminar con elevación de talones cuando trabaje la fuerza explosiva.

El calentamiento tendrá una duración aproximada de 15 minutos, entendiendo que el sujeto debe llegar lo más preparado y lo menos fatigado posible a la parte principal.

Continuando con la parte principal, serán diferentes las sesiones de fuerza máxima con respecto a las sesiones de fuerza explosiva y elástico-explosiva. Destacar que la fuerza máxima se puede trabajar tanto con métodos de intensidades máximas y bajos volúmenes como con métodos de menores intensidades y mayor volumen, puesto que lo importante para entrenar esta manifestación es aplicar la máxima cantidad de fuerza (Balsalobre-Fernández y Jiménez-Reyes, 2014). La tabla 8 expone una sesión tipo sobre el entrenamiento de fuerza máxima.

Tabla 8. Parte principal de la sesión de fuerza máxima

Tipo de ejercicio	Series-Intensidad-RIR-Descanso	Descripción del ejercicio	Observaciones
Sentadilla	3x79% RIR 1 Descanso 2'	Sentadilla trasera realizada en multipower al menos hasta los 90° de flexión de rodilla	Mantener la espalda recta en todo el movimiento
Peso muerto piernas rígidas	3x60% RIR 1-2 Descanso 90''	Variante del peso muerto realizada en multipower con rodillas en extensión (ver Anexo 1)	Requiere de buena flexibilidad para trabajar rangos completos
Hip thrust	3x70% RIR 0 Descanso 2'	Puente glúteo realizado en multipower (ver Anexo 2)	Se podrá ejecutar unipodal para mayor dificultad e intensidad
Cuádriceps en pared	2 series al fallo Descanso 60''	Contracción isométrica en posición de sentadilla apoyado en pared	Posibilidad de incrementar dificultad con un disco en los muslos

Nota. La intensidad viene representada por el porcentaje del 1 RM estimado a través del encoder lineal.

A diferencia del entrenamiento de fuerza, en las sesiones de fuerza explosiva y fuerza elástico-explosiva no se buscará realizar repeticiones tan cerca de fallo muscular, pues lo que nos interesa es que nuestra deportista deje más repeticiones en recámara para no fatigarse completamente, manteniendo así la máxima velocidad de ejecución durante el ejercicio. Por tanto, la velocidad es primordial si queremos trabajar estas manifestaciones.

Con respecto a los criterios utilizados para diseñar el entrenamiento pliométrico, el cual se utilizará como método para trabajar la fuerza elástico-explosiva, se siguieron las consideraciones aportadas por Bedoya, Miltenberger, y López (2015). Dichos autores miden el volumen del entrenamiento pliométrico a través del número de contactos en el suelo, siendo lo recomendable para deportistas sin experiencia un volumen de 60-120 contactos por sesión. Seguidamente, se expone una sesión tipo sobre el entrenamiento de fuerza explosiva y elástico-explosiva. La tabla 9 muestra una sesión tipo sobre el entrenamiento de fuerza explosiva y fuerza elástico-explosiva.

Tabla 9. Parte principal de la sesión de fuerza explosiva y elástico-explosiva

Tipo de ejercicio	Series-Intensidad-Reps-Descanso	Descripción del ejercicio	Observaciones
Ejercicio de cargada	4x50% 6 reps Descanso 2'	Ejercicio de halterofilia en el cual se carga la barra desde el suelo hasta los hombros (ver Anexo 3)	Realizar a través de una sentadilla frontal
Sentadillas con salto	3x40% 9 reps Descanso 2'	Sentadilla trasera ejecutada en multipower	Realizar la sentadilla en dos tiempos, dejando pausa entre la fase excéntrica y el salto
Drop Jump	3x15 reps Descanso 60''	Salto tras caída de cajón buscando la máxima altura y velocidad	A mayor altura del cajón mayor aplicabilidad de fuerza
Drach Jump	4x8 reps Descanso 60''	Salto al cajón unipodal desde posición de caballero (ver Anexo 5)	Pisar fuerte el suelo antes de ejecutar el salto

Nota. El ejercicio tendrá que ceder si se produce una disminución de la velocidad.

Por último, una vez finalizada la parte principal de ambas sesiones, se planteará la vuelta a la calma, la cual, al igual que el calentamiento, será prácticamente igual tanto para los entrenamientos de fuerza máxima como de fuerza explosiva y elástico-explosiva. Debido a las limitaciones horarias que disponemos al realizar las sesiones en el centro deportivo, esta última parte del trabajo será la más breve, considerando como más importante la parte principal y calentamiento. La vuelta a la calma propuesta para las sesiones se expone en la tabla 10.

Tabla 10. Vuelta a la calma

Tipo de ejercicio	Duración	Descripción del ejercicio	Observaciones
Caminar	2'	La deportista caminará de forma suave para bajar las pulsaciones	El entrenador puede aprovechar para darle el feedback de la sesión
Movilizaciones	2'	Movilización de todas las estructuras implicadas en la sesión	Buscamos relajar y recuperar de una forma activa

Explicados ya los ejercicios que se realizarán en los dos tipos de sesiones (fuerza máxima y fuerza explosiva, elástico- explosiva), se procederá a detallar la periodización de las cargas durante toda la duración del programa (10 semanas), atendiendo al principio del incremento progresivo. Como se ha comentado anteriormente, se realizarán dos sesiones diferentes de fuerza a la semana, siendo por tanto un total de 20 las que contiene dicho programa (sin contar las sesiones destinadas al trabajo de flexibilidad). Destacar que en esta estimación de cargas a utilizar únicamente se considerarán los ejercicios de las partes principales de cada sesión, puesto que son los relevantes para progresar. En esta periodización también se concreta los días en los que se procederá a evaluar a nuestra deportista. La periodización se muestra en la figura 10.

7.7- Reflexión de la propuesta

El diseño de este programa es una elaboración propia realizada mediante la literatura científica que se ha ido recopilando a lo largo del trabajo. Aunque solo se hayan propuesto dos sesiones modelo, la duración del programa es de 10 semanas, por lo que se tendría que seguir una progresión en intensidad y/o volumen en función del avance de las sesiones. Además, solo se han especificado 2 de las 3 sesiones semanales propuestas, pues al tratarse de un trabajo centrado en el entrenamiento de fuerza no quería enfocarse el entrenamiento de flexibilidad.

Considerando que se trata de un programa con reducido material para trabajar, no excluye que sea efectivo y sencillo de realizar para nuestra deportista. De otro modo, el hecho de poder contar con dicho material en el centro deportivo de la corredora, nos es una gran ayuda para facilitar que se cumplan los objetivos establecidos.

Con este tipo de programa, no solo queremos mejorar el rendimiento en la modalidad deportiva de nuestro sujeto, sino también hacer que la deportista sea consciente de los beneficios que la fuerza puede aportarnos mediante su gran variabilidad de formas de aplicarla. La prevención de las posibles lesiones características del corredor, explicadas en el marco teórico, es otro de los motivos significativos que buscamos conseguir. Con todo ello, nuestro individuo podrá valorarse a sí misma notando las mejoras conforme progresa en su entrenamiento.

Como se ha comentado anteriormente, tras la finalización del programa se volverían a realizar todos los test de valoración para comprobar si este ha sido efectivo en la consecución de las metas a conseguir. Además, podremos aportar el feedback a nuestra deportista y saber para futuras intervenciones si dicho programa nos puede servir o por el contrario necesita ser modificado.

8. MÉTODO

El presente trabajo, al tratarse de una propuesta de intervención, ha obtenido gran variedad de información procedente de varios campos de la actividad física y el rendimiento. A diferencia de una revisión sistemática, el trabajo no se ha centrado en un único aspecto a estudiar, sino que la elaboración del marco teórico se ha realizado mediante la combinación de diferentes ámbitos, intentando relacionarlos de la mejor manera posible.

En este caso, para la elaboración del marco teórico, se han seleccionado tres ámbitos. En primer lugar, el campo de la media maratón y el running, explicando desde sus características, hasta su biomecánica o lesiones más comunes. En segundo lugar, el campo de la fuerza, introduciendo sus beneficios, tipos y formas de trabajarla. Y en tercer lugar la suplementación, comprendiendo previamente la nutrición, para mejorar el rendimiento desde todos los aspectos posibles. Es por ello que no se puede explicar un único método de búsqueda, ya que para cada ámbito se han considerado diferentes criterios.

Aun así, se intentará aclarar de una manera mas generalizada los métodos de búsqueda utilizados para la confección del trabajo.

Comenzando por las fuentes de información, estas han sido de tres tipos. Por un lado, los artículos científicos, extraídos de las bases de datos EBSCO host, PubMed y ResearchGate, los cuales han sido la principal fuente en la que se ha basado el trabajo (81% de las referencias bibliográficas). Por otro lado, los libros y sus derivados (libros online, secciones de un libro...) obtenidos desde Google books en formato digital y desde la biblioteca de la universidad en formato físico, esta fuente de información ha representado el 17% de todas referencias bibliográficas. Por último, y en menor medida (2%), páginas web oficiales de importantes organizaciones como la Organización Mundial de la Salud (OMS) o la Federación Internacional de Atletismo (World Athletics).

En lo que respecta a las bases de datos utilizadas, PubMed fue la base de la que más artículos se extrajeron (71%), seguido en segundo lugar de EBSCO host (22%) y por último ResearchGate (7%). Dichos datos se exponen en la figura 11.

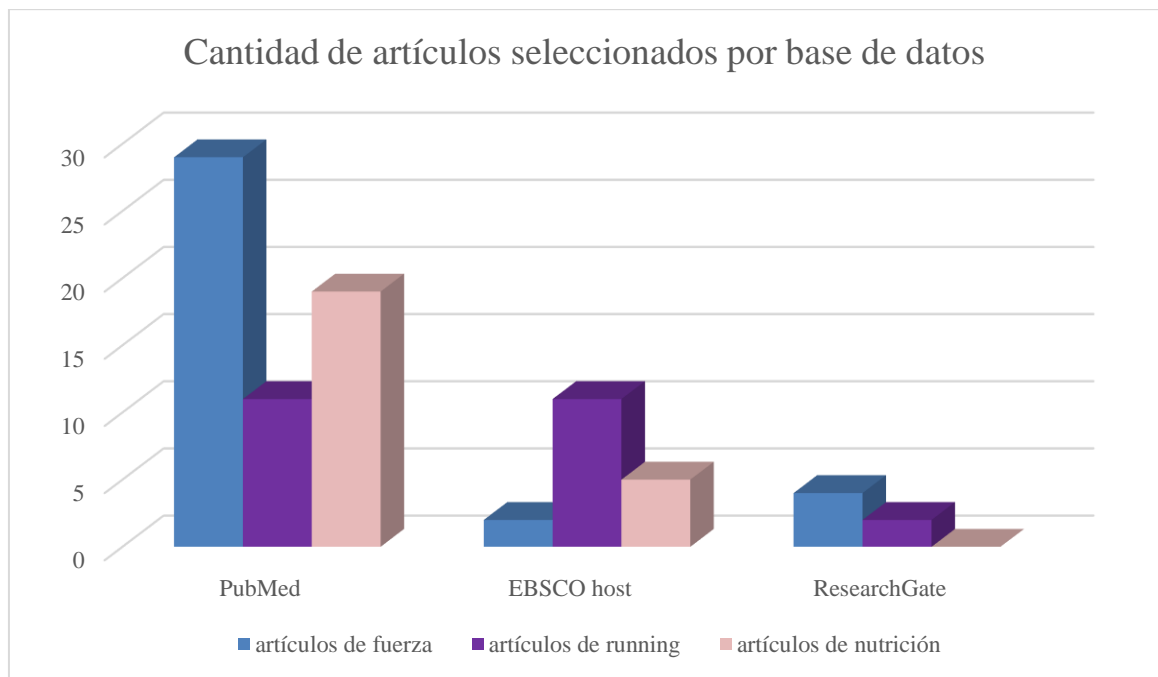


Figura 11. Cantidad de artículos seleccionados por base de datos

Con respecto a los criterios de elegibilidad, los artículos se cribaron en función de la antigüedad y del idioma empleado Únicamente se aceptaron los estudios o artículos con un máximo de fecha de publicación del año 2000, que estuviesen escritos en lengua inglesa y/o castellano. Una vez desechados aquellos que no cumplían con dichos criterios, se procedió a leer el resumen o abstract para poder catalogar algunos de ellos como potencialmente útiles para la elaboración del trabajo. Para finalizar, se seleccionaron los artículos potencialmente útiles que más correlación tenían en el marco teórico, siendo estos un total de 81.

9. CONCLUSIONES

El running constituye una de las actividades físicas más practicadas en todo el mundo, pero dentro de este tipo de ejercicio podemos diferenciar diferentes modalidades. La media maratón, como una de estas modalidades, ha ido ganando auge en los últimos años tanto en la población europea como en la norteamericana, siendo cada vez mayor el número de personas que se inscriben a competiciones y que buscan por tanto mejorar los tiempos de carrera. Muchos de los corredores que realizan esta modalidad únicamente trabajan la resistencia desde la condición aeróbica, ya que, de forma errónea, no creen que el entrenamiento de otras capacidades físicas pueda tener transferencia en la mejora de su rendimiento.

Respecto a la literatura científica plasmada en el marco teórico sobre la fuerza, pensamos que es una forma de entrenamiento que todavía sigue bastante estereotipada por la mayoría de la población, asociando su trabajo únicamente a la búsqueda de hipertrofia. Es por ello que el entrenamiento de fuerza se debe ir dando a conocer cada vez más, comprendiendo su gran variedad de aplicaciones que ofrece, así como los beneficios que nos puede aportar desde el punto de vista de la salud.

A pesar de que no se haya podido llevar a cabo la propuesta, debido a los incidentes surgidos por el Covid-19, la realización del presente trabajo de fin de grado ha cambiado completamente la forma de entender lo que realmente es el entrenamiento del deportista, el cual también se pudo trabajar mediante la realización de las prácticas curriculares. La adquisición de conocimientos específicos de este ámbito durante la elaboración del trabajo ha ayudado a poder aplicar de forma simultánea nuevos conceptos en las prácticas.

En definitiva, se argumenta el cumplimiento de los objetivos preestablecidos, ya que, desde el punto de vista de los objetivos generales, se ha conocido la evidencia científica del entrenamiento de fuerza y se ha revisado la bibliografía referente a la suplementación beneficiosa para el entrenamiento de fuerza. Desde el punto de vista de los objetivos específicos también se argumenta su logro, puesto se ha buscado información desde diferentes fuentes, se ha conocido más en profundidad la modalidad deportiva escogida y se ha podido discernir entre lo menos y lo más fructífero para nuestro deportista.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albracht, K., & Arampatzis, A. (2013). Exercise-induced changes in triceps surae tendon stiffness and muscle strength affect running economy in humans. *European Journal of Applied Physiology*, *113*(6), 1605-1615. <https://doi.org/10.1007/s00421-012-2585-4>
- Almeida, M. O., Davis, I. S., & Lopes, A. D. (2015). Biomechanical Differences of Foot-Strike Patterns During Running: A Systematic Review With Meta-analysis. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, *45*(10), 738-755. <https://doi.org/10.2519/jospt.2015.6019>
- Arnold, M. J., & Moody, A. L. (2018). Common Running Injuries: Evaluation and Management. *American Family Physician*, *97*(8), 510-516.
- Baker, L. B., Rollo, I., Stein, K. W., & Jeukendrup, A. E. (2015). Acute Effects of Carbohydrate Supplementation on Intermittent Sports Performance. *Nutrients*, *7*(7), 5733-5763. <https://doi.org/10.3390/nu7075249>
- Balsalobre-Fernández, C., Glaister, M., & Lockety, R. A. (2015). The validity and reliability of an iPhone app for measuring vertical jump performance. *Journal of Sports Sciences*, *33*(15), 1574-1579. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.996184>
- Balsalobre-Fernández, C., & Jiménez-Reyes, P. (2014). *Entrenamiento de Fuerza. Nuevas Perspectivas Metodológicas*.
- Balsalobre-Fernández, C., Santos-Concejero, J., & Grivas, G. V. (2016). Effects of Strength Training on Running Economy in Highly Trained Runners: A Systematic Review With Meta-Analysis of Controlled Trials. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *30*(8), 2361-2368. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001316>
- Bandyopadhyay, A. (2015). Validity of Cooper's 12-minute run test for estimation of maximum oxygen uptake in male university students. *Biology of Sport*, *32*(1), 59-63. <https://doi.org/10.5604/20831862.1127283>

- Bedoya, A. A., Miltenberger, M. R., & Lopez, R. M. (2015). Plyometric Training Effects on Athletic Performance in Youth Soccer Athletes: A Systematic Review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(8), 2351-2360. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000877>
- Bellinger, P. M. (2014). β -Alanine supplementation for athletic performance: An update. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(6), 1751-1770. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000327>
- Belval, L. N., Hosokawa, Y., Casa, D. J., Adams, W. M., Armstrong, L. E., Baker, L. B., Burke, L., Cheuvront, S., Chiampas, G., González-Alonso, J., Huggins, R. A., Kavouras, S. A., Lee, E. C., McDermott, B. P., Miller, K., Schlader, Z., Sims, S., Stearns, R. L., Troyanos, C., & Wingo, J. (2019). Practical Hydration Solutions for Sports. *Nutrients*, 11(7). <https://doi.org/10.3390/nu11071550>
- Berryman, N., Maurel, D. B., & Bosquet, L. (2010). Effect of plyometric vs. Dynamic weight training on the energy cost of running. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(7), 1818-1825. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181def1f5>
- Berryman, N., Mujika, I., Arvisais, D., Roubéix, M., Binet, C., & Bosquet, L. (2018). Strength Training for Middle- and Long-Distance Performance: A Meta-Analysis. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(1), 57-63. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0032>
- Bompa, T. O. (2006). *Periodización del entrenamiento deportivo*. Editorial Paidotribo.
- Bompa, T. O. (2016). *Periodización. Teoría y metodología del entrenamiento*. Editorial Hispano Europea.
- Brisola, G. M. P., & Zagatto, A. M. (2019). Ergogenic Effects of β -Alanine Supplementation on Different Sports Modalities: Strong Evidence or Only Incipient Findings? *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(1), 253-282. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002925>

- Burke, L. (2010). *Nutrición En El Deporte / Nutrition in Sport: Un Enfoque Práctico / a Practical Approach*. Editorial Médica Panamericana.
- Burke, L. M., Hawley, J. A., Wong, S. H. S., & Jeukendrup, A. E. (2011). Carbohydrates for training and competition. *Journal of Sports Sciences, 29 Suppl 1*, S17-27. <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.585473>
- Cappelletti, S., Daria, P., Sani, G., & Aromatario, M. (2015). Caffeine: Cognitive and Physical Performance Enhancer or Psychoactive Drug? *Current Neuropharmacology, 13*(1), 71-88. <https://doi.org/10.2174/1570159X13666141210215655>
- Cruvinel-Cabral, R. M., Oliveira-Silva, I., Medeiros, A. R., Claudino, J. G., Jiménez-Reyes, P., & Boulosa, D. A. (2018). The validity and reliability of the «My Jump App» for measuring jump height of the elderly. *PeerJ, 6*, e5804. <https://doi.org/10.7717/peerj.5804>
- Damasceno, M. V., Lima-Silva, A. E., Pasqua, L. A., Tricoli, V., Duarte, M., Bishop, D. J., & Bertuzzi, R. (2015). Effects of resistance training on neuromuscular characteristics and pacing during 10-km running time trial. *European Journal of Applied Physiology, 115*(7), 1513-1522. <https://doi.org/10.1007/s00421-015-3130-z>
- Davies, G., Riemann, B. L., & Manske, R. (2015). Current Concepts of Plyometric Exercise. *International Journal of Sports Physical Therapy, 10*(6), 760-786.
- Del Coso, J., Salinero, J. J., Lara, B., Abián-Vicén, J., Gallo-Salazar, C., & Areces, F. (2017). A comparison of the physiological demands imposed by competing in a half-marathon vs. A marathon. *Journal of Sports Medicine & Physical Fitness, 57*(11), 1399-1406. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.17.07056-6>
- Ellapen, T., Satyendra, S., Morris, J., & van Heerden, J. (2013). Common running musculoskeletal injuries among recreational half-marathon runners in KwaZulu-Natal. *South African Journal of Sports Medicine, 25*, 39. <https://doi.org/10.17159/2078-516X/2013/v25i2a372>

- Fernandes-Filho, J., Caniuqueo-Vargas, A., Duarte-Rocha, C. C., Hernández-Mosqueira, C., Roquetti Fernandes, P., Fernandes-da Silva, S., Ramirez-Campillo, R., & Quiroz-Sievers, G. (2017). Evaluation and comparison of five skinfold calipers. *Nutricion Hospitalaria*, 34(1), 111-115. <https://doi.org/10.20960/nh.985>
- Fischetti, F., Camporeale, F., & Greco, G. (2019). Original Article Effects of high-load resistance training versus pyramid training system on maximal muscle strength in well-trained young men: A randomized controlled study. *Journal of Physical Education and Sport*, 19, 80-86. <https://doi.org/10.7752/jpes.2019.s1012>
- Forteza-de la Rosa, A., & Ramírez-Farto, E. (2005). *Teoría, Metodología y Planificación del Entrenamiento: De lo ortodoxo a lo contemporáneo*. Wanceulen Editorial Deportiva.
- Gallardo-Fuentes, F., Gallardo-Fuentes, J., Ramírez-Campillo, R., Balsalobre-Fernández, C., Martínez, C., Caniuqueo, A., Cañas, R., Banzer, W., Loturco, I., Nakamura, F. Y., & Izquierdo, M. (2016). Intersession and Intrasession Reliability and Validity of the My Jump App for Measuring Different Jump Actions in Trained Male and Female Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(7), 2049-2056. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001304>
- Gallo, R. A., Plakke, M., & Silvis, M. L. (2012). Common leg injuries of long-distance runners: Anatomical and biomechanical approach. *Sports Health*, 4(6), 485-495. <https://doi.org/10.1177/1941738112445871>
- Gómez-Molina, J., Ogueta-Alday, A., Camara, J., Stickley, C., Rodríguez-Marroyo, J. A., & García-López, J. (2017). Predictive Variables of Half-Marathon Performance for Male Runners. *Journal of Sports Science & Medicine*, 16(2), 187-194.
- González-Badillo, J., & Gorostiaga-Ayestarán, E. (2002). *Fundamentos del entrenamiento de fuerza: Aplicación al alto rendimiento deportivo*. INDE Publicaciones.

- González-Badillo, J. J., Marques, M. C., & Sánchez-Medina, L. (2011). The Importance of Movement Velocity as a Measure to Control Resistance Training Intensity. *Journal of Human Kinetics*, 29A, 15-19. <https://doi.org/10.2478/v10078-011-0053-6>
- Grgic, J., Rodriguez, R. F., Garofolini, A., Saunders, B., Bishop, D. J., Schoenfeld, B. J., & Pedisic, Z. (2020). Effects of Sodium Bicarbonate Supplementation on Muscular Strength and Endurance: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 15. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01275-y>
- Hafer, J. F., Peacock, J., Agresta, C. E., & Zernicke, R. F. (2019). Segment Coordination Variability Differs by Years of Running Experience. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 51(7), 1438-1443. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001913>
- Hartmann, H., Wirth, K., Keiner, M., Mickel, C., Sander, A., & Szilvas, E. (2015). Short-term Periodization Models: Effects on Strength and Speed-strength Performance. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 45(10), 1373-1386. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0355-2>
- Hawley, J. A., & Leckey, J. J. (2015). Carbohydrate Dependence During Prolonged, Intense Endurance Exercise. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 45 Suppl 1, S5-12. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0400-1>
- Haynes, T., Bishop, C., Antrobus, M., & Brazier, J. (2019). The validity and reliability of the My Jump 2 app for measuring the reactive strength index and drop jump performance. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 59(2), 253-258. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.18.08195-1>
- Helms, E. R., Cronin, J., Storey, A., & Zourdos, M. C. (2016). Application of the Repetitions in Reserve-Based Rating of Perceived Exertion Scale for Resistance Training. *Strength and Conditioning Journal*, 38(4), 42-49. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000218>

- Hoff, J., Gran, A., & Helgerud, J. (2002). Maximal strength training improves aerobic endurance performance. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, *12*(5), 288-295. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0838.2002.01140.x>
- Jäger, R., Kerksick, C. M., Campbell, B. I., Cribb, P. J., Wells, S. D., Skwiat, T. M., Purpura, M., Ziegenfuss, T. N., Ferrando, A. A., Arent, S. M., Smith-Ryan, A. E., Stout, J. R., Arciero, P. J., Ormsbee, M. J., Taylor, L. W., Wilborn, C. D., Kalman, D. S., Kreider, R. B., Willoughby, D. S., ... Antonio, J. (2017). International Society of Sports Nutrition Position Stand: Protein and exercise. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, *14*, 20. <https://doi.org/10.1186/s12970-017-0177-8>
- Jeffreys, I. (2007). Warm-up revisited: The ramp method of optimizing warm-ups. *Professional Strength and Conditioning*, *6*, 12-18.
- Jenkins, J., & Beazell, J. (2010). Flexibility for runners. *Clinics in Sports Medicine*, *29*(3), 365-377. <https://doi.org/10.1016/j.csm.2010.03.004>
- Jeukendrup, A. E. (2017). Periodized Nutrition for Athletes. *Sports Medicine (Auckland, N.z.)*, *47*(Suppl 1), 51-63. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0694-2>
- Karsten, B., Stevens, L., Colpus, M., Larumbe-Zabala, E., & Naclerio, F. (2016). The Effects of a Sport-Specific Maximal Strength and Conditioning Training on Critical Velocity, Anaerobic Running Distance, and 5-km Race Performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *11*(1), 80-85. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2014-0559>
- Kerksick, C. M., Wilborn, C. D., Roberts, M. D., Smith-Ryan, A., Kleiner, S. M., Jäger, R., Collins, R., Cooke, M., Davis, J. N., Galvan, E., Greenwood, M., Lowery, L. M., Wildman, R., Antonio, J., & Kreider, R. B. (2018). ISSN exercise & sports nutrition review update: Research & recommendations. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, *15*. <https://doi.org/10.1186/s12970-018-0242-y>

- Koral, J., & Valdecabres, V. (2014, mayo 1). *Entrenamiento de la Fuerza y Economía de Carrera*. II Simposio Internacional en Avances en Ciencias del Deporte, Sevilla.
https://www.researchgate.net/publication/263587696_Entrenamiento_de_la_Fuerza_y_Economia_de_Carrera
- Kreider, R. B., Kalman, D. S., Antonio, J., Ziegenfuss, T. N., Wildman, R., Collins, R., Candow, D. G., Kleiner, S. M., Almada, A. L., & Lopez, H. L. (2017). International Society of Sports Nutrition position stand: Safety and efficacy of creatine supplementation in exercise, sport, and medicine. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, *14*, 18. <https://doi.org/10.1186/s12970-017-0173-z>
- Kreider, R. B., Wilborn, C. D., Taylor, L., Campbell, B., Almada, A. L., Collins, R., Cooke, M., Earnest, C. P., Greenwood, M., Kalman, D. S., Kerksick, C. M., Kleiner, S. M., Leutholtz, B., Lopez, H., Lowery, L. M., Mendel, R., Smith, A., Spano, M., Wildman, R., ... Antonio, J. (2010). ISSN exercise & sport nutrition review: Research & recommendations. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, *7*, 7. <https://doi.org/10.1186/1550-2783-7-7>
- Lancha Junior, A. H., de Salles Painelli, V., Saunders, B., & Artioli, G. G. (2015). Nutritional Strategies to Modulate Intracellular and Extracellular Buffering Capacity During High-Intensity Exercise. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, *45*, 71-81. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0397-5>
- Lauersen, J. B., Andersen, T. E., & Andersen, L. B. (2018). Strength training as superior, dose-dependent and safe prevention of acute and overuse sports injuries: A systematic review, qualitative analysis and meta-analysis. *British Journal Of Sports Medicine*, *52*(24), 1557-1563. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099078>
- Luedke, L. E., Heiderscheit, B. C., Williams, D. S. B., & Rauh, M. J. (2015). Association of Isometric Strength of Hip and Knee Muscles with Injury Risk in High School Cross Country Runners. *International Journal of Sports Physical Therapy*, *10*(6), 868-876.

- Marfell-Jones, M., Olds, T., & Stewart, A. (2006). *Proceedings of the 9th International Conference of the International Society for the Advancement of Kinanthropometry*. Routledge.
- Martínez-Sanz, J. M., & Urdampilleta, A. (2012). Necesidades Nutricionales Y Planificación Dietética En Deportes De Fuerza. *Motricidad: European Journal of Human Movement*, 29, 95-114.
- Maughan, R. J., Burke, L. M., Dvorak, J., Larson-Meyer, D. E., Peeling, P., Phillips, S. M., Rawson, E. S., Walsh, N. P., Garthe, I., Geyer, H., Meeusen, R., Loon, L. J. C. van, Shirreffs, S. M., Spriet, L. L., Stuart, M., Verne, A., Currell, K., Ali, V. M., Budgett, R. G., ... Engebretsen, L. (2018). IOC consensus statement: Dietary supplements and the high-performance athlete. *British Journal of Sports Medicine*, 52(7), 439-455. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099027>
- McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2015). *Fisiología del ejercicio: Nutrición, rendimiento y salud*. Wolters Kluwer Health España.
- Migliaccio, G. M., Dello-Iacono, A., Ardigo, L. P., Samozino, P., Iuliano, E., Grgantov, Z., & Padulo, J. (2018). Leg Press vs. Smith Machine: Quadriceps Activation and Overall Perceived Effort Profiles. *Frontiers in Physiology*, 9(1481), 8. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01481>
- Mikkola, J., Rusko, H., Nummela, A., Pollari, T., & Häkkinen, K. (2007). Concurrent endurance and explosive type strength training improves neuromuscular and anaerobic characteristics in young distance runners. *International Journal of Sports Medicine*, 28(7), 602-611. <https://doi.org/10.1055/s-2007-964849>
- Millet, G. P., Jaouen, B., Borrani, F., & Candau, R. (2002). Effects of concurrent endurance and strength training on running economy and $\dot{V}O_2$ kinetics. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(8), 1351-1359. <https://doi.org/10.1097/00005768-200208000-00018>

- Mohseni, M. M., Filmlalter, S. E., Taylor, W. C., Vadeboncoeur, T. F., & Thomas, C. S. (2019). Factors Associated With Half- and Full-Marathon Race-Related Injuries: A 3-Year Review. *Clinical Journal Of Sport Medicine: Official Journal Of The Canadian Academy Of Sport Medicine*. <https://doi.org/10.1097/JSM.0000000000000775>
- Moore, I. S. (2016). Is There an Economical Running Technique? A Review of Modifiable Biomechanical Factors Affecting Running Economy. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, *46*(6), 793-807. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0474-4>
- Mucha, M. D., Caldwell, W., Schlueter, E. L., Walters, C., & Hassen, A. (2017). Hip abductor strength and lower extremity running related injury in distance runners: A systematic review. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *20*(4), 349-355. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2016.09.002>
- Niemuth, P. E., Johnson, R. J., Myers, M. J., & Thieman, T. J. (2005). Hip Muscle Weakness and Overuse Injuries in Recreational Runners. *Clinical Journal of Sport Medicine*, *15*(1), 14-21.
- Nikolaidis, P. T., Ćuk, I., & Knechtle, B. (2019). Pacing of Women and Men in Half-Marathon and Marathon Races. *Medicina*, *55*(1). <https://doi.org/10.3390/medicina55010014>
- Oestreich-Janzen, S. H. (2019). Chemistry of Coffee. En *Reference Module in Chemistry, Molecular Sciences and Chemical Engineering* (p. 28). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409547-2.02786-4>
- Ogueta-Alday, A., Morante, J. C., Gómez-Molina, J., & García-López, J. (2018). Similarities and differences among half-marathon runners according to their performance level. *Plos One*, *13*(1), e0191688-e0191688. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191688>
- Oranchuk, D., Nelson, A., Storey, A., & Cronin, J. (2019). Scientific Basis for Eccentric Quasi-Isometric Resistance Training: A Narrative Review. *The Journal of Strength*

<https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000003291>

Peitz, M., Behringer, M., & Granacher, U. (2018). A systematic review on the effects of resistance and plyometric training on physical fitness in youth- What do comparative studies tell us? *PLoS ONE*, *13*(10). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205525>

Peral García, C. (2009). *Fundamentos teóricos de las capacidades físicas*. Vision Libros.

Pérez-Soriano, P., & Llana-Belloch, S. (2015). *Biomecánica básica: Aplicada a la actividad física y el deporte*. Paidotribo.

Phillips, S. M., & Van Loon, L. J. C. (2011). Dietary protein for athletes: From requirements to optimum adaptation. *Journal of Sports Sciences*, *29 Suppl 1*, S29-38. <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.619204>

Picerno, P., Iannetta, D., Comotto, S., Donati, M., Pecoraro, F., Zok, M., Tollis, G., Figura, M., Varalda, C., Di Muzio, D., Patrizio, F., & Piacentini, M. F. (2016). 1RM prediction: A novel methodology based on the force-velocity and load-velocity relationships. *European Journal of Applied Physiology*, *116*(10), 2035-2043. <https://doi.org/10.1007/s00421-016-3457-0>

Potgieter, S. (2013). Sport nutrition: A review of the latest guidelines for exercise and sport nutrition from the American College of Sport Nutrition, the International Olympic Committee and the International Society for Sports Nutrition. *South African Journal of Clinical Nutrition*, *26*(1), 6-16.

Pribut, S. M. (2018). A Quick Look at Running Injuries. *Podiatry Management*, *37*(7), 79-86.

Rodríguez, N. R., DiMarco, N. M., Langley, S., American Dietetic Association, Dietitians of Canada, & American College of Sports Medicine: Nutrition and Athletic Performance. (2009). Position of the American Dietetic Association, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and athletic performance. *Journal of*

- the American Dietetic Association*, 109(3), 509-527.
<https://doi.org/10.1016/j.jada.2009.01.005>
- Rodríguez Pozo, Á. (2017). *Introducción a la nutrición y dietética clínicas*. Universitat de Lleida.
- Rontu, J.-P., Hannula, M. I., Leskinen, S., Linnamo, V., & Salmi, J. A. (2010). One-repetition maximum bench press performance estimated with a new accelerometer method. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(8), 2018-2025.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181c7c433>
- Scheer, V., & Murray, A. (2014). Ultra-Marathon Running Injuries. En *Sports Injuries: Prevention, Diagnosis, Treatment and Rehabilitation* (p. 12). Springer.
https://doi.org/10.1007/978-3-642-36801-1_216-7
- Schumann, M., Pelttari, P., Doma, K., Karavirta, L., & Häkkinen, K. (2016). Neuromuscular Adaptations to Same-Session Combined Endurance and Strength Training in Recreational Endurance Runners. *International Journal of Sports Medicine*, 37(14), 1136-1143. <https://doi.org/10.1055/s-0042-112592>
- Serra, M. C., & Beavers, K. M. (2015). Essential and Nonessential Micronutrients and Sport. En M. Greenwood, M. B. Cooke, T. Ziegenfuss, D. S. Kalman, & J. Antonio (Eds.), *Nutritional Supplements in Sports and Exercise* (pp. 77-103). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-18230-8_5
- Shepherd, J. (2015). *Strength Training for Runners: Avoid injury and boost performance*. Bloomsbury Publishing.
- Skovgaard, C., Christensen, P. M., Larsen, S., Andersen, T. R., Thomassen, M., & Bangsbo, J. (2014). Concurrent speed endurance and resistance training improves performance, running economy, and muscle NHE1 in moderately trained runners. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, 117(10), 1097-1109.
<https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01226.2013>

- Spurrs, R. W., Murphy, A. J., & Watsford, M. L. (2003). The effect of plyometric training on distance running performance. *European Journal of Applied Physiology*, 89(1), 1-7. <https://doi.org/10.1007/s00421-002-0741-y>
- Støren, O., Helgerud, J., Støa, E. M., & Hoff, J. (2008). Maximal strength training improves running economy in distance runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40(6), 1087-1092. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318168da2f>
- Suchomel, T. J., Nimphius, S., Bellon, C. R., & Stone, M. H. (2018). The Importance of Muscular Strength: Training Considerations. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 48(4), 765-785. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0862-z>
- Taipale, R. S., Mikkola, J., Nummela, A., Vesterinen, V., Capostagno, B., Walker, S., Gitonga, D., Kraemer, W. J., & Häkkinen, K. (2010). Strength training in endurance runners. *International Journal of Sports Medicine*, 31(7), 468-476. <https://doi.org/10.1055/s-0029-1243639>
- Thompson, M. A. (2017). Physiological and Biomechanical Mechanisms of Distance Specific Human Running Performance. *Integrative and Comparative Biology*, 57(2), 293-300. <https://doi.org/10.1093/icb/icx069>
- Trowell, D., Vicenzino, B., Saunders, N., Fox, A., & Bonacci, J. (2020). Effect of Strength Training on Biomechanical and Neuromuscular Variables in Distance Runners: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 50(1), 133-150. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01184-9>
- Urdampilleta, A., Martínez-Sanz, J. M., Julia-Sanchez, S., & Álvarez-Herms, J. (2013). Protocolo De Hidratación Antes, Durante Y Después De La Actividad Físico-Deportiva. *Motricidad: European Journal of Human Movement*, 31, 57-76.
- Vasconcelos-Raposo, A. (2005). *Planificación y organización del entrenamiento deportivo*. Paidotribo.

- Warden, S. J., Davis, I. S., & Fredericson, M. (2014). Management and Prevention of Bone Stress Injuries in Long-Distance Runners. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 44(10), 749-765.
- Wernbom, M., Augustsson, J., & Thomeé, R. (2007). The influence of frequency, intensity, volume and mode of strength training on whole muscle cross-sectional area in humans. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 37(3), 225-264. <https://doi.org/10.2165/00007256-200737030-00004>
- Wirth, K., Keiner, M., Szilvas, E., Hartmann, H., & Sander, A. (2015). Effects of Eccentric Strength Training on Different Maximal Strength and Speed-Strength Parameters of the Lower Extremity. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(7), 1837-1845. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000528>
- World Athletics. (s. f.). *Half Marathon*. Recuperado 14 de marzo de 2020, de <https://www.worldathletics.org/disciplines/road-running/half-marathon>
- Yamanaka, R., Ohnuma, H., Ando, R., Tanji, F., Ohya, T., Hagiwara, M., & Suzuki, Y. (2019). Sprinting Ability as an Important Indicator of Performance in Elite Long-Distance Runners. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1-5. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2019-0118>

11. ANEXOS

Anexo 1:



Figura 12. Encoder lineal Speed4Lifts

Anexo 2:

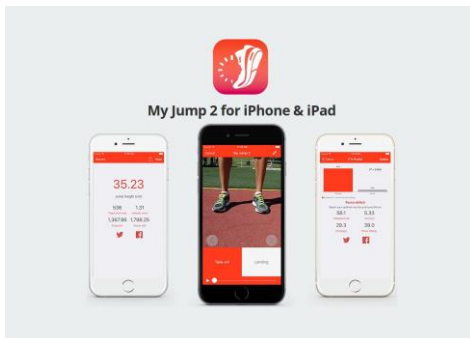


Figura 13. Aplicación móvil MyJump2

Anexo 3:



Figura 14. Multipower BAD Company Olympia I Smith Machine BCA-104

Anexo 4:



Figura 15. Discos CP Sport

Anexo 5:



Figura 16. Plataformas de salto Moracle

Anexo 6:



Figura 17. Fitball Domyos

Anexo 7:



Figura 18. Peso muerto con piernas rígidas

Anexo 8:



Figura 19. Hip thrust

Anexo 9:



Figura 20. Cargada

Anexo 10:



Figura 21. Drach Jump