

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

MÁTER UNIVERSITARIO EN ENTRENAMIENTO Y RENDIMIENTO DEPORTIVO

Curso Académico 2016-2017

PREVENCIÓN DE LESIONES EN CARRERAS DE MONTAÑA

INJURY PREVENTION IN TRAIL RUNNING

Autor: PABLO ORTEGA MARTÍN

Tutor: OLGA MOLINERO GONZALEZ

Fecha: 30-07-2017

Vº Bº TUTOR

Vº Bº AUTOR

RESUMEN

Uno de los deportes más practicados es el *Trail running*, una carrera pedestre, abierta a todos, en un ambiente natural (montaña, bosque, llanuras, etc.), con el mínimo posible de rutas asfaltadas o pavimentadas que no debería exceder al 20% del recorrido total. La falta de atención a la planificación y el entrenamiento previo por parte de la población más sedentaria o menos habituados a este tipo de disciplinas, provoca en la mayoría de los casos una lesión en un corto-medio plazo.

El presente trabajo es una propuesta en la cual se plantea el diseño de una planificación de la prevención primaria para un club de *Trail running*, atendiendo a la epidemiología lesional más común en este deporte, como el síndrome de la banda iliotibial o la condromalacia rotuliana entre otros, así como a las necesidades para alcanzar el rendimiento óptimo.

Este planteamiento preventivo se ha fundamentado en el trabajo de la fuerza en sus distintas manifestaciones, en la cual los ejercicios pliométricos, el trabajo propioceptivo y del Core tienen especial importancia, teniendo en cuenta la evaluación de los sujetos antes, durante y después de realizar dicha propuesta.

Para facilitar su comprensión, se han creado unos protocolos con imágenes a modo de fichas, en las que se detallan las características de cada ejercicio (descripción, duración repeticiones, recuperación). Esta propuesta está diseñada de forma complementaria a la planificación deportiva, adaptándose a las características de los microciclos y macrociclos propuestos dentro de la planificación general de tipo contemporáneo.

Palabras clave: carrera - montaña – prevención – lesiones

ABSTRACT

One of the most practiced sports is the trail running, a pedestrian race in a natural environment (mountain, forest, plains, etc.), with as few as possible non-surfaced path that should not exceed 20% of the total route. Frequently, the lack of attention on planning and previous training by sedentary or less accustomed population, causes a short-medium term injury.

The present work is a proposal in which it is shown the design of a primary prevention planning for a trail running club, attending to injury epidemiology in this sport, such as iliotibial band syndrome or patellar chondromalacia patellar, as well as the needs to achieve optimum performance.

This preventive approach has been based on the work of strength's different manifestations, in which plyometric exercises, proprioceptive and core work have special importance, taking into account the assessment of participants before, during and after its development.

To facilitate their understanding, protocols have been created with images as cards, which detail characteristics of each exercise (description, duration, repetitions, recovery time). This proposal is designed in a complementary way to the sports planning, adapting to the characteristics of the proposed microcycles and macrocycles within a contemporary-type general planning.

Key Words: *Trail running – prevention – injury*

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	5
1.1. CONVENIENCIA DE LA PROPUESTA.....	11
2. CONTEXTUALIZACIÓN	12
2.1. FUNDAMENTOS DEL DISEÑO DEL PROGRAMA DE PREVENCIÓN	15
3. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA DE INTERVENCIÓN Y DISEÑO METODOLÓGICO.....	18
3.1. OBJETIVOS.....	18
3.2. DESTINATARIOS.....	18
3.3. ESTRATEGIAS, ACCIONES Y MEDIDAS ESPECÍFICAS DE INTERVENCIÓN	18
3.4. PLANIFICACION DE ACTUACIONES, CRONOGRAMA, RECURSOS HUMANOS, SISTEMAS DE EVALUACION.....	20
3.4.1. Planificación deportiva.....	20
3.4.2. Cronograma	22
3.4.3. Planificación preventiva.....	24
3.4.4. Protocolos de prevención de lesiones	25
3.4.5. Recursos	42
3.4.6. Sistema de evaluación	42
4. BENEFICIOS Y RESULTADOS ESPERADOS	44
5. VALORACIÓN PERSONAL Y REFLEXIÓN CRÍTICA	44
6. REFERENCIAS	46

1. INTRODUCCIÓN

La realización de actividad y ejercicio físico está cada vez más arraigada a esta sociedad, ya sea para disfrutar de una vida más sana y saludable, o como elemento socializador, fomentando la interacción entre distintos grupos de edad y de clase dentro de la población.

La carrera continua es una práctica que cada vez se lleva más a cabo en España, debido al “boom” que ha surgido en esta última década. Según un estudio sobre las tres últimas encuestas de hábito deportivo de los españoles realizadas por el Consejo Superior de Deportes (CSD), los datos indican que se produjo un incremento en la práctica de la carrera a pie entre la finalización del siglo XX y la primera década del siglo XXI, pasando de un 3,8% de corredores en el año 2000 a un 5,1% en el año 2010 (Tejero-González, 2015).

Dentro de este incremento de actividad física, encontramos que la carrera a pie – popularmente conocida como *running*, es una de las modalidades que más se practica en España hoy en día; ya que representa el 13,4% del total de personas activas, según el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (2015). A partir de este ejercicio físico han ido apareciendo diversas modalidades deportivas relacionadas, entre las que se encuentra la carrera por montaña (*Trail running*).

El concepto de *Trail running*, tal como lo define la *International Trail Running Association* (2017), es una carrera pedestre, abierta a todos, en un ambiente natural (montaña, bosque, llanuras, etc.), con el mínimo posible de rutas asfaltadas o pavimentadas que no debería exceder al 20% del recorrido total.

Por su parte, la *American Trail Running Association* también asume esta misma definición de “Trail” como base, donde destaca el hecho de que la carrera sea por montañas, desiertos o incluso pistas forestales.

Este deporte podría considerarse como derivado del senderismo, que por lo general se lleva a cabo en los lugares más agrestes, muy a menudo en terrenos montañosos con grandes pendientes, donde se asciende y desciende continuamente. Por ello, tanto la naturaleza del terreno como el desnivel del recorrido, además de la distancia, son dos de las características fundamentales de este tipo de carrera.

El camino puede ser variado (caminos, senderos, pistas, etc.) y la ruta debe de estar debidamente marcada. La carrera será idealmente, pero no necesariamente, en autosuficiencia o en semi-autosuficiencia, es decir, con pocos o sin ningún avituallamiento, debiendo llevar cada corredor sus propios líquidos y alimentos; y se llevará a cabo con respeto de la ética deportiva, la lealtad, la solidaridad y el medio ambiente.

Además, la ITRA (2017), realiza una clasificación del tipo de carrera y sus competiciones, según la distancia:

- *Trail* (hasta 42km).
- *Trail Ultra Medio* (M) (desde 42km hasta 69km).
- *Trail Ultra Largo* (L) (desde 70km hasta 99km).
- *Trail Ultra Súper Largo* (XL) (Más de 100km).

Por otro lado, la Federación Extremeña de Montaña y Escalada (2017), hace otra clasificación en función de la altitud:

- *Carreras de baja montaña*: Son aquellas carreras que sobrepasan en algún punto del recorrido los 300 metros de altitud y no sobrepasan los 1000 metros en su cota máxima.
- *Carreras de media montaña*: Son aquellas carreras que sobrepasan en algún punto de su recorrido los 1000 metros de altitud.
- *Carreras de alta montaña*: Son aquellas carreras que sobrepasan en algún punto de su recorrido los 2000 metros de altitud.
- *Carreras de Ultra trail*: Ultra Trail es una marca registrada por la organización del *Ultra Trail Mont Blanc* (UTMB) que se utiliza para definir carreras largas, sin especificar distancia. Por lo general, se consideran carreras de más de 50 Km de longitud.

Asimismo, según la Federación Española de Deportes de Montaña (2017), las carreras de montaña se desarrollan tanto en épocas estivales como invernales, y son una modalidad deportiva que puede desarrollarse en alta, media y baja montaña. Los deportistas que participan en estas competiciones no sólo tienen que ser rápidos, sino demostrar una enorme capacidad de resistencia.

La distancia mínima para que un circuito sea considerado competición oficial es de 21 kilómetros, con un desnivel mínimo acumulado en subida de 1.000 metros. El recorrido de las competiciones será siempre por pistas y caminos no asfaltados, senderos, barrancos, etc. y el recorrido de la carrera no superará el 50% de pista transitable para vehículos.

Dependiendo del terreno en que se realice la competición, pueden hacerse ascensos y descensos con cuerdas, aunque la zona trepada no puede superar el grado II de dificultad o los 40° de pendiente.

Gran parte de esta población que se dedica al *Trail* no lleva a cabo una adaptación al deporte, por el simple hecho de que no se necesitan unos requisitos mínimos, como la pertenencia a ninguna federación deportiva, ni estar preparado física y mentalmente a nivel competitivo para llevarla a cabo, tanto en la competición como por su cuenta. Por tanto, cualquiera puede participar del evento, siendo esto lo que lo convierte en un deporte asequible y atractivo para un elevado número de personas.

Como consecuencia de que este deporte no requiere de unos requisitos mínimos para poder participar en las competiciones, por parte de los deportistas no existe una progresión paulatina para correr en estas carreras, debido quizás a la necesidad de plantearse retos cada vez más altos o por la ausencia de un preparador físico que les marque sus entrenamientos y objetivos de acuerdo a sus posibilidades.

Este interés desmesurado en “saltar” directamente a la montaña, superando las distancias y los desniveles, sin darle la importancia que requiere a la planificación y el entrenamiento previo, por parte de la población más sedentaria o menos habituados a este tipo de disciplinas, provoca en la mayoría de los casos una lesión en un corto-medio plazo.

La problemática que suponen estas dolencias relacionadas con la práctica deportiva es notable en el proceso de entrenamiento-competición, ya que implica su modificación o su interrupción, además del coste económico para los servicios de salud pública y/o privados. Cualquier incidencia lesional altera los planes de entrenamiento, y es un factor importante que debe de ser tenido en cuenta en el control del entrenamiento. La intervención más común dentro del ámbito deportivo se centra en la recuperación de las lesiones para regresar al nivel de rendimiento deportivo anterior, y éste es un proceso costoso desde el punto de vista económico, personal y deportivo (Martínez, 2008).

Para evitar este tipo de inconvenientes, la prevención es fundamental, puesto que es una parte más del proceso deportivo que sirve como complemento perfecto a la preparación física y evita que los deportistas deban parar dicha preparación debido a una lesión.

La afición por correr por montaña ha crecido en la población en los últimos años, por lo que ha dado lugar a que se lleven a cabo más investigaciones sobre los traumatismos lesionales comunes entre los corredores, pero que aún pueden considerarse escasas.

Asimismo, en un estudio realizado a 40 corredores de *Ultra-Trail* con el objetivo de encontrar la tasa de lesiones músculo-esqueléticas en los corredores Ultra-Trail, investigar las áreas anatómicas más sensibles y descubrir relaciones con la predicción de factores para ayudar en la prevención eficaz y rápida de rehabilitación, se halló que el dolor de espalda en la zona lumbar fue la lesión más repetida en los participantes (42,1%), así como en la superficie plantar, aunque en menor medida. También se concluyó que los entrenamientos con doble sesión en un mismo día, guardaban mayor relación con una lesión en la articulación de la cadera (Malliaropoulos, Mertyri, y Tsaklis, 2015). Estos mismos autores definieron el entrenamiento por superficies con distinto desnivel y por montaña y el seguimiento de un programa de entrenamiento personalizado como factores protectores para prevenir lesiones.

Las lesiones óseas por impacto son muy comunes en los practicantes de *Trail running*, así como las lesiones músculo-esqueléticas. Un seguimiento clínico de la carrera *Al Andalus Ultra Trail 2010*, que constaba de 219 km y 5 días para completar el recorrido, recogieron un total de 22 casos acerca de lesiones músculo-esqueléticas de las extremidades inferiores (Scheer y Murray, 2011). Las lesiones de rodilla fueron las más frecuentes, afectando al 7.2% que sufrían de condromalacia rotuliana, y que ha sido descrita como la lesión músculo-esquelética más frecuente en los maratonistas, oscilando entre el 14% y el 31,3%. Otras lesiones en los miembros inferiores incluyeron tendinopatía del tendón de Aquiles (2.9%), tendinopatía de los dorsiflexores del tobillo (1.4%), lesión de la inversión del tobillo (1.4%), bursitis trocánterica (1.4%) y dolores musculares (1.4%) (Scheer y Murray, 2011).

Asimismo, en otro estudio de campo durante la competición de una prueba de Ultra Maratón, se afirmó que el síndrome dolor patelofemoral (PFPS), es la lesión más comúnmente reportada, con una mayor prevalencia entre corredores femeninos. Aunque se desconoce la incidencia exacta de PFPS entre corredores de ultramaratón, algunos estudios retrospectivos informaron una incidencia del 7,2% al 24,3% (Khodae y Ansari, 2012).

Además, se recogió la proporción de lesionados debido a un dolor lateral de rodilla en los corredores, el síndrome de fricción de la banda iliotibial (ITB), o comúnmente llamado la "lesión del corredor" cuya incidencia fue de alrededor del 1,6% al 12%. El dolor se produce generalmente después de una distancia fija, después de la flexión y extensión repetidas de la rodilla, o manteniendo la rodilla en 30 ° de flexión de la rodilla (Khodae y Ansari, 2012).

También se encontraron otros tipos de lesiones en no tan alta proporción, como el síndrome de estrés tibial medial (MTSS) en cerca del 5% de los corredores con mayor prevalencia entre los hombres; seguido por el síndrome de compartimiento de esfuerzo crónico (CECS),

es otra causa común de dolor crónico en las piernas de los atletas (Khodaei y Ansari, 2012).

El cólico muscular asociado al ejercicio es una de las condiciones más comunes a las que se enfrenta un corredor ultra maratón. En una encuesta, el 5% de los corredores de ultra-maratón de 161 km reportaron que el calambre muscular era la razón principal para abandonar la carrera. Se caracteriza por espasmos involuntarios dolorosos durante o inmediatamente después del ejercicio, que se producen principalmente en el complejo gastrocnemio-sóleo, isquiotibiales o cuádriceps. A pesar de la creencia común entre los atletas y entrenadores sobre la evidencia limitada para apoyar que el calor, la deshidratación y el desequilibrio electrolítico son los factores predisponentes de calambres musculares, la fatiga neuromuscular y el aumento de la actividad de excitación de las unidades neuromusculares se han propuesto como los posibles mecanismos (Khodaei y Ansari, 2012).

En cuanto a la fascitis plantar, representa aproximadamente el 8% de las lesiones corrientes y dada en mayor proporción en varones; por su parte, otras lesiones que se suelen producir en estas competiciones, a parte de las ya nombradas anteriormente, son las tendinopatías, dentro de las cuales se encuentran en mayor medida las que afectan al tendón de Aquiles, patelar, peroneo, anterior y posterior tibial (Khodaei,y Ansari, 2012).

La prevención es un elemento necesario dentro de todo deporte. Para ello, debemos conocer qué tipo de deporte va a practicar el sujeto y conocer sus características, es decir, la intensidad del ejercicio, la duración, las lesiones que más se suelen producir, etc. para una vez recogida toda esta información comenzar a realizar la planificación deportiva en base a estos datos. Según la Sociedad Española de Traumatología del Deporte (Melero y Zabala, 2008), existen tres tipos de prevención:

- Prevención primaria: cuyo objetivo es tratar de evitar la aparición de la lesión deportiva, mejorando los hábitos saludables, el aprendizaje correcto de las técnicas deportivas, usando los materiales de protección adecuados y adaptándose al medio ambiente, sobre todo en condiciones adversas.
- Prevención secundaria: con el objetivo de tratar de evitar la repetición de una lesión deportiva, una vez producida. Para ello, se debe asegurar una atención especializada a pie de pista. Realizar un diagnóstico exacto de las lesiones y un tratamiento que permita la curación “ad integrum” y la recuperación funcional en el menor tiempo posible.

- Prevención terciaria: es la más especializada, ya que trata de evitar la aparición de lesiones deportivas específicas en zonas de sobrecarga o estrés, típicas de cada deporte. Cualquier persona que teniendo una alteración anatómica la someta a un stress repetitivo por entrenamiento deportivo o competición tiene un riesgo aumentado de sufrir una lesión crónica.

En este caso, nosotros nos hemos decantado por trabajar dentro de la primera de este tipo de prevención, la primaria, puesto que conociendo el deporte a practicar podemos llevar al mismo tiempo la prevención y la preparación física, siendo de esta manera un complemento ideal para el mayor rendimiento deportivo.

Al mismo tiempo que establecemos los tipos de prevención que existen y en cuál de ellas nos vamos a centrar, también cabe destacar aquellos factores predisponentes que suelen producir lesiones en los corredores de montaña.

Por un lado, el terreno en sí donde se realizan las competiciones y entrenamientos, puesto que el correr con cierto nivel de pendiente, que es inherente a las *Trail*, puede conducir a una mayor fricción en la zona de la banda iliotibial (Khodaei, y Ansari, 2012), además de generar un estrés por impacto e inestabilidad de las superficies.

Por otra parte, la técnica de carrera es un elemento fundamental en este tipo de carreras, y una mala ejecución de esta también puede desembocar a la larga en una lesión. Así pues, en un estudio de Rothschild (2012), se observó que en un apoyo de antepié o mediopié, el tobillo es el que absorbe todo el impacto de manera excéntrica, produciéndose un uso excesivo de la musculatura implicada en el movimiento: tendones, ligamentos y músculos de la espalda baja; por lo que se considera una fuente potencial de lesiones, sobre todo en los metatarsianos, y fracturas por estrés.

Además de estos factores, también existe otro agente que puede dar lugar a una lesión como es el calzado. Existen innumerable cantidad de zapatillas con distintas texturas y diseños, pero entre ellas se ha abierto paso poco a poco el calzado minimalista. Hemos encontrado estudios que no demuestran que el calzado minimalista sea efectivo ya que denotan mayor riesgo de lesión como se refleja en un aumento del edema óseo post-intervención (Ridge et al., 2013), mayor dolor (Ryan, Newsham-West y Tauton, 2013) o mayor pico de impacto y ratio de carga (Moore, Pitt, Nunns y Dixon, 2014).

1.1. CONVENIENCIA DE LA PROPUESTA

Hemos escogido como tema para el desarrollo de nuestro Trabajo Fin de Máster (TFM) la realización de un estudio sobre la prevención de lesiones en las carreras de montaña o, comúnmente llamadas *Trail*, y su posterior aplicación práctica.

Para ello utilizaremos de forma más aplicada el modelo de prevención de lesiones en cuatro etapas desarrollado por Van Mechelen, Hlobil y Kemper (1992), que se utiliza a menudo para orientar la investigación de prevención de lesiones:

TABLA 1: MODELO DE PREVENCIÓN DE LESIONES EN CUATRO ETAPAS (VAN MECHELEN, HLOBIL Y KEMPER, 1992)

1ª Etapa	2ª Etapa	3ª Etapa	4ª Etapa
Establecer el alcance del problema (es decir, la incidencia de lesiones).	Estudiar la etiología de las lesiones	Introducir medidas preventivas.	Evaluar la efectividad de las medidas preventivas cuando se repita el primer paso.

Antes, un amplio sector de la población de corredores entrenaba por su cuenta. Actualmente, por fortuna hay cada vez menos, puesto que son guiados por su monitor de gimnasio o incluso tienen un entrenador personal, pero aun así, la mayoría de estos entrenadores promueven unos modelos de preparación física que consisten en llevar a sus corredores a competir en un corto plazo, dejando de lado la especificidad de los entrenamientos de acuerdo a las necesidades del deporte.

Es por ello, que observamos que existe un vacío que debemos ocupar sobre el entrenamiento basado en la prevención, atendiendo a los factores de riesgo, al tipo de carreras o a las causas de lesión más importantes que conllevan la práctica de este tipo de deporte.

Para establecer un sujeto o grupo de sujetos concretos, procederíamos a aplicar este plan de acción en el *Club Deportivo Neblina Valleseco Trail*, puesto que es el club de *Trail running* de mi pueblo, donde se necesita una planificación deportiva junto con un protocolo preventivo, debido al elevado número de lesionados que tiene el club y al no existir un profesional encargado de la preparación física de los corredores.

En este caso, la propuesta sobre la prevención de lesiones en deportistas de montaña nace acorde a varias de las competencias a adquirir durante la realización de este curso. Esto es, aplicar novedosas metodologías de entrenamiento de manera sistemática y adaptada a las necesidades de un deportista/grupo; diseñar y llevar a cabo procesos sistemáticos y rigurosos de análisis del rendimiento, en situaciones de entrenamiento y competición, orientados a la valoración de las capacidades físicas, las habilidades y el desempeño técnico-táctico; y por último, cuantificar y controlar las cargas de entrenamiento y competición, mediante distintos valores subjetivos como la sensación de recuperación muscular o la sensación de fatiga y mejora, y objetivos como las zonas de entrenamiento; como base para planificar de manera científica los estímulos de preparación y programas de ejercicio encaminados a la mejora del rendimiento.

Asimismo, de manera más específica con un contenido que se trata en una de las asignaturas que se imparten en el Máster, - *Readaptación funcional del deportista*-, también podemos establecer una relación con el tema a desarrollar, ya que se pretende identificar los principales factores de riesgo desencadenantes de lesiones deportivas, poniendo en práctica la planificación de entrenamientos personalizados para su prevención.

Por tanto, gracias a los conocimientos adquiridos durante las sesiones magistrales, prácticas, ponencias y charlas en el Máster, más la experiencia en este tipo de deporte y sus consecuencias, ya sea en nuestro entorno o en lo que observamos en el día a día de la población, estos aspectos nos han llevado a elegir como TFM este tema para tratar de ahondar de forma concienzuda en los mecanismos que se llevan a cabo para evitar este tipo de situaciones lesivas. Ante la situación definida, hemos creído necesario realizar una planificación de entrenamientos y/o ejercicios preventivos con el fin de reducir los riesgos de lesión en los corredores de montaña.

2. CONTEXTUALIZACIÓN

Así como el conocimiento de los mecanismos para la prevención de lesiones y la propia epidemiología lesional son factores fundamentales para conocer el deporte al que queremos dirigir esta propuesta de acción, es necesario también saber cuáles son los factores de rendimiento característicos del *Trail Running*.

Tras una revisión bibliográfica, Ogueta-Alday y García-Lopez (2016), establecieron cinco grandes bloques de factores que afectan al rendimiento durante las carreras de fondo (Figura 1).

Factores que afectan al rendimiento en carreras de fondo				
1. Ambientales	2. Entrenamiento	3. Fisiológicos	4. Biomecánicos	5. Psicológicos
1.1. Aire/viento	2.1. Resistencia	3.1. VO_{2max}	4.1. Antropometría	5.1. Intervención
1.2. Temperatura	2.2. Fuerza	3.2. Umbral ventilatorio	4.2. Leg-stiffness	5.2. Dirección atención
1.3. Humedad	2.3. Aclimatación calor	3.3. Economía carrera	4.3. Flexibilidad	5.3. Música
1.4. Altitud	2.4. Altura	3.4. Edad	4.4. Patrón de pisada	
1.5. Pendiente terreno		3.5. Género	4.5. Calzado	
		3.6. Fibras musculares	4.6. Ostitis plantares	
		3.7. Fatiga	4.7. Parámetros e-t	
		3.8. Raza		

FIGURA 1: TABLA FACTORES RENDIMIENTO (OGUETA-ALDAY Y GARCÍA LÓPEZ, 2016).

Los *factores ambientales* (aire o viento, temperatura, humedad, altura, pendiente del terreno) están altamente ligados con las condiciones climatológicas o localización geográfica de la competición, y juegan un papel muy importante sobre el rendimiento que se consigue en la misma (Ogueta-Alday y García-Lopez, 2016).

El *aire o viento* contra el que se enfrenta el corredor, o la velocidad a la que el corredor choca contra el aire, afecta negativamente al rendimiento, ya que para vencer esa resistencia, el corredor necesita aplicar una mayor fuerza, lo que supone un mayor gasto de energía (García-López, 2008).

A su vez, la *temperatura*, también es un factor condicionante para el rendimiento, puesto que el número de intervenciones médicas durante las carreras se ve aumentado por debajo de los 5°C y a partir de los 15°C (El Helou et al., 2012). Por lo tanto, se puede afirmar que el rango óptimo de temperatura durante las carreras de fondo oscila entre 5-15°C (Ogueta-Alday y García-Lopez, 2016).

Los efectos de la *humedad* en el rendimiento durante las carreras de fondo también son claros, determinándose que una mayor humedad en combinación con una elevada temperatura provoca un mayor estrés térmico que sólo una alta temperatura (Ogueta-Alday y García-López, 2016).

Algunos autores han observado que la velocidad de carrera en una prueba de 8 km es 1.5 km·h⁻¹ mayor con “frío” (15°C) y humedad (60%), que con calor (35°C) y humedad (60%) (Marino, Lambert y Noakes, 2004). En esta última situación se limita la evaporación del sudor, ya que el cuerpo sigue perdiendo agua y electrolitos sin pérdida efectiva de calor (Maughan, 2010).

La *pendiente del terreno*, característica de la modalidad deportiva del *Trail Running*, es otro condicionante a tener en cuenta, ya que Instintivamente los sujetos tienden a autorregularse

dependiendo de los diferentes gradientes y superficies del terreno, y son los corredores que más varían y adaptan su velocidad de carrera en función de las circunstancias, manteniendo el nivel de esfuerzo y la frecuencia de zancada, los que obtienen un mejor resultado (Townshend, Worringham y Stewart, 2010).

En lo que se refiere a los *aspectos fisiológicos*, es indudable que el *consumo máximo de oxígeno* ($VO_2\text{máx}$) ha sido el principal objeto de estudio como factor relacionado con el rendimiento. Es una variable relacionada con la capacidad aeróbica, y está muy vinculada al rendimiento en carreras de fondo, conociéndose que a mayor $VO_2\text{max}$, mayor rendimiento (McArdle, Katch y Katch, 2004). Los valores típicos para personas sanas oscilan entre los 35-45 $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, mientras que los deportistas de resistencia (esquiadores, corredores, ciclistas, etc.) pueden llegar a alcanzar 60-80 $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ (McArdle, Katch y Katch, 2004).

A su vez, el *umbral ventilatorio 2* (VT2) hace referencia a la máxima intensidad de esfuerzo que un sujeto puede mantener de manera prolongada en el tiempo (Ogueta-Alday y García-Lopez, 2016). Esta variable tiende a tomarse como una medida representativa del nivel de entrenamiento aeróbico y se ha observado que se encuentra en deportistas de fondo entrenados alrededor del 80-90% del $VO_2\text{max}$ (López Chicharro, Calvo Martínez y Fernández Vaquero, 2001).

Además, en atletas de fondo y medio fondo se ha señalado (Fredericson y Moore, 2005) que es necesaria una sólida base de equilibrio muscular y de estabilidad central en estos corredores, ya que, han encontrado que la debilidad o falta de suficiente coordinación en la musculatura central puede llevar a movimientos menos eficientes, patrones de movimientos compensatorios, tensión, sobreuso, y por último llegar a una lesión.

Por otra parte, también hay que hacer mención a otros condicionantes que en menor medida influyen en el rendimiento. Es el caso del *calzado técnico* para las carreras de montaña, ya que en la actualidad se cuentan con diferentes tipos, desde auténticas zapatillas con cámara de aire y/o gel en su suela, hasta el calzado minimalista o simplemente correr descalzo. Centrándonos en el calzado minimalista, existe mucha controversia en cuanto a su utilidad y beneficios con respecto al calzado funcional. Como indican Miller, Whitcome, Lieberman, Norton y Dyer (2014), las zapatillas convencionales reducen el trabajo de los músculos intrínsecos del pie interfiriendo en la función normal del arco plantar. Además, concluye que el entrenamiento de resistencia en zapatilla minimalista conduce a una mayor función de elasticidad en el arco del pie y conlleva mayores demandas de los músculos intrínsecos que sostienen el arco, fortaleciendo el pie.

La mayoría de los factores hasta aquí comentados son de naturaleza extrínseca, es decir, que no se pueden modificar. Tous y Romero (2010), tras la revisión de numerosos artículos establecieron un cuadro con los principales factores intrínsecos:

FACTORES INTRÍNSECOS	
HISTORIA LESIVA	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Lesiones previas <input type="checkbox"/> Rehabilitación inadecuada
CUALIDADES FÍSICAS Y FACTORES RELACIONADOS	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Alteración propioceptiva <input type="checkbox"/> Falta de fuerza <input type="checkbox"/> Capacidad de coordinación (relación con los conceptos de técnica deportiva y táctica individual) <input type="checkbox"/> Gran laxitud articular, causa de inestabilidades funcionales <input type="checkbox"/> Falta de extensibilidad muscular <input type="checkbox"/> Desequilibrios musculares agonista – antagonista: destaca el de cuádriceps – isquiosurales <input type="checkbox"/> Fatiga muscular <input type="checkbox"/> Aumento del retraso electromecánico (EMD), como detonante del aumento de histéresis del complejo miotendinoso
FACTORES INHERENTES AL DEPORTISTA	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Género <input type="checkbox"/> Edad <input type="checkbox"/> Predisposición genética <input type="checkbox"/> Factores fisiológicos, tales como el nivel de estrógeno y la ovulación <input type="checkbox"/> Características de la musculatura (capacidad de fuerza explosiva) <input type="checkbox"/> Extremidad dominante – no dominante <input type="checkbox"/> Etnia del deportista
FACTORES MORFOLÓGICOS	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Alteraciones generales de la postura <input type="checkbox"/> Alteraciones posturales localizadas, tales como los desalineamientos segmentarios (se destaca la hiperpronación del pie y un aumento del ángulo Q de la rodilla) <input type="checkbox"/> Características morfológicas: se destacan casos como las dimensiones de la ranura intercondílea y el tamaño del LCA (lesiones referidas a este ligamento)
NIVEL DEPORTIVO	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Inexperiencia del deportista <input type="checkbox"/> Categoría federativa
FACTORES PSICOLÓGICOS	

FIGURA 2: FACTORES INTRÍNSECOS DEL DEPORTISTA (TOUS Y ROMERO, 2010).

2.1. FUNDAMENTOS DEL DISEÑO DEL PROGRAMA DE PREVENCIÓN

Dentro del bloque de entrenamiento, podemos encontrarnos con las dos principales capacidades físicas básicas que se trabajan para alcanzar el máximo rendimiento de estos corredores: la resistencia y la fuerza.

La resistencia ha sido el principal instrumento para entrenar en atletismo, por lo que su transferencia hacia las carreras de montaña está constatada.

La cuantificación del entrenamiento de resistencia se realiza comúnmente dividiendo el trabajo en tres zonas de intensidad: *Zona 1* (baja intensidad, por debajo del VT2), *Zona 2*

(intensidad moderada, entre el VT1 y VT2) y Zona 3 (alta intensidad, por encima del VT2) (Esteve-Lanao, Foster, Seiler y Lucia, 2007). Se ha observado que una acumulación de gran volumen a intensidades bajas de entrenamiento (Zona 1) puede inducir a un aumento de la síntesis de proteínas mitocondriales, provocando una mayor disponibilidad energética y un menor estrés del sistema autónomo (Seiler y Kjerland, 2006). El trabajo en Zona 2, sin embargo, aunque resulta beneficioso para corredores principiantes o no entrenados, es poco provechoso para corredores de cierto nivel (Esteve-Lanao et al., 2007), ya que se trata de un estímulo muy fatigante, que genera mucho estrés sobre el sistema simpático y puede conllevar al sobreentrenamiento (Esteve-Lanao et al., 2007; Muñoz et al., 2014).

Así pues, al ser el tipo de entrenamiento más longevo para entrenar en atletismo, muchos de las herramientas utilizadas se pueden transferir al *Trail Running* realizando pequeñas modificaciones. Entre estos métodos podemos encontrarnos desde el *entrenamiento cruzado*, que se basa en el principio de la variedad, puesto que se trata de dar distintos estímulos al organismo y evitar lesiones realizando otro tipo de disciplinas como ciclismo, *aquarunning*, bicicleta elíptica e incluso esquí de montaña; pasando por el *entrenamiento por sensaciones*, que trata sobre realizar los entrenamientos por lo que pide el cuerpo, dejando de lado el tiempo, ritmo y demás.

También, dentro de la resistencia nos encontramos los diferentes métodos de entrenamiento para el *Trail running*, como los métodos continuos: trote suave, carrera continua suave, carrera continua media, carrera continua intensiva; los métodos continuos con variación y/o desnivel: carrera con cambios de ritmo, fartlek, *Trail Running* con desnivel positivo y ritmo variable y/o polarizado; y el entrenamiento fraccionado: interval en llano y en cuesta, series cortas, medias y largas, y series de *Trail Running* con desnivel positivo.

Por su parte, el entrenamiento de la fuerza y la potencia en la última década ha ido incrementado su papel dentro del *Trail Running*. La potencia específica en los deportes de resistencia es particularmente interesante, ya que sería la habilidad del sistema neuromuscular de producir fuerza rápidamente después de un período de ejercicio de alta intensidad (por ejemplo, el sprint final de una carrera) (Santos-Concejero, 2015).

Una de las limitaciones para desarrollar esta capacidad es, por ejemplo, la función neuromuscular, siendo el entrenamiento de fuerza la mejor estrategia para trabajarla (Paavolainen, Nummela y Rusko, 2000). Se sabe que adaptaciones y cambios a nivel neuromuscular (rigidez músculo-tendinosa, patrón de reclutamiento de fibras y su sincronización, inhibición neural, coordinación intra e intermuscular, etc.) son claves para mejorar el rendimiento en las pruebas de fondo, y no sólo por la ganancia de potencia

específica, sino también porque pueden mejorar la economía de carrera (Zatsiorsky y Kraemer, 2006).

Así pues, a la hora de planificar hay que tener en cuenta sus distintos tipos de expresión, así como la combinación correcta de estas, teniendo en cuenta los diferentes tipos de acciones musculares (isométrica, concéntrica y excéntrica). Además de ello, se debe hacer hincapié en la propiedad de extensibilidad y elasticidad de la musculatura, con lo que va a permitir una mayor deformación muscular y un aumento de la potencia desarrollada, al mismo tiempo que favorece la formación de músculo capaz de soportar cargas lesivas (Romero y Tous, 2010).

Por tanto, para poder desarrollar esta capacidad física básica utilizaremos ejercicios de fuerza base en aparatos, para realizar un proceso de adaptación en los deportistas en el trabajo de fuerza. Asimismo, también llevaremos a cabo ejercicios de fuerza funcional, donde tendrán que soportar su propio peso, provocando el trabajo de los músculos estabilizadores.

Una vez los sujetos hayan obtenido unos niveles de fuerza normales, procederíamos a utilizar instrumentos con mayor carga e impacto para la musculatura, como pueden ser los *ejercicios pliométricos*, que con su ciclo de estiramiento-acortamiento del músculo se logra acumular una mayor fuerza reactiva mejorando la potencia (Pérez, 2014); o la fuerza máxima, que permite ganar coordinación intramuscular y un alto porcentaje de fuerza absoluta sin hipertrofiar, etc.

De forma paralela a este trabajo de fuerza, trabajaremos la *propiocepción* del deportista, esto es, la capacidad del cuerpo para la percepción de la conciencia de posición, movimiento articular, velocidad y detección de la fuerza del movimiento, el cual consta de tres componentes. Actualmente ésta incluye la conciencia de posición y movimiento articular, velocidad y detección de la fuerza de movimiento (Mercado et al, 2003). Esta herramienta es necesaria para tener una buena estabilidad en las articulaciones del tren inferior, ya que, debido a la variabilidad de terrenos en montaña, obliga al deportista a cambiar su patrón de carrera en todo momento. Si el deportista no es consciente de la forma en que apoya el pie, de cómo se reparte el peso del cuerpo o de dónde está pisando, probablemente en un corto plazo el sujeto sufrirá algún tipo de lesión.

Por tanto, un trabajo con perturbaciones para estimular de forma óptima los receptores propioceptivos, posibilitará la adquisición de patrones motores mediante la facilitación o inhibición de la musculatura necesaria en cada situación fuerza (Romero y Tous, 2010).

3. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA DE INTERVENCIÓN Y DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. OBJETIVOS

Los objetivos generales que se pretenden alcanzar en la realización de este TFM son:

- Establecer un protocolo de prevención para los corredores de montaña del Club Deportivo Neblina Valleseco Trail.

Los objetivos específicos que a su vez se van a desarrollar para su consecución son:

- Conocer la epidemiología lesional más común en las carreras de montaña.
- Conocer los factores de riesgo intrínsecos y extrínsecos que rodean al *Trail running*.
- Diseñar una planificación deportiva para el calendario de carreras de montaña en un club.

3.2. DESTINATARIOS

Cómo ya hemos comentado al inicio de la exposición de la intervención, esta propuesta está dirigida a los corredores de Montaña del *Club Deportivo Neblina Valleseco Trail*, para afrontar el calendario de carreras de verano con la realización del protocolo de prevención de lesiones, para *a posteriori* poder disputar las diferentes competiciones.

En dicho club, hay distintos perfiles de *Trail runners*, encontrándose, por un lado, corredores de distancias cortas (entre 10 y 15 km) y corredores de distancias medias y largas (20 km en adelante).

3.3. ESTRATEGIAS, ACCIONES Y MEDIDAS ESPECÍFICAS DE INTERVENCIÓN

Para llevar a cabo este protocolo de prevención de lesiones para corredores de montaña, tenemos que planificar el trabajo frente a un calendario de competiciones.

Para ello, llevaremos a cabo una planificación del entrenamiento de estos sujetos, en la cual desarrollaremos los distintos protocolos de prevención de las lesiones más comunes que hemos explicado durante la contextualización de la propuesta.

Al inicio, durante y después de la realización de estos protocolos, se harán evaluaciones para conocer la eficiencia y efectividad de los entrenamientos, poniendo especial atención a aquellos mecanismos lesionales más frecuentes que se pueden encontrar con la práctica del *Trail running*.

Las competiciones en las que van a participar nuestros sujetos se encuentran dentro del circuito de carreras de la isla de Gran Canaria, en la temporada de primavera-verano.

A continuación, procederemos a explicar en un cuadro descriptivo las características de cada carrera en la que van a participar los integrantes del club Neblina Valleseco Trail:

TABLA 2: TABLA DEL CALENDARIO DE COMPETICIONES 2016-2017.

Competición	Fecha	Descripción	Distancias
 Circular de Tejeda	27/05/2017	Carrera apta para corredores de todos los niveles porque ofrece diferentes distancias y unos tiempos de realización bastante holgados. Se celebra desde 2008 en Tejeda, municipio del centro – occidental de Gran Canaria, la zona más elevada de la isla.	70K/ 41K/ 21K/ 12K
 Arténara Trail	17/06/2107	Pocos municipios tan célebres y con tanta tradición en lo que a carreras por montaña se refiere como el de Arténara. En pleno corazón de Gran Canaria, esta localidad vive desde hace ya cinco años una auténtica fiesta del <i>Trail</i> , donde podremos adentrarnos en la presa de Lugarejos, las Arbejas, Acusa o la pista de Guardaya, para terminar en pleno centro del pueblo con la traca final en la plaza.	31K/ 16K/ 10K
 Traiña Trail Mogán	01/07/2107	Tenemos un mar de ilusiones, en que ésta IV Edición de la carrera a la luz de la luna se convierta en un referente para los amantes de este deporte de montaña, durante la temporada estival. Sólo deseamos que la ruta y, en general, la organización de este evento sea del agrado de los asistentes... participantes, espectadores, los patrocinadores, colaboradores e incluso, para los voluntarios.	24K/ 14K/ 8K
 Desafío de Los Picos	29/07/2017	La organización busca potenciar la recuperación de antiguos pasos como herramienta para ofrecer al deportista una visión del municipio totalmente nueva y que puedan disfrutar de las magníficas vistas hacia todo el Valle y Cuenca del Barranco de Teror, ascendiendo gran parte de los picos con que cuenta el municipio.	35K/ 16K/ 9K

3.4. PLANIFICACION DE ACTUACIONES, CRONOGRAMA, RECURSOS HUMANOS, SISTEMAS DE EVALUACION

3.4.1. PLANIFICACIÓN DEPORTIVA

En toda planificación deportiva ante una competición se debe atender a distintos periodos de la temporada. En el Trail running no va a ser menos, por lo que para que la ejecución de estos protocolos de prevención estableceremos un modelo de *periodización contemporánea* o *concentrada*, acorde a las características del sujeto, su nivel de exigencia y su calendario de pruebas, así como al incremento del número de competiciones y la necesidad de buscar varios picos de forma a lo largo de toda la temporada.

En este caso, el deportista en el que vamos a centrar esta planificación va a participar en dos de las competiciones que observamos en el cuadro anterior, por un lado, en la Ardenara Trail, participando en la distancia de 16k como prueba para luego competir en la Traiña Trail de distancia 14k.

Esta *periodización contemporánea* se caracteriza por la combinación de tres tipos de mesociclos bien diferenciados. Por un lado, encontramos el mesociclo de *Acumulación*, donde se trabajan las capacidades físicas básicas, la resistencia y la técnica, creando una base sobre la cual se trabajará en los siguientes mesociclos; en el mesociclo de *Transformación*, se buscará utilizar magnitudes de cargas elevadas a altas intensidades con acumulación de fatiga, realizando entrenamientos de fuerza resistencia, velocidad y resistencia específica. Por último, en el mesociclo de *Realización*, se continuará trabajando la velocidad y los ritmos competitivos junto con las estrategias más adecuadas para la competición (Pérez, 2014).

En la periodización contemporánea, los mesociclos están formados por microciclos que tienen las siguientes características:

TABLA 3: CARACTERÍSTICAS DE LOS MICROCIOS QUE COMPONEN UNA PERIODIZACIÓN DEL ENTRENAMIENTO CONTEMPORÁNEO (PÉREZ, 2014).

MICROCIOS	Volumen	Exigencia	Finalidad	Uso
Descarga	Bajo	Baja	Utilizarlo tras 2-3 sem de entrenamientos de elevada magnitud (impacto – carga)	Cada 2 semanas
Descarga competitiva	Bajo	Combinar Alta (con ritmo superior competición) con baja	Reponer al máximo el organismo y alcanzar un rendimiento mayor. Se le suma un día más de descanso.	Semana previa a competición
Ajuste	Moderado	Media + 2 sesiones Alta	Recuperación parcial	Principio de temporada, tras semanas de carga
Ajuste competitivo	Moderado	Media - Alta	Testar la forma, reajustar zonas de entreno	Competición como prueba para la competición principal
Carga	Alto	Media + 3 sesiones Alta	Causar fatiga elevada pero no acumulativa para alcanzar curvas de supercompensación más elevadas	En semanas de descarga
Impacto	Alto	Alto	Transferir un mayor efecto adaptativo en periodos de supercompensación. Un día más de entreno	Tras microciclos de carga
Recuperación	Bajo	Baja	Recuperación completa. Tres días de descanso	Tras carreras de más de 25 km

En estos distintos periodos de la planificación de nuestros deportistas utilizaremos gran variedad herramientas para trabajar las capacidades físicas básicas y aquellos elementos específicos que giran en torno a las carreras de montaña, como pueden ser la fuerza, la propiocepción, el entrenamiento cruzado, etc.

Estas herramientas hacen referencia a los principios de la planificación de las lesiones deportivas descritos por Tous y Romero (2010), donde se sitúa la multilateralidad y

polivalencia de la carga, la especialización, la individualización y la alternancia cíclica o periodización.

Al mismo tiempo, debemos puntualizar que las cargas de trabajo preventivo se organizan en función de la planificación general.

3.4.2. Cronograma

Así pues, una vez explicados los elementos que van a conformar la planificación deportiva de nuestros sujetos, a continuación, presentamos el cronograma a seguir en su planificación deportiva general donde explicaremos los detalles del apartado preventivo a desarrollar de forma complementaria.

TABLA 4: PERIODIZACIÓN DE LOS MESOCICLOS.

MESOCICLOS							
Acumulación		Transformación		Transformación	Realización	Transformación	Realización
Capacidades físicas básicas, iniciación fuerza máxima, resistencia, técnica		Alta intensidad, acumulación de fatiga, fuerza resistencia, velocidad y resistencia específica		Alta intensidad, acumulación de fatiga, fuerza resistencia, velocidad y resistencia específica	Velocidad, ritmos de competición, competiciones de prueba y entrenamientos específicos según carrera	Alta intensidad, acumulación de fatiga, fuerza resistencia, velocidad y resistencia específica	Velocidad, ritmos de competición, competiciones de prueba y entrenamientos específicos según carrera
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo 01-05 a 14-05	Mayo 15-05 a Junio 17-06	Junio 18-06 a Julio 15-07	Julio 16-07 a 31-07

Una vez conocidos los mesociclos y sus características, correspondiendo a la temporada de entrenamientos en general, procederíamos a explicar de forma detallada un ejemplo de una semana de trabajo en cada uno de estos momentos de la temporada. Debemos comentar que este entrenamiento se complementa con el protocolo de prevención que más adelante se explica y que en función de las cargas de entrenamiento establecidas, nosotros proponemos los siguientes de microciclo.

Así pues, en esta semana, proponemos una mayor carga del trabajo de fuerza combinado con salidas de *Trail* y bicicleta, es decir, buscando el entrenamiento cruzado.

TABLA 5: EJEMPLO DE SEMANA DE TRABAJO MESOCICLO ACUMULACIÓN.

LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
7k Trail en Z2	Trabajo de fuerza base + CORE	Técnica de carrera + 10k Trail Ritmo: por sensaciones	Propiocepción + Trabajo Fuerza funcional	Descanso	Trabajo de fuerza base + Trail Vol: 90 min	Salida recreacional Rodaje ciclismo Vol: 75 min

Por su parte, en esta semana buscamos un trabajo más excéntrico con la pliometría a la vez que trabajamos la fuerza funcional, prestando especial atención a la salida del sábado para practicar en sensaciones reales tanto en las subidas como en las bajadas.

TABLA 6: EJEMPLO DE SEMANA DE TRABAJO MESOCICLO TRANSFORMACIÓN.

LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
Trabajo de Fuerza: Pliometría	Intervalo en llano 2x10x200m Z3 Rec: 55" y 3' entre bloques	Propiocepción + Trabajo de CORE	Entrenamiento en escaleras Vol: 30 min + Entrenamiento fuerza funcional	Descanso	Trail Vol: 2h Incrementar intensidad en las subidas y recuperar en las bajadas y viceversa. (1h de cada)	Salida en bicicleta con 1000m+ (desnivel positivo) Vol: 2h

Por último, en esta semana se va a trabajar en función de la competición del sábado, por lo que se busca es la activación del sujeto para que llegue fresco a la competición.

TABLA 7: EJEMPLO DE SEMANA DE TRABAJO MESOCICLO REALIZACIÓN.

LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
10k Trail con 200m+ de carrera progresiva	Descanso	8k Rodaje en llano con cambios de ritmo: 2k Z2 + 2k Z3 + 1k Z4 + 2k Z2 + 1k Z3	Descanso	6k Trail 100m+ suave	Competición	Salida recreacional de bicicleta de montaña o carretera 20k o 5k de trote muy suave

3.4.3. PLANIFICACIÓN PREVENTIVA

Como ya hemos visto en la explicación de los mesociclos, los protocolos preventivos se van a encontrar dentro de los propios microciclos de trabajo, por lo que va a ser complementario a la planificación deportiva, ya que lo consideramos un elemento más en la preparación física.

Aun así, debemos aclarar, que al igual que las cargas de entrenamiento, estos protocolos de prevención van a ser progresivos según el momento de la temporada en el que se encuentre el sujeto, tanto a nivel competitivo como físico.

Así pues, esta es la periodización que se va a seguir para la realización de los protocolos de prevención durante la temporada, siguiendo la línea de la planificación deportiva:

TABLA 8: PERIODIZACIÓN DE LA PREVENCIÓN PRIMARIA.

Mesociclo	Acumulación		Transformación		Transformación	Realización	Transformación	Realización
Protocolos Preventivos	Fuerza base + fuerza funcional		Fuerza base + fuerza máxima + pliometrías		Fuerza base + fuerza máxima + pliometrías	Fuerza básica + funcional + fuerza resistencia	Fuerza base + funcional + fuerza máxima + pliometrías	Fuerza básica + funcional + fuerza resistencia
	Propiocepción + CORE							
Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo 01-05 a 14-05	Mayo 15-05 a Junio 17-06	Junio 18-06 a Julio 15-07	Julio 16-07 a 31-07

Es necesario comentar que, aunque el tipo de trabajo de fuerza cambie según el mesociclo en el que se encuentre el deportista, cada una de las diferentes manifestaciones de la fuerza se van a realizar utilizando los protocolos que se han diseñado, es decir, se ejecutarán las rutinas en función de las características del tipo de fuerza a realizar mediante los ejercicios diseñados.

Esta periodización corresponde a la temporada de entrenamientos en general, la cual va a estar relacionada con las cargas de entrenamiento que se establezcan en cada mesociclo y en función de las características del sujeto y la competición a realizar.

Asimismo, como podemos observar en la tabla, el trabajo de propiocepción y Core se va a realizar durante toda la planificación, puesto que creemos que es un aspecto fundamental y que casa con todos los tipos de protocolos a tratar.

3.4.4. PROTOCOLOS DE PREVENCIÓN DE LESIONES

Tras plantear el calendario de entrenamientos y competiciones, con los tipos de mesociclos y la estructura que se va a trabajar en cada uno ellos, el siguiente paso es presentar los protocolos de actuación que vamos a realizar para evitar que se produzcan lesiones durante la práctica del *Trail running*.

Debemos comentar, que este trabajo es complementario a lo planteado anteriormente en los distintos mesociclos, es decir, durante una semana normal de entrenamientos se van introduciendo ejercicios preventivos, para que al finalizar la misma tanto el trabajo preventivo como el específico para el rendimiento hayan sido completados. Asimismo, hay que dejar claro que estos protocolos de prevención van tras un calentamiento previo.

Estos protocolos están planteados para un grupo de corredores de montaña del *Club Deportivo Neblina Valleseco Trail* con 2 años de experiencia:

- Objetivo: Artenara Trail 16k + Traiña Trail 14k.
- Disponibilidad para entrenar: 6 días: lunes, martes, miércoles, jueves y domingo 2 horas máximo.
- Sábado: salida de larga duración.

El primer protocolo se centra en la fuerza base, favoreciendo el trabajo en cadenas cerradas, buscando crear una base para luego ir introduciendo las distintas manifestaciones de la fuerza y ejercicios de cadenas abiertas.

Por su parte, en el segundo protocolo ya se trabaja con cadenas abiertas, puesto que se buscan ejercicios específicos relacionados con las carreras de montaña, en las cuales en las subidas se trabaja de forma concéntrica y en las bajadas de forma excéntrica.

El tercer protocolo es de ejercicios pliométricos. Este protocolo es importante para trabajar de forma excéntrica, puesto que buscamos aplicar más fuerza en el menor tiempo posible. Es necesario realizarlo una vez trabajada la fuerza máxima ya que, a mayor fuerza relativa, más posibilidad de mejorar la fuerza reactiva. Asimismo, este protocolo es importante

porque se va a ejercitar la musculatura implicada en los descensos, que como hemos podido observar, es un factor de riesgo a la hora de sufrir una lesión.

El siguiente protocolo es el de propiocepción, fundamental para detectar en todo momento la posición y el movimiento del cuerpo, así como simular la inestabilidad a la que se van a enfrentar los corredores durante las carreras. En la montaña ninguna pisada es igual por tanto debemos trabajar los desequilibrios para prevenir las lesiones.

Como se ve en la periodización de la prevención primaria, este protocolo lo vamos a llevar a cabo durante toda la temporada.

Por último, nos encontramos con el protocolo de Core. Este protocolo es muy importante, por ello, también se va a llevar cabo durante toda la temporada con sus distintas progresiones.

El trabajo de estos ejercicios es clave, puesto que en las subidas y bajadas gran parte de las fuerzas van a dirigirse a esta zona, así como a la hora de correr con los bastones, por tanto hay que trabajarlo tanto de forma analítica como global.

TABLA 9: PROPUESTA DE PROTOCOLO DE PREVENCIÓN PRIMARIA. FUERZA BASE.

Protocolo Prevención						
Fuerza base						
Ejercicio	Descripción	Series	Repeticiones	Recuperación	Peso (kg)	Imagen
Sentadilla multipower	2 series sentadilla profunda // 2 series ¼ de sentadilla en plano inclinado	4	10	15-30"	30	
Isquios horizontal	Subir con 2 piernas bajar con 1	4	10	15-30"	20	
Prensa horizontal	Subir sin llegar a estirar por completo las rodillas. Pies apoyados a la altura y anchura de los hombros	4	10	15-30"	55	
Gemelos en escalón	Subir con dos pies y bajar con uno	4	10	15-30"	Propio cuerpo	

Ejercicio	Descripción	Series	Repeticiones	Recuperación	Peso (kg)	Imagen
Leg extension	Subir con 2 y bajar con 1	4	10	15-30"	30	
Curl femoral	Llevar la almohadilla al glúteo	4	10	15-30"	20	
Glúteo en banco	Apoyar hombros y cabeza en el banco	4	8	15-30"	Barra olímpica	
Abductores	Realizar solo fase excéntrica. La fase concéntrica ayudarse con las manos	3	15	15-30"	20	

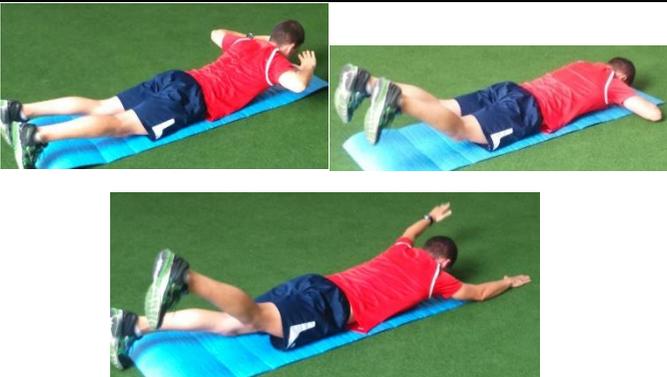
Ejercicio	Descripción	Series	Repeticiones	Recuperación	Peso (kg)	Imagen
Abdomen Isométrico frontal	Tumbado rodillas flexionadas y apoyadas en suelo soltar todo el aire	6	10"	10"	5	
Abdomen Isométrico lateral	Tumbado rodillas flexionadas y apoyadas en suelo, girados hacia un lado soltar todo el aire	6	10"	10"	5	
Lumbares superiores, inferiores y cruzados	Cabeza siempre mirando hacia el suelo. En las inferiores importante no flexionar las rodillas.	3	20"	15"		

TABLA 10: PROPUESTA DE PROTOCOLO DE PREVENCIÓN PRIMARIA. FUERZA FUNCIONAL.

Protocolo de prevención								
Fuerza funcional								
Ejercicio	Descripción	Peso	Bloques	Duración	Series	Repeticiones	Recuperación	Imagen
Excéntrico isquios con cinturón ruso	Mínima flexión de rodillas. Tocar la punta de los pies y subir primero con las manos	Propio cuerpo	1		3	10	30"	
Isométrico cuádriceps fitball(sentadilla)/ isométrico cuádriceps fitball y a los 30" baja 3 veces y mantiene hasta el min	Importante no meter el culo debajo del fitball	Propio cuerpo	2	1 min/1 min	3		15"	
Puentes con balón en las rodillas sobre el banco	Mantener la línea de la cadera con las rodillas	Propio cuerpo	2	1 min	3		15"	
Bicicleta estática		Media	1	15 min	1	1	0	
Sentadilla en multipower	Colocar una silla detrás para que tengamos la referencia al bajar	7'5 kg	1	0	6	10	20"	

Ejercicio	Descripción	Peso	Bloques	Duración	Series	Repeticiones	Recuperación	Imagen
Paso profundo control (aros)	La rodilla no pasa por delante de la punta del pie	Propio cuerpo	1	0	3	10	20"	
Excéntrico cuádriceps con cinturón ruso	Mantener 5" y subir	Propio cuerpo	1	0	3	8		
Peso muerto	Mínima flexión de rodillas. Pasar la barra lo más pegada a las rodillas. Espalda recta mirando al frente.	Barra olímpica	1	0	4	10	20"	
Extensión cuádriceps	Subir con 2 baja con 1	25 kg	1	0	6	6	15"	

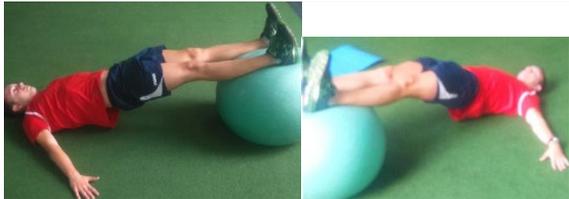
Ejercicio	Descripción	Peso	Bloques	Duración	Series	Repeticiones	Recuperación	Imagen
Curl femoral	Llevar la almohadilla hasta el culo	20 kg	1	0	6	6	15"	
Puente fitball	30" piernas juntas, 30" con cada pie arriba y 6 tracciones		1	0	3	1	15"	
Sentadilla sumo	Abrir las piernas y bajar con la espalda recta	8 kg	1	0	4	10	15"	
Glúteo mayor en banco	Puntas hacia adelante. Bajar y subir cadera.	5 kg	1	0	3	10	15"	
Bicicleta elíptica		Alta	1	12 min	1	1	0	

TABLA 11: PROPUESTA DE PROTOCOLO DE PREVENCIÓN PRIMARIA. PLIOMETRÍA.

Protocolo de prevención								
Pliometría								
Ejercicio	Descripción	Peso	Bloques	Duración	Series	Repetición	Recuperación	Imagen
Dos apoyos dentro de cada hueco	Skipping corto	Propio peso	1		1	6 la escalera completa	10"	
Un apoyo en cada hueco a una pierna	Con la misma pierna. Trabaja la de dentro. Subir la rodilla arriba	Propio cuerpo	1		1	6 la escalera completa (3 con cada pierna)	10"	
Desde dentro apoyo cruzado hacia fuera, apoyo dentro apoyo lateral	Subir bien la rodilla cuando vuelve al centro	Propio cuerpo	1		1	6 la escalera completa (3 con cada pierna)	10"	
Un apoyo fuera dos dentro	Empezar por izquierda dos apoyos dentro y salir por la derecha	Propio cuerpo	1		1	6 la escalera completa	10"	

Ejercicio	Descripción	Peso	Bloques	Duración	Serie	Repeticiones	Recuperación	Imagen
Salto abriendo y cerrando en el mismo hueco	Mirar al frente al realizar el ejercicio	Propio cuerpo	1		1	6 la escalera completa	10"	
Sentadilla con salto	Posición de sentadilla mirando al frente	Propio cuerpo	1	30"	4		1'20	
Salto con rodilla al pecho		Propio cuerpo	1	30"	4		1'20	
Subir escaleras con skipping alto		Propio cuerpo	1	1'	4		1'40	
Bajar escaleras con skipping alto	Mirar al frente	Propio cuerpo	1	1	4		1'40	

Ejercicio	Descripción	Peso	Bloques	Duración	Series	Repeticiones	Recuperación	Imagen
Subir escaleras con skipping lateral		Propio cuerpo	1	1´	4		1´40	
Subir escaleras a la pata coja	Sin rebote	Propio cuerpo	1	1´	4		1´40	
Bajar escaleras a la pata coja	Sin rebote, es decir, de forma continua	Propio cuerpo	1	1	4		1´40	
Salto sobre cajón pies juntos		Propio cuerpo	1	30"	4		1´20	
Caída desde cajón con pies juntos sin rebote		Propio cuerpo	1	30"	4		1´20	
Salto sobre cajón a un pie	Utilizar el balanceo de los brazos para obtener más impulso	Propio cuerpo	1	30"	4		1´40	

Ejercicio	Descripción	Peso	Bloques	Duración	Series	Repeticiones	Recuperación	Imagen
Caída desde cajón a dos pies y salto (Drop jump)		Propio cuerpo	1	30"	4		1'40	
Caída desde cajón a un pie y salto	Al apoyar el pie en el suelo estar el mínimo tiempo de contacto para saltar buscando altura.	Propio cuerpo	1	30"	4		1'40	

TABLA 12: PROPUESTA DE PROTOCOLO DE PREVENCIÓN PRIMARIA . PROPIOCEPCIÓN.

Protocolo Prevención						
Propiocepción						
Ejercicio	Descripción	Series	Repeticiones	Duración	Recuperación	Imagen
Subida con pies hacia adentro	Descalzo en cuesta (5-6 m)	4	5		15"	
Subida con el exterior del pie	Descalzo en cuesta (5-6 m)	4	5		15"	
Oscilaciones con los ojos abiertos	Sobre un pie, mover el otro en todas las direcciones (a cada lado, delante y detrás)	4		1'	15"	
Oscilaciones con los ojos abiertos sobre bosu	Sobre un pie, mover el otro en todas las direcciones (a cada lado, delante y detrás)	4		30"	15"	

Ejercicio	Descripción	Series	Repeticiones	Duración	Recuperación	Imagen
Equilibrio sobre bosu un apoyo	Rodilla no pase la punta del pie	4		30"	15"	
Realizar patrón carrera sobre bosu		4		30"	15"	
Pivotar con un pie apoyado en bosu y el otro flexionado	Bajar el centro de gravedad.	4		1	30"	
Balanza sobre bosu	Bosu boca abajo. Punta del pie que no está apoyado hacia abajo.	4	10		15"	
Paso sobre bosu	Lateral, frontal, cruzado	4	10		30"	
Sentadilla con salto sobre bosu		4	10		30"	

Ejercicio	Descripción	Series	Repeticiones	Duración	Recuperación	Imagen			
Amplitud de isquios con fitball	Planta del pie sobre el fitball	3	10		30"				
Elongación de psoas con fitball		3	10		30"				

TABLA 13: PROPUESTA DE PROTOCOLO DE PREVENCIÓN PRIMARIA. CORE.

Protocolo de prevención						
CORE						
Ejercicio	Descripción	Series	Repeticiones	Duración	Recuperación	Imagen
Crunch abdomen	Apoyar las manos en la cabeza sin empujar. Subir con los codos abiertos	3	25		15"	
Plancha frontal	Prestar atención a que no se quede curvatura en la espalda cuando vamos hacia adelante	3	20		15"	
Encogimientos	Llevar las rodillas a los ojos	3	15		15"	
Oblicuos	Llevar rodilla a codo contrario. Espalda recta.	3	15		15"	
Lumbares superiores	Posición de piernas abiertas. Mirar al suelo en todo el recorrido	3	20		15"	

Ejercicio	Descripción	Series	Repeticiones	Duración	Recuperación	Imagen
Nadador concéntrico	Contracciones apretando el balón con el codo en la bajada. Importante la punta del pie hacia abajo.	3	20		15"	
Contracción solo de piernas	Apretar la pelota de fitball con las piernas	3	15		15"	
Estabilización encima del fitball con las rodillas	Colocarse frente a una pared. Al principio tener a alguien detrás que aguante el fitball para poder subirse.	3	1	1'	15-30"	
Oblicuos con peso	Mayor inestabilidad. Parar siempre cada vez que se pase por el centro. Piernas abiertas a la altura de los hombros. Mantener cadera arriba.	3	15		30"	
Plancha frontal	Ojo a la posición de la espalda. Evitar curvatura lumbar.	3		1'	30"	

3.4.5. RECURSOS

Para llevar a cabo este protocolo de prevención de lesiones en corredores de montaña, contaremos con los siguientes recursos:

- Gimnasio equipado con todo el material necesario: plataformas inestables (bosus), máquinas de musculación, pelotas de fitball, pesas libres, cinchas, cajones, cintas de correr, bicicletas estáticas y elípticas, escaleras de coordinación.
- Calzado apto para correr por asfalto.
- Reloj GPS y pulsómetro.

3.4.6. SISTEMA DE EVALUACIÓN

Para conocer si estos protocolos de prevención son efectivos y cumplen con su cometido, al inicio de la planificación deportiva se realizarían una batería de test, evaluando de esta manera los aspectos que creemos más relevantes a analizar para que no se produzca una posterior lesión. Asimismo, a las 8 semanas se volverían a realizar dicha evaluación para observar las mejorías obtenidas. Además, en caso de suceder una lesión, podemos tener datos de referencia del sujeto para poder trabajar en su readaptación y posterior vuelta al ámbito competitivo.

Para evaluar estos protocolos utilizaremos diferentes herramientas:

- Test de la estrella (*Star Excursion Balance Test*). Este test sirve para conocer si existen asimetrías de movimientos laterales. Se realiza marcando una serie de líneas en el suelo a modo de estrella. El número máximo de líneas es de ocho, con una separación de 45° entre ellas, y con un mínimo de una. Cada una de las líneas ofrece un reto diferente para el participante, ya que el reclutamiento muscular es diferente al requerir movimientos en los planos transversal, sagital y frontal diferentes. Introducción 39 dependiendo de la dirección (Langarika, 2014)
El participante mantiene el equilibrio sobre el pie que queda en el centro de la estrella e intenta tocar una de las líneas con el pie libre lo más lejos posible. Una vez tocada la línea, el participante tiene que retornar a la posición de inicio sin perder el equilibrio. (Langarika, 2014)
- *Overhead Squat*. Este test nos permite distinguir las distintas disfunciones que se dan durante la ejecución de los movimientos. El test trata de realizar una sentadilla

con los brazos extendidos, tratando que los hombros toquen las orejas. Hay que tener en cuenta que la observación es a partir de tres puntos de vista: anterior, lateral y posterior y que después de realizar 5 sentadillas para la vista anterior, el atleta realiza 5 sentadillas para la vista lateral y 5 sentadillas para la vista posterior. Este análisis se realiza mediante imágenes, observando el grado de los ángulos. (Abrutsky, 2013).

- *Leg Motion: Ankle Test* (flexión dorsal del tobillo). Este test nos da información sobre como evaluar la movilidad del tobillo, además de ser una herramienta muy útil para identificar inestabilidades a nivel de la rodilla, cadera, o incluso de la cintura escapular. Dicho test consiste en hacer una flexión de rodilla en apoyo monopodal, en donde observaremos a nivel del tobillo, la pronación del mismo, en un segundo punto observaremos la alineación de tobillo rodilla, y principalmente si la rodilla se va hacia valgo (Tarrío, 2014). En el momento de la exploración, es necesario tener en cuenta posibles mecanismos de compensación, los cuales deben ser controlados para garantizar un análisis puro de la flexión dorsal de tobillo y para un correcto diagnóstico (Whitting et al., 2011)
- *Single Leg Squat Test* (valoración tobillo y rodilla). El propósito de este test es valorar la estabilidad del pie, rodilla, cadera y Core. El deportista debe permanecer de pie apoyado sobre una sola pierna, con las manos en las caderas. Se debe flexionar la pierna apoyada lentamente tan profundamente como sea posible, con el tronco vertical. Esta posición deber ser mantenida brevemente antes de volver a la posición inicial (Frohm et al, 2011). Se deben observar diferentes ítems: caderas, rodillas y pie alineados y según el número de ítems que se cumplan se les dará una puntuación. Se debe observar las compensaciones que hace el sujeto durante la realización de las pruebas.

Además de estos test, antes del comienzo del protocolo preventivo, se les realizará una evaluación inicial para calcular su 1 RM, para en función de ello, marcar los pesos que deben manejar tanto en la musculatura flexora como en la extensora.

Este protocolo permite hallar la máxima fuerza añadiendo un incremento de peso a la carga hasta comprobar que el sujeto no puede mover la barra o realizar de manera correcta la técnica.

4. BENEFICIOS Y RESULTADOS ESPERADOS

Con la realización de estos protocolos de prevención, buscamos la prevención de posibles lesiones para luego alcanzar un mayor rendimiento en los sujetos, así como una segura y correcta planificación para poder participar en las competiciones marcadas en el calendario.

Una vez llevado a cabo, observaríamos si hemos mejorado algunos aspectos específicos del rendimiento en este tipo de carreras a través del 1 RM, como, por ejemplo, la fuerza de los extensores, la coordinación intramuscular, etc. y una vez conocidos estos resultados en caso de no mejora se propondrían otros ejercicios complementarios para alcanzar los objetivos propuestos.

También esperamos con esta propuesta, reducir la incidencia lesional de este deporte, centrándonos en el trabajo para la prevención de la lesión del síndrome patelofemoral o la condromalacia rotuliana entre otras, a través de la ejecución de ejercicios excéntricos en planos inclinados y el fortalecimiento de toda la cadena cinética que compone la rodilla.

Otra idea que pensamos alcanzar con la realización de esta propuesta, es presentar toda esta programación (protocolos de prevención, calendario de competiciones y su periodización) a la Federación de Deportes de Montaña de España, para que se aplique y se tome como referencia como parte fundamental en la preparación de los deportistas amateurs y/o profesionales de cara a las competiciones.

5. VALORACIÓN PERSONAL Y REFLEXIÓN CRÍTICA

Una de las principales razones por la cual decidimos realizar el TFM sobre la prevención en el *Trail Running*, entre otros argumentos, fue por las experiencias propias que he tenido dentro de este deporte, donde la falta de recursos y planificación provocaron que recayera de varias lesiones.

Al moverme dentro de este “mundillo”, conozco a muchos compañeros que han pasado por la misma situación, puesto que no cuentan con un preparador físico que programe sus entrenamientos de acuerdo a las características de los sujetos y del tipo de competiciones en las que van a participar.

Por suerte, los corredores de montaña cada vez son más conscientes de la obligación que supone disponer de un profesional que les marque su preparación física, así como que les aconseje sobre aquellos retos que son asequibles de acuerdo a la cantidad de ejercicio que realizan como a su condición física.

Por tanto, hemos visto que es necesario establecer unos protocolos de actuación para que los corredores de montaña de un nivel medio-bajo, puesto que son el sector que menos cuidan la preparación física, no sufran tantas interrupciones, dispongan de buena salud y puedan mejorar su rendimiento.

Durante la elaboración de este trabajo, nos hemos encontrado con numerosos obstáculos para realizar la contextualización, debido a la falta de información y estudios sobre el *Trail Running*. Esto puede ser debido a que es una modalidad deportiva actual, no por los años que se lleva practicando, sino por la reciente institucionalización y reglamentación del deporte, con su correspondiente “boom” dentro de la población.

Así pues, muchos de los artículos que aparecen en este TFM son estudios sobre el seguimiento de carreras de varios días, en las que se recogen las principales lesiones que se han producido, por lo que de esta manera también se deja de lado una parte importante donde existe una gran incidencia lesional dentro del mundo deportivo como son los entrenamientos.

Asimismo, al no existir un registro unificado de lesiones, los autores no se ponen de acuerdo de cuáles son las lesiones más comunes dentro del *Trail*, y, por tanto, no hay establecida una clasificación homogénea de la epidemiología lesional de este deporte.

En lo que se refiere a la reflexión crítica sobre cómo se podría mejorar esta propuesta de trabajo, vemos necesario poner en práctica la planificación que hemos expuesto, para que una vez se haya seguido y finalizado, poder evaluar los resultados de los protocolos planteados y ajustar y afinar aquellos aspectos que lo necesiten.

Al mismo tiempo, también sería necesario ajustar todavía más en la individualización de la planificación sobre un solo sujeto, centrándonos en la personalidad de la persona y conociendo su capacidad psicológica, puesto que en este deporte la parte mental es muy importante a la hora de afrontar lesiones o una competición, pájaras durante la carrera o la falta de motivación para entrenar cuando se trata de sesiones de larga duración o de alta intensidad.

6. REFERENCIAS

- Abrutsky, A, M. (2013) Datos de desbalances musculares obtenidos a partir de la observación durante la ejecución de la “Sentadilla de arranque” (Overhead Squat). *Grupos sobre Entrenamiento (G-SE)*. Recuperado el 12/06/2017 de: <http://g-se.com/es/prevencion-y-rehabilitacion-de-lesiones/blog/datos-de-desbalances-musculares-obtenidos-a-partir-de-la-observacion-durante-la-ejecucion-de-la-sentadilla-de-arranque-overhead-squat>
- El Helou, N., Tafflet, M., Berthelot, G., Toalini, J., Marc, A., Guillaume, M., Hausswirth, C., y Toussaint, J. F. (2012). Impact of environmental parameters on marathon running performance. *PLoS One*, 7(5): e37407.
- Esteve-Lanao, J., Foster, C., Seiler, S., y Lucia, A. (2007). Impact of training intensity distribution on performance in endurance athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(3), 943-949.
- Federación Española de Deportes de Montaña (2017) ¿Qué son las carreras de montaña? *Federación Española de Deportes de Montaña*. Recuperado el 15/03/2017 de: <http://www.fedme.es/index.php?mmod=staticContent&IDf=467>
- Federación Extremeña de Montaña y Escalada (2017) Reglamento de competiciones de carreras por montaña de la FEXME 2017. *Federación Extremeña de Montaña y Escalada*. Recuperado el 14/06/2017 de: http://www.tucrono.com/documents/Reglamento_FEXME_2017.pdf
- Fredericson, M. y Moore, T. (2005). Core stabilization training for middle and long distance runners. *New studies in athletics*, 20(1), 25-37
- Frohm, A., Heijne, A., Kowalski, J., Svensson, P. y Myklebust, G. (2012). A nine - test screening battery for athletes: a reliability study. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 22(3), 306-315.
- García-López, J. (2008). *Manifestación de las fuerzas aerodinámicas en diferentes deportes: ciclismo y atletismo*. En M. Izquierdo (Ed.). *Biomecánica y bases neuromusculares de la actividad física y el deporte* (pp. 415-445). Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- ITRA (2017) Definición de Trail Running. *International Trail Running Association*. Recuperado el 14/06/2017 de: http://www.i-tra.org/page/259/Definicion_del_Trail.html

- Khodaei, M., y Ansari, M. (2012). Common ultramarathon injuries and illnesses: race day management. *Current sports medicine reports*, 11(6), 290-297.
- Langarika, R, A. (2014) Fiabilidad de diferentes pruebas que se utilizan para evaluar el riesgo de lesión del miembro inferior en mujeres deportistas. Universidad del País Vasco-Euskal Herriko Unibertsitate. Departamento de Educación Física y Deportiva pp 78.
- López Chicharro, J., Calvo Martínez, F., y Fernández Vaquero, A. (2001). *Consumo de oxígeno: concepto, bases fisiológicas y aplicaciones*. En J. López Chicharro, & A. Fernández Vaquero (Eds.). *Fisiología del ejercicio* (pp. 247-257). Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- Malliaropoulos, N., Mertyri, D., y Tsaklis, P. (2015). Prevalence of Injury in Ultra Trail Running. *Human Movement*, 16(2), 52-59.
- Marino, F. E., Lambert, M. I., y Noakes, T. D. (2004). Superior performance of African runners in warm humid but not in cool environmental conditions. *Journal of Applied Physiology*, 96(1), 124-130.
- Martínez, L. C. (2008). Revisión de las estrategias para la prevención de lesiones en el deporte desde la actividad física. *Apunts. Medicina de l'esport*, 43(157), 30-40.
- Maughan, R. J. (2010). Distance running in hot environments: a thermal challenge to the elite runner. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 20(Suppl 3), 95- 102.
- McArdle, W. D., Katch, F. I., y Katch, V. L. (2004). *Fundamentos de fisiología del ejercicio*. Aravaca (Madrid): McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A.U.
- Melero, R, C., y Zabala, G, M. (2008) *Recomendaciones SETRADE*. Junta de Gobierno de SETRADE. Recuperado el 25/03/2017 de: <http://pilarmartinescudero.es/pdf/publicaciones/medicos/SETRADErecomendaciones.pdf>
- Miller E., Whitcome K., Lieberman D., Norton H. y Dyer R. (2014). The effect of minimal shoes on arch structure and intrinsic foot muscle strength. *Journal of Sport and Health Science*, 3(2014):74-85.
- Ministerio de Educación y Cultura (2015) *Anuario de estadísticas deportivas 2015*. Madrid, España. Ministerio de Educación Cultura y Deporte.

- Mercado, P. S., Zarco, R. C., Arias, D. C., García, M. D. P. D., Hernández, S. R. L., Rentería, R. G., y Perdomo, M. E. (2003). Relación entre fuerza muscular y propiocepción de rodilla en sujetos asintomáticos. *Revista Mexicana de Medicina Física y Rehabilitación*, 15(1), 17-23.
- Moore I., Pitt W., Nunns M. y Dixon S. (2014). Effects of a seven-week minimalist footwear transition programme on footstrike modality, pressure variables and loading rates. *Footwear Science*, 0;1-13.
- Muñoz, I., Seiler, S., Bautista, J., España, J., Larumbe, E., y Esteve-Lanao, J. (2014). Does polarized training improve performance in recreational runners? *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(2), 265-272.
- Ogueta-Alday, A., y García-López, J. (2016). Factores que afectan al rendimiento en carreras de fondo. *RICYDE. Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 12(45), 278-308.
- Paavolainen, L., Nummela, A., y Rusko, H. (2000). Muscle power factors and VO2max as determinants of horizontal and uphill running performance. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 10(5), 286-291.
- Pérez, O. (2014) *La preparación en el corredor de montaña. De la iniciación al ultra Trail*. Jaén, España: Formación Alcalá.
- Ridge S., Johnson A., Mitchell U., Hunter I., Robinson E., Rich B. y Brown S. (2013). Foot Bone Marrow Edema after 10-Week Transition to Minimalist Running Shoes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 45(7):1363-8
- Rothschild, C. (2012) Running Barefoot or in Minimalist Shoes: Evidence or Conjecture? *Strength & Conditioning Journal*, 34(2), 8-17.
- Ryan M., Newsham-West R. y Taunton J. (2013). Examining injury risk and pain perception in runners using minimalist footwear. *British Journal of Sports Medicine*, 10.1136.
- Santos-Concejero, J. (2015) Utilidad del entrenamiento de fuerza en el Trail-Running. *Grupo sobre entrenamiento (G-SE)* Recuperado el 19/04/2017 de: <http://g-se.com/es/entrenamiento-de-la-fuerza-y-potencia/blog/utilidad-del-entrenamiento-de-fuerza-en-el-trail-running>

- Scheer, B. V., y Murray, A. (2011). Al Andalus Ultra Trail: an observation of medical interventions during a 219-km, 5-day ultramarathon stage race. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 21(5), 444-446.
- Seiler, K. S., y Kjenland, G. Ø. (2006). Quantifying training intensity distribution in elite endurance athletes: is there evidence for an "optimal" distribution? *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 16(1), 49-56.
- Tarrío, H. (2014) Dorsiflexión de tobillo (Parte 2): Evaluación con LegMotion y ejercicios correctivos. Buena forma. Sport Coaching Experts. Recuperado el 12/06/2017 de: <http://www.buenaforma.org/2014/02/10/dorsiflexion-de-tobillo-parte-2-evaluacion-con-legmotion-y-ejercicios-correctivos/>
- Tejero-González, C. M. (2015). The Number of Runners in Spain Increased During the First Decade of the 21st century/El número de corredores a pie se incrementó en España durante la primera década del siglo XXI. *Apunts. Educació Física i Esports*, 120, 73.
- Tous, F., y Romero, J. (2010). *Prevención de lesiones en el deporte. Claves para un rendimiento deportivo óptimo*. Madrid, Editorial médica Panamericana (pp. 7-9)
- Townshend, A. D., Worringham, C. J., y Stewart, I. B. (2010). Spontaneous pacing during overground hill running. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42(1), 160-169.
- Van Mechelen, W., Hlobil H., y Kemper HC. (1992) Incidence, severity, etiology and prevention of sports injuries: a review of concepts. *Sports Medicine*, 14, 82–99.
- Whitting, J. W., Steele, J. R., McGhee, D. E., y Munro, B. J. (2011) Dorsiflexion capacity affects achilles tendon loading during drop landings. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 43 (4), 706-713
- Zatsiorsky, V. M., y Kraemer, W. J. (2006) *Science and practice of strength training*. Champaign, IL: Human Kinetics.