

TRABAJO FIN DE MÁSTER

MÁTER UNIVERSITARIO EN ENTRENAMIENTO Y RENDIMIENTO DEPORTIVO

Curso Académico 2016-2017

ANÁLISIS DEL LACTATO COMO FACTOR DE RENDIMIENTO EN MEDIOFONDISTAS

Analysis of Lactate as a Performance Factor in Middle Distance Athletes

Autor: Yaiza Rodríguez Ramos

Tutor: José Gerardo Villa Vicente

Fecha: Septiembre 2017

Vº Bº TUTOR

Vº Bº AUTOR

RESUMEN

En primer lugar, se analiza a nivel general el medio fondo, las características específicas de este tipo de deportistas, así como sus factores de rendimiento. Posteriormente, vemos qué papel desempeña la vía láctica en el medio fondo y la justificación de la toma de muestras de lactato durante la temporada de entrenamiento.

En segundo lugar, estudiamos el caso concreto de nuestro grupo de trabajo: lugares de entrenamiento, características de los atletas, la planificación del entrenamiento, la realización de diferentes test de lactato y las marcas obtenidas durante la temporada.

En tercer lugar, comparamos la planificación tradicional, que es la que se llevo al principio de temporada, contra la periodización inversa, que es el modelo de entrenamiento por el que se optó tras el descanso vacacional que se realizó en primavera.

Por último, vemos los resultados obtenidos a raíz de este cambio en la planificación, y cómo las muestras de lactato nos han ayudado a ver en qué fallan nuestros deportistas y qué podemos hacer para que su rendimiento mejore.

Palabras clave: Lactato, medio fondo, atletas,

ABSTRACT

First of all, the general background, the specific characteristics of this kind of athletes, as well as their performance factors are analyzed in general. Subsequently, we see what role plays the lactate in the middle-distance athletes and the justification of taking lactate samples during the training season.

In second place, we study the specific case of our work group: training places, the athlete's characteristics, the training planning, the realization of different lactate tests and the marks obtained by the athletes during the season.

In third place, we compare the traditional planning, which is the one that the athletes did at the beginning of the season, against roller training, which is the training model that was chosen after the spring break.

Finally, we see the results obtained from this change in planning, and how the lactate samples have helped us to see what our athletes have failed and what we can do to improve their performance in the future.

Key Words: Lactate, midle distance, athletes, test, planification, training

ÍNDICE

ÍNDICE	3
1. INTRODUCCIÓN	5
1.1 Características de un corredor de medio fondo	6
1.2 Factores de rendimiento en medio fondo	8
1.2.1 VO ₂ máx.....	10
1.2.2 Economía de carrera.....	11
1.2.3.....	11
1.2.4.....	11
1.2.5 Lactato	11
1.3 Vía anaeróbica láctica en medio fondo.....	13
1.3.1 Concepto de umbral anaeróbico	14
1.3.2 Justificación de la toma de muestras de lactato	15
2. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN. CONTEXTUALIZACIÓN.....	16
2.1 Grupo de entrenamiento	16
2.2 Lugares de entrenamiento.....	17
2.3 Planificación de entrenamiento	18
2.4 Control del entrenamiento a través del lactato.....	21
2.5 Marcas obtenidas.....	24
3. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA DE INTERVENCIÓN Y DISEÑO METODOLÓGICO.....	25
3.1 Planificación tradicional vs Periodización inversa.....	25
3.1.1 Planificación tradicional.....	25
3.1.2 Periodización inversa	27
3.2 Periodización inversa en nuestro grupo de entrenamiento	30

3.2.1	Cinturón o chaleco lastrado.....	30
3.2.2	Cuestas.....	31
3.2.3	Trabajo de fuerza	32
4.	RESULTADOS Y BENEFICIOS ESPERADOS.	35
4.1.1	Respecto al lactato.....	35
4.1.2	Respecto a las marcas.....	36
4.1.3	Respecto a los métodos resistidos de entrenamiento.....	36
5.	VALORACIÓN PERSONAL Y REFLEXIÓN CRÍTICA.	37
5.1	Reflexión sobre las sesiones de entrenamiento	37
5.2	Reflexión sobre la realización de este trabajo	38
6.	BIBLIOGRAFÍA	40

1. INTRODUCCIÓN

Encontramos los orígenes del atletismo de competición en la antigüedad, en diversos eventos que se realizaban en festivales celebrados por toda Grecia. Los más conocidos empezaron en la región de Olimpia en el 776 a.C. y se realizaron cada cuatro años hasta el 493 d.C., cuando el emperador romano Teodosio los declaró un festival pagano, anulando los juegos. En la cima de su popularidad, durante los aproximadamente 1100 años de historia de los Juegos Olímpicos de la época antigua, las carreras incluían distintas distancias, como el estadio (la longitud de un estadio o 192 metros), el diaulos (dos estadios o 384 metros) y la distancia de 24 estadios o 4615 metros (Dress, L., 1968).

En la historia reciente, la popularización de este tipo de pruebas fue lograda al revivir unos juegos olímpicos renovados a través de la visión del educador francés Pierre de Coubertain. Bajo su supervisión, los primeros juegos de la era moderna fueron realizados en Atenas en 1896. Como en la antigüedad, estaban restringidos sólo a la participación masculina (hasta los juegos de Ámsterdam de 1928). Las carreras eran las mismas que actualmente, dividiendo las distancias desde los 100 metros hasta la maratón. Tradicionalmente, las pruebas en las que la velocidad era el componente principal (100, 200 y 400 metros), fueron clasificadas como "sprints". Aquellas entre 400 y 5000 metros, donde se requería tanto velocidad como resistencia, se denominaron "media distancia" o "medio fondo". A partir de 5000 metros y hasta la maratón se denominaron pruebas de "larga distancia" o "fondo", en las que la resistencia es el componente principal.

Al contrario de otros deportes, como la natación, donde un deportista puede triunfar en distintas pruebas, es algo excepcional que un corredor tenga éxito en cada una de las tres categorías (sprint, media distancia y larga distancia). Por otra parte, un gran número de deportistas ha obtenido resultados satisfactorios combinando las pruebas de 5000 y 10000 metros en unos Juegos olímpicos. Estos resultados sugieren que la fisiología de un corredor de media distancia tiene algunos aspectos en común con la de los corredores de corta y larga distancia, pero posee características únicas que lo diferencian (Snell, P., 1990)

1.1 Características de un corredor de medio fondo

Brandon, L. J. (1995), define la media distancia como carreras entre 800 y 3000m que requieren entre 2 y 10 minutos para ser completadas. Las carreras en este rango dependen en gran medida de una contribución integrativa de los sistemas de energía aeróbica y anaeróbica. Lacour, J. R., Padilla-Magunacelaya, S., et al. (1990) coinciden en esta definición, señalando que la media distancia implica ambos sistemas de producción energética, tanto el aeróbico como el anaeróbico, y que la contribución de estos dos sistemas depende tanto de la distancia recorrida como de la motivación del atleta, haciendo que sea difícil evaluar en qué medida intervienen ambos sistemas.

El gasto energético total (TEE) se compone de los costes energéticos de los procesos esenciales para la vida (tasa metabólica basal (BMR), 60-80% de la TEE), de la energía gastada para digerir, absorber y convertir los alimentos (10%), y la energía gastada durante las actividades físicas (gasto de energía de la actividad, ~ 15-30%). Los atletas de resistencia de élite se caracterizan por altas fluctuaciones de la TEE, debido principalmente a la variabilidad de la energía gastada durante las actividades deportivas (Heydenreich, J., Kayser, B., et al. 2017). El éxito de los corredores de media distancia depende de una contribución que integra las variables aeróbicas y anaeróbicas (variando el porcentaje de participación de cada una dependiendo de la prueba) que permiten al corredor mantener una velocidad rápida durante la carrera. Si nos fijamos en las demandas energéticas que implican la media distancia, observamos que las que se necesitan para la contracción muscular más rápida y exigente son considerablemente más altas que la capacidad del atleta de proporcionárselas a través del metabolismo aeróbico, por lo que hay un fuerte componente anaeróbico, particularmente en las carreras de 800 y 1500 metros. En actividades que duran hasta 30 segundos, el ATP es proporcionado anaeróbicamente por los almacenes de fosfocreatina presentes en el músculo y por la descomposición glicolítica de glucógeno a ácido láctico. A partir de los 50 segundos, hay un rápido incremento en la producción de ATP por el metabolismo aeróbico. Por lo que a medida que la distancia aumenta, el metabolismo aeróbico asume una mayor contribución e importancia. Es por tanto que las contribuciones relativas de los 2 sistemas energéticos son funciones de distancia, intensidad y de las capacidades fisiológicas del corredor. Precisamente, esta capacidad que tienen estos corredores de implicar perfiles fisiológicos donde se incluyen una variedad de capacidades aeróbicas y anaeróbicas, es lo que los separa de los

corredores de larga distancia y sprint (Lacour, J. R., Padilla-Magunacelaya, S., et al. 1990; Brandon, L. J. 1995)

La importancia de los dos sistemas de energía cambia, no sólo para los diferentes eventos dentro de la distancia media, sino también para los recorridos a la misma distancia donde los corredores poseen diferentes capacidades fisiológicas o diferentes ritmos de afrontar la carrera (Montoya Vieco, A., 2012). Por ejemplo, un corredor de media distancia exitoso puede ser capaz de funcionar a una velocidad relativamente rápida mientras se obtiene de la energía necesaria del sistema aeróbico. A la inversa, un corredor que es capaz de sostener contribuciones importantes del sistema anaerobio durante 2 a 10 minutos también puede tener éxito en la media distancia. Carreras de larga distancia, como 3000-10000 metros, necesitan una cantidad mucho mayor de metabolismo aeróbico mientras que las carreras de media distancia, como los 800 o los 1500 metros tienen un componente anaeróbico con un papel muy importante. Se ha estimado que la energía aeróbica es un 40% o menos de la energía total utilizada en una carrera de 800 metros, mientras que por otra parte ésta constituye el 80% o más en una carrera de 10000 metros. (Boileau, R. A., Mayhew, J. L., et al. 1982; Snell, P., 1990; Brandon, L. J., 1995).

En cuanto a las características físicas, los corredores de media distancia se caracterizan por una combinación de una altura moderada, peso ligero y un bajo nivel de grasa corporal. Cuando la prueba tiene un componente más explosivo (a menor distancia más explosividad) tienden a tener mayor masa muscular. Los atletas de fondo y medio fondo se esfuerzan por una baja masa corporal y / o nivel de grasa corporal por varias ventajas en sus deportes, específicamente durante la temporada de competición. Esto permite a los corredores alcanzar una mayor economía de movimiento y una mejor capacidad termorreguladora desde una relación favorable de peso a superficie y menos aislamiento del tejido graso subcutáneo. (Tanner, J. M., 1964; Carter, J. L., 1982; Heydenreich, J., Kayser, B., et al. 2017).

1.2 Factores de rendimiento en medio fondo

Un alto nivel de rendimiento en los deportes ha sido normalmente atribuido a características fisiológicas de los atletas, como el consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx), la economía de carrera, la acumulación de lactato durante ejercicios submáximos o el umbral ventilatorio:

Para rendir en las competiciones, los atletas tienen que tener un alto VO_2 máx y ser capaces de mantener un alto porcentaje del mismo por periodos prolongados.

La economía de carrera ha sido también destacada como un factor importante a la hora de tener éxito durante la carrera.

Otros factores son la composición de las fibras musculares, las respuestas relacionadas con el lactato en sangre y la composición corporal.

Sin embargo, la información sobre los corredores de media distancia y los factores que influyen un alto nivel de rendimiento en estas pruebas está más limitado. Sabemos que el soporte metabólico, tanto aeróbico como anaeróbico es diferente que en las carreras de larga distancia y que, además, las técnicas de entrenamiento en media y larga distancia son diferentes, ya que enfatizan en los sistemas energéticos que usan para las mismas (Boileau, R. A., Mayhew, J. L., et al. 1982; Svedenhag, J., & Sjödín, B., 1984; Grijota Pérez, F. J., 2016).

Por ejemplo, podemos ver en el siguiente gráfico (1) cómo intervienen las dos vías metabólicas en la prueba de 800. Observamos que intervienen ambos sistemas, siendo el metabolismo anaeróbico el principal en el primer parcial de 200m. Durante el resto de la prueba, esta participación no desciende del 30% en hombres (15% en mujeres), considerándose un factor fundamental en el desarrollo y rendimiento de la prueba (Montoya-Vieco, A., 2012)

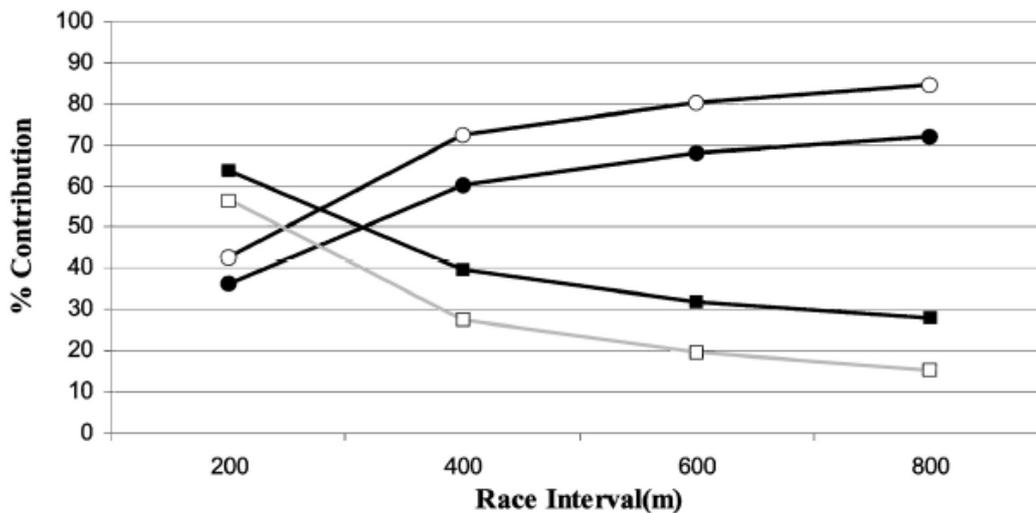


Gráfico 1: Contribución de los sistemas energéticos en el 800m en los 4 parciales de 200m. (Duffield et al., 2005a; sacado de Montoya-Vieco, A., 2012) Línea negra con círculos negros: Sistema aeróbico en hombres; Línea negra con círculos blancos: Sistema aeróbico mujeres; Línea negra con cuadrados negros: Sistema anaeróbico hombres; Línea gris con cuadrados blancos: Sistema aeróbico mujeres; % Contribution = Porcentaje de contribución de las vías aeróbicas y anaeróbicas; Race Interval = Intervalo o momento de la carrera

Hill, D. W. (1999) también indica en su estudio cómo se produjeron las contribuciones de energía anaeróbica en mujeres para los 400 m, 800 m y 1500 m, donde alcanzaron un promedio de 62%, 33% y 17%, respectivamente. Para los hombres, las contribuciones anaeróbicas promediaron 63%, 39% y 20%, respectivamente. La concentración de lactato en la sangre después de la carrera puede explicar algunos, pero no todos los factores de la variabilidad en el rendimiento a lo largo de estas distancias. La contribución anaeróbica fue independiente del sexo (aunque los hombres tendían a tener una contribución anaeróbica relativamente más alta en cada distancia) y demostraron que incluso los 400m y los 800m hacen exigencias significativas en los mecanismos aeróbicos. De hecho, incluso los 800m requieren una mayor contribución aeróbica que anaeróbica en general. A pesar de las diferencias en la potencia aeróbica, la cinética del VO₂, las tácticas de carrera o las condiciones, la contribución anaeróbica, que debe reflejar la capacidad anaeróbica, claramente ayuda a determinar el rendimiento. Sin embargo, aunque la capacidad anaeróbica puede ser muy importante en el evento de 1500 m, la mayor parte de la energía se proporciona a través de vías aeróbicas. Esto sugiere que tanto la potencia aeróbica como la capacidad anaeróbica son factores importantes del rendimiento en marcha a media distancia.

1.2.1 VO₂máx

La variable fisiológica que mejor describe las capacidades de los sistemas cardiovascular y respiratorio se acepta generalmente como VO₂máx. Se piensa que esto representa la capacidad máxima de integración de los sistemas corporales para transportar oxígeno a los músculos activos donde la energía, en forma de Adenosina trifosfato (ATP), para la contracción muscular se produce a partir de procesos oxidativos.

Los valores medios de VO₂máx medidos en un tapiz rodante en corredores de élite de media distancia oscilan entre aproximadamente 68 ml/kg/min y 77 ml/kg/min. Los corredores de media distancia tienen valores de VO₂máx más bajos que los corredores de larga distancia, pero compiten con un porcentaje más alto de VO₂máx e incurren en un mayor costo de energía por unidad de distancia. Tienen la capacidad de competir en intensidades de hasta 110% de VO₂máx durante una duración de hasta 10-11 minutos, mientras que los corredores de larga distancia suelen competir a intensidades entre el 75% y el 90% del VO₂máx. Las ecuaciones de predicción indican que VO₂máx hace contribuciones pequeñas o no significativas a un rendimiento de ejecución de 800m, pero es la variable más limitante a 3000m (Brandon, L. J., 1995)

Boileau, R. A., Mayhew, J. L., et al. (1982) observaron, a través de un estudio en el que compararon a corredores de larga y media distancia, diferencias significativas en el tiempo de carrera en tapiz rodante y el VO₂máx. Estas diferencias pueden ser debidas al énfasis que se hace en cada disciplina a la hora de entrenar, o también por diferencias genéticas. Así mismo, se advirtieron diferencias significativas en el porcentaje de fibras de contracción lenta. Los valores más bajos de VO₂máx que se examinaron en media distancia sugieren que mientras que la función cardiorrespiratoria es importante, juega un papel más limitado en estas disciplinas, como si las medidas de capacidad y potencia anaeróbica fueran igual de decisivas a la hora de diferenciar ambos grupos. Existe una diferencia significativa también entre ambos grupos cuando el VO₂ expresado de manera relativa al VO₂máx, siendo los corredores de larga distancia los que trabajan a un menor porcentaje de VO₂máx en la misma velocidad. El grupo de larga distancia obtuvo una mejor economía de carrera y un menor estrés metabólico y cardiovascular, así como un menor número de pulsaciones por minuto. Las diferencias en características metabólicas, habiendo una diferencia sustancial en la potencia, implicaron una utilización fraccionaria de oxígeno (%VO₂máx) en la cual el rendimiento de los corredores de larga distancia a diferentes velocidades es

significativamente peor que los corredores de media distancia, mientras que a una velocidad estable ocurría justo lo contrario.

1.2.2 Economía de carrera

La economía de carrera se ha definido como el estado estable de VO_2 para una velocidad de carrera submáxima dada. Los factores que influyen en la economía de carrera son la energía externa, la energía interna y “otras categorías”. La energía externa (factores que los corredores tienen un control limitado) incluye la edad, la distribución segmentaria de la masa, la longitud de la zancada y las variables biomecánicas. La energía interna incluye ventilación y temperatura, y “otras categorías” incluye el $VO_{2\text{máx}}$, el estado de entrenamiento, la fatiga y el estado de ánimo. Los corredores de media distancia tienen la capacidad de correr a velocidades bajas y altas con economías similares; en algunos casos se indica que los corredores de media distancia son capaces de correr a mayores velocidades con una mejor economía (Brandon, L. J., 1995)

1.2.3 Lactato

Los altos niveles de ácido láctico en la sangre tienen un efecto perjudicial sobre el rendimiento en carreras de larga distancia. La fracción del $VO_{2\text{máx}}$ que un corredor utiliza durante las carreras de resistencia está restringida por la acumulación de ácido láctico. A partir de 4 ml de ácido láctico en la sangre (lo que también es asociado al umbral anaeróbico) se considera como un factor que restringe el metabolismo aeróbico durante el funcionamiento intenso a larga distancia.

Por otra parte, se ha definido como tasa de trabajo (TA) un exceso de lactato que comienza a acumularse durante la captación de oxígeno submáximo (VO_2 submáx). Un alto $VO_{2\text{máx}}$ y una buena economía de carrera son características comunes de los corredores de resistencia en la élite. La capacidad de trabajar eficientemente en una fracción alta de $VO_{2\text{máx}}$ sin una gran acumulación de ácido láctico puede determinar el éxito. Los corredores de media distancia pueden correr durante periodos de tiempo más cortos a

velocidades más altas y aparentemente son menos sensibles que los corredores de larga distancia a niveles altos de lactato, siendo capaces de mantener altas velocidades en carreras de 8 a 11 minutos con niveles relativamente altos de ácido láctico. Dado que los corredores de media distancia compiten típicamente entre el 90 y el 110% del VO_2 máx, la importancia de la tasa de trabajo no está clara. Las velocidades de carrera mantenidas requieren costos de energía mayores que el VO_2 máx: es por ello que la importancia de la tasa de trabajo para el desempeño de la distancia media se considera menor que para eventos de larga distancia. Los corredores de media distancia, si quieren rendir a un buen nivel, deben ser capaces de mantener una velocidad rápida durante el curso de una carrera. Para lograr esto es necesaria una contribución importante de fuentes de energía anaeróbicas, que incluyen fosfato de creatina, ATP, oxígeno almacenado en la mioglobina y glicolisis anaeróbica. Debido a esto, la capacidad anaeróbica es más importante en los eventos de distancia media de mayor duración que la potencia anaeróbica, ya que permite a los corredores competir a una velocidad más rápida durante un período de tiempo más largo. También se ha podido observar que en comparación con los corredores de larga distancia, los corredores de media distancia muestran una capacidad mejorada para resistir cambios en el pH intracelular, lo que ayuda a posponer el inicio de la fatiga en condiciones anaerobias (Brandon, L. J., 1995)

De entre todos los factores que determinan el rendimiento en atletas de medio fondo, he decidido centrar en el lactato en sangre el análisis del rendimiento en medio fondo en el que se basa mi trabajo de fin de máster, ya que la acumulación de lactato en sangre ha sido asociada a factores locales en la musculatura esquelética, como la densidad capilar, la capacidad respiratoria celular y diferentes funciones enzimáticas (Svedenhag, J., & Sjödín, B., 1984), factores que determinan el rendimiento en atletas de medio fondo. Tomando muestras del lactato en sangre como un control del entrenamiento para ver la evolución a través de los niveles del mismo a los mismos ritmos de carrera, y, en base a los resultados obtenidos y comparándolos con la literatura que he seleccionado, realizaré una propuesta de entrenamiento con el objetivo de mantener y/o mejorar el nivel de rendimiento en este grupo de atletas.

1.3 Vía anaeróbica láctica en medio fondo

El lactato es producido en áreas con un alto nivel de actividad glucogenolítica y glicolítica (fibras tipo IIb) es oxidado en áreas con una alta actividad oxidativa (fibras tipo I y IIa), alcanzando las zonas oxidativas por difusión o a través de la circulación. Los niveles de lactato durante el estado estable del ejercicio son el resultado de la producción y eliminación de lactato, por lo que estos niveles no reflejan la cantidad neta del volumen de lactato. Una segunda función del lactato es mantener los niveles de glucosa en sangre al ser un precursor de la gluconeogénesis que se produce en el hígado. La síntesis de glicógeno en el hígado es atenuada durante el ejercicio al bajar la perfusión. Además, durante el ejercicio los niveles de glucagón incrementan y los de insulina disminuyen, resultando en un efecto inhibitorio de la síntesis de glucógeno en el hígado (Hoogeveen, A. R., et al., 1997)

Según Montoya-Vieco, A. (2012), el metabolismo láctico comienza a ponerse en funcionamiento cuando la fosforilación oxidativa (implicada en el metabolismo aeróbico) no es capaz de abastecer la totalidad de las necesidades de ATP por unidad de tiempo. Esto ocurre cuando la velocidad de la prueba supera el 100% del VO_2 máx, y ya hemos visto con anterioridad que en medio fondo esto es algo que ocurre con normalidad (Brandon, L. J., 1995). El éxito en las carreras de medio fondo podría deberse a *“las grandes cantidades de ATP que se originan gracias a la producción simultánea por parte de ambas vías metabólicas”* (Montoya-Vieco, A., 2012). Este mismo autor señala en su tesis doctoral cómo en los primeros momentos del ejercicio físico se produce más cantidad de lactato ya que participa en mayor medida el metabolismo anaeróbico, al ser más inmediato.

Podemos obtener grandes cantidades de glucógeno desde el lactato. Más de dos tercios del lactato que se acumula en el músculo fueron liberados en la sangre y entre el 13 y el 27% fue convertido en glucógeno, siendo la producción del lactato un elemento energético fundamental, ya que si no se produjera la fatiga muscular llegaría al sujeto más pronto (Bangsbo, J., et al., 1991). Por lo que podemos deducir que el lactato no sólo no sería un producto de desecho del organismo debido a la actividad metabólica, si no que podría ser un producto energético reutilizable, pudiendo obtenerse a partir de él glucógeno para la producción de ATP.

Es por ello que la capacidad de intercambio de lactato podría aparecer como un parámetro crítico para el logro de rendimiento durante eventos a corto plazo. Una forma

complementaria para preservar la actividad muscular sería eliminar el lactato (mediante oxidación o reciclado) del músculo y, más generalmente, del organismo. Desde este punto de vista, la capacidad general del cuerpo para eliminar el lactato se supone como otro factor importante de rendimiento durante el ejercicio de alta intensidad. Concretamente, los corredores de media distancia muestran una mayor capacidad de intercambio de lactato en comparación con los corredores de sprint cortos y largos. Estos resultados son, al menos en parte, la expresión de adaptaciones metabólicas relacionadas con hábitos de entrenamiento específicos. Los atletas que demostraron las mejores actuaciones en 800m también fueron los corredores que mostraron la mayor capacidad de intercambio de lactato (Bret, C., et al., 2003)

1.3.1 Concepto de umbral anaeróbico

Como indica Billat, L. V. (1996), los valores de lactato difieren dependiendo de dónde se haya extraído la muestra sanguínea. Los lugares más comunes son el lóbulo de la oreja o la yema de los dedos, al ser sitios con gran capilarización. El entorno y los depósitos de glucógeno también interfieren en estos resultados. La reacción metabólica para un ejercicio dinámico de mayor duración puede dividirse en 2 partes:

Una carga con la cual se puede mantener un estado estable durante una larga duración. Después de unos 2-5 minutos., se establece un estado de toda la suplementación energética oxidativa, la cual se caracteriza por un balance de producción y eliminación de lactato a un bajo nivel. Las características de tal ejercicio de resistencia es que el metabolismo de los lípidos es un suplemento energético significativo a bajas y moderadas velocidades. El ejercicio está limitado por un incremento de la temperatura interna asociada con deshidratación, que se puede prevenir a través de suplementación, agua y sustratos.

Una carga durante la cual una formación y acumulación neta de lactato es necesaria para mantener la síntesis de energía. Tal carga lleva al agotamiento y a la fatiga a través de una alteración del entorno bioquímico interno del trabajo muscular y de todo el cuerpo causado por una alta o máxima acidosis. Dependiendo de la necesaria formación de lactato adicional, la acumulación de lactato limita el tiempo de ejecución de 30 segundos a 15 minutos, o probablemente menos. Esto es debido al tiempo para el agotamiento a una velocidad mínima que provoca VO_{2max} de 6 minutos 30 segundos y no esta correlacionado con la acumulación de lactato sanguíneo durante el test completo a esta velocidad.

Entre estos dos estados metabólicos hay una transición llamada “umbral anaeróbico o umbral láctico”. Esto quiere decir que hay un cambio de un metabolismo únicamente oxidativo a una suplementación energética adicional glicolítica. La producción de ácido láctico podría deberse al hecho de que la activación de la glicólisis es más rápida que la activación de la fosforilación oxidativa. Esto resulta en una elevación transitoria de NADH en el citoplasma y de la producción láctica neta. Esto está indicado por un incremento no lineal del lactato sanguíneo en relación a la producción de energía y al tiempo. La acumulación de lactato con el incremento de la producción energética puede ser atribuida a disparidades entre la producción y la eliminación de lactato, aun para esas intensidades por debajo del $VO_{2\text{máx}}$, la producción láctica no está relacionada con un déficit de oxígeno, sino más bien con un incremento del flujo glucolítico (Svedenhag, J., & Sjödín, B., 1984; Billat, L. V., 1996).

Las mediciones del lactato sanguíneo son un modo aproximado de apreciar el equilibrio entre la producción y la eliminación de lactato determinada por la cinética relativa de la glucólisis, lactato deshidrogenasa y respiración mitocondrial. Esta complejidad en la regulación del metabolismo del lactato no evita que los practicantes/entrenadores usen el lactato sanguíneo para la predicción del rendimiento deportivo, de hecho se recomienda su utilización de forma periódica para la control y mejora de las sesiones de entrenamiento. Por ejemplo, la medida del lactato en sangre post-competición en eventos cortos ha sido relacionada con pruebas que duran de 1 a 2 minutos (400-800 m). Las medidas del lactato en sangre pueden ser útiles para seleccionar la intensidad correcta en los ejercicios del entrenamiento. Es importante interpretar correctamente el perfil láctico de los atletas después del entrenamiento, el estado nutricional y el protocolo de ejercicios (Billat, L. V., 1996)

1.3.2 Justificación de la toma de muestras de lactato

Uno de los conceptos claves es el umbral anaeróbico, comúnmente definido como la intensidad, velocidad o fracción del consumo máximo de oxígeno a un nivel fijado de lactato en sangre o a un máximo estado estable de lactato –MLSS- (la mayor intensidad de ejercicio a la cual la concentración de lactato en sangre no se incrementa más allá del incremento inicial durante un ejercicio a carga constante), el cual ha sido aceptado como una medida de resistencia. El umbral anaeróbico, expresado como una fracción de la velocidad asociada con el $VO_{2\text{máx}}$ depende de la relación entre velocidad y consumo de oxígeno, y se espera que el máximo estado estable de lactato (MLSS) se corresponda con el umbral anaeróbico (AT), el cual refleja la transición de condiciones aeróbicas a anaeróbicas.

Se ha demostrado que las mediciones del lactato en sangre post-competición en pruebas cortas (1-2 minutos) están relacionadas con el rendimiento en eventos de corta y media distancia (400-800 m). Los niveles de lactato en sangre pueden ser usados para asistir con determinada intensidad en los ejercicios del entrenamiento, así como medidor de sobreentrenamiento en eventos de larga duración, repitiendo el test con el suficiente tiempo para que el sujeto descanse. De todos modos, para interpretar el efecto del entrenamiento en el perfil láctico de la sangre, el estado nutricional del atleta y el protocolo de ejercicios también tienen que estar controlados. Además, la mejora de la utilización fraccional del VO_2 máx en el MLSS tiene que ser considerada sobre todos los factores discriminatorios del rendimiento, como la velocidad asociada al VO_2 máx. A pesar de la controversia sobre la base de la acumulación del lactato en sangre (tanto a su máximo como en el estado estable) y, más importante, sobre el hecho de que el nivel de lactato sanguíneo no refleja la producción en el músculo esquelético activo, la mayoría de los ejercicios de laboratorio usan esto como una base para la evaluación del perfil metabólico de sus deportistas (Svedenhag, J., & Sjödín, B., 1984; Billat, L. V, 1996; Hoogeveen, A. R., 1997; Hill, D. W., 1999)

2. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN. CONTEXTUALIZACIÓN

2.1 Grupo de entrenamiento

Contamos con un grupo de 11 atletas: 3 mujeres (una media de 21 años) y 8 varones (una media de 24 años). Las tres mujeres son especialistas en campo a través, y dos de ellas realizan la prueba de 1500 m; otra mujer está especializada en 3000 obstáculos. De los diez varones, tres son especialistas en 800 m; cinco especialistas en 3000 obstáculos.

Se cuenta con un entrenador principal, uno especializado en trabajo de fuerza, un fisioterapeuta y un entrenador cuyo objetivo principal es el de controlar y cuantificar las cargas del entrenamiento.

Sujeto	Sexo	Prueba (m)	Peso (kg)	Altura (cm)	% Grasa
1	Varón	800	64	174	7
2	Varón	800	60	181	9
3	Varón	800	67	182	13
4	Mujer	1500	48	171	13
5	Mujer	1500	52	162	17
6	Varón	3000 obst.	69	175	9
7	Varón	3000 obst.	64	181	6
8	Varón	3000 obst.	63	176	5
9	Varón	3000 obst.	58	170	8
10	Varón	3000 obst.	70	188	7
11	Mujer	3000 obst.	54	166	16

Tabla 1: Descripción de los sujetos (sexo, prueba y algunos valores antropométricos de referencia)

2.2 Lugares de entrenamiento

Se ha entrenado en el estadio Hispánico, desde donde se salía a hacer los diferentes rodajes (en la Candamia, la orilla del río), así como donde se realizaban las series en pista.

Otro lugar donde se han realizado las sesiones de entrenamiento, tanto de series como de fuerza específica en cuestas, han sido el monte San Isidro y la Candamia.

Para la parte de fuerza se ha utilizado el gimnasio del estadio Hispánico y el gimnasio del CAR de León (donde se ha realizado el trabajo de arrastres y velocidad, así como el protocolo de recuperación, donde se efectuaban baños de contrastes y crioterapia).

Por último, se ha realizado alguna sesión de entrenamiento en la pista de atletismo de la Universidad de León.

2.3 Planificación de entrenamiento

Se ha combinado a lo largo de toda la temporada trabajo aeróbico (más volumen y menos intensidad) con trabajo de alta intensidad (más intensidad y menor volumen), pero de manera distinta.

La primera parte de la temporada (hasta la semana 12, donde hay parón vacacional) es una periodización tradicional, donde prima más la intensidad baja y una gran cantidad de volumen, y se le resta importancia a las sesiones de alta intensidad. A través de los resultados de esta competición y en base a los niveles de lactato obtenidos en los distintos test realizados se decide cambiar la planificación del entrenamiento, dando la misma importancia, o en ocasiones más, al trabajo de alta intensidad.

Este cambio se realiza debido a que contamos con atletas experimentados (más de 7 años de trayectoria, aunque sean jóvenes) por lo que pueden soportarlo bien, además de encontrar un nuevo estímulo en los entrenamientos que les permita mejorar y aumentar el rendimiento.

En las siguientes tablas podemos observar un resumen de la planificación del entrenamiento para mediofondistas, teniendo por una parte los elementos que se trabajan, por otra las semanas que dura esa planificación, y, por último, la importancia que se le da en cada momento a cada uno de los diferentes componentes del entrenamiento:

		Sem.1	Sem.2	Sem. 3	Sem.4	Sem.5	Sem.6	Sem.7	Sem.8	Sem.9	Sem.10	Sem.11
Resistencia Base		4	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0
Carrera	Regenerativo	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Umbral aeróbico	3	3	3	3	4	4	3	4	4	3	4
	Entre umbrales	2	3	2	3	2	1	1	0	0	0	0
	Umbral anaeróbico	1	1	1	2	2	2	2	4	4	5	4
	Pot. Aeróbica (VAM)	0	1	1	2	2	2	3	3	3	5	4
	Capacidad anaeróbica	0	0	1	1	3	3	3	2	2	2	2
	Pot. Anaeróbico-láctica	0	0	0	0	0	1	1	2	2	2	1
Pot. Anaeróbico-aláctica	0	0	0	0	0	0	1	2	2	1	0	
Trabajo de Fuerza en Gimnasio	Acondicionamiento	5	5	2	2	0	0	0	0	0	0	0
	Fuerza desarrollo (hipertrofia)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Fuerza Resistencia	5	5	4	4	3	3	3	3	3	3	2
	Fuerza Máxima	0	0	0	1	4	4	4	5	4	1	1
	Fuerza Explosiva	0	0	0	0	2	2	3	3	3	3	2
	Fuerza Rápida	0	0	0	0	0	1	1	2	2	1	1
Fuerza Específica	Arrastres	0	0	0	0	1	1	2	2	2	1	0
	Cuestas	2	2	2	3	3	4	4	4	3	2	2

Tabla 2: De la semana 1 a la semana 11 (antes del descanso vacacional): En color azul está el trabajo de alta intensidad y menor volumen; en color verde el trabajo de mucho volumen y menor intensidad; en blanco el resto de trabajo, incluido el trabajo de las distintas formas de fuerza. La importancia de cada elemento se valora de 0 a 5, donde 0 es nada y 5 es mucho.

		Sem.13	Sem.14	Sem.15	Sem.16	Sem.17	Sem.18	Sem.19	Sem.20	Sem.21	Sem.22	Sem.23
Resistencia Base		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Carrera	Regenerativo	5	3	3	3	3	2	1	3	2	3	3
	Umbral aeróbico	5	5	4	4	3	2	3	2	3	3	4
	Entre umbrales	3	3	3	2	2	1	1	1	0	0	0
	Umbral anaeróbico	4	4	3	3	2	2	2	2	1	1	1
	Pot. Aeróbica (VAM)	4	4	3	3	3	2	2	2	2	1	1
	Capacidad anaeróbica	2	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4
	Pot. Anaeróbico-láctica	2	3	4	4	5	5	5	5	5	4	4
	Pot. Anaeróbico-aláctica	2	2	3	3	4	4	4	5	5	5	4
Trabajo de Fuerza en Gimnasio	Acondicionamiento	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Fuerza desarrollo (hipertrofia)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Fuerza Resistencia	4	3	1	1	0	1	0	0	1	0	1
	Fuerza Máxima	2	3	5	5	4	3	2	2	1	1	1
	Fuerza Explosiva	2	2	3	4	5	5	4	4	2	2	1
	Fuerza Rápida	0	0	0	1	2	3	3	4	5	5	4
Fuerza Específica	Arrastres	2	2	3	3	5	5	5	5	4	4	2
	Cuestas	3	3	3	3	2	2	2	2	2	1	1

Tabla 3: De la semana 13 a la semana 23 (tras el descanso vacacional): En color azul está el trabajo de alta intensidad y menor volumen; en color verde el trabajo de mucho volumen y menor intensidad; en blanco el resto de trabajo, incluido el trabajo de las distintas formas de fuerza. La importancia de cada elemento se valora de 0 a 5, donde 0 es nada y 5 es mucho.

2.4 Control del entrenamiento a través del lactato

El objetivo del protocolo es obtener tanto la curva de lactato como comparar si a ritmos más rápidos el lactato es el mismo o menor, es decir, si no sube en exceso, lo cual nos indicaría un aumento en el rendimiento a ese ritmo.

En la bibliografía podemos observar otros protocolos similares a este para la obtención de muestras de lactato. Bret, C. et al (2003) indica cómo en su investigación se tomaron muestras de lactato del lóbulo de la oreja 10 minutos antes del calentamiento para determinar la concentración de lactato en sangre en reposo. En este caso los sujetos realizaron tres sesiones de ejercicio, separadas por al menos 24 horas. El ritmo fue incremental hasta el agotamiento, empezando por 8 km/h e incrementando la velocidad 0,3 km/ cada 30 segundos (los atletas corrían detrás de un sujeto en bicicleta, el cual iba marcando la velocidad). En este caso, el lactato sanguíneo fue medido al minuto de acabar la prueba, cada 30 segundos durante los primeros 5 minutos de recuperación, y a partir del minuto 6 cada 2 minutos hasta el minuto 12; cada 5 minutos del minuto 15 al 30 y, finalmente, cada 10 minutos hasta finalizar el periodo de recuperación. Este protocolo estandarizado permite obtener el pico de lactato en sangre y el tiempo en el que se alcanza.

	$[La](0)$ (mmol×l ⁻¹)	$[La]_{peak}$ (mmol×l ⁻¹)	$t[La]_{peak}$ (min)	A_1 (mmol×l ⁻¹)	γ_1 (min ⁻¹)	A_2 (mmol×l ⁻¹)	γ_2 (min ⁻¹)
SR	9.19 ±0.35	12.43 ±0.41	4.4 ±0.3	12.30 ±1.32	0.296 ±0.022	-20.34 ±1.52	0.065 ±0.003
MDR	7.70 ±0.30 **	9.54 ±0.38 ***	2.9 ±0.24 ***	5.48 ±0.92 ***	0.541 ±0.051 ***	-12.08 ±1.08 ***	0.066 ±0.003 NS

Gráfico 2: $[La]$ es la concentración de lactato al inicio de la recuperación; $[La]_{peak}$ es el pico de concentración de lactato medido durante 90 min de recuperación pasiva; $t[La]_{peak}$ es el tiempo en el que se alcanza el pico de lactato (Bret et al, 2003)

Billat, V. L. et al, (2004) sugiere otro protocolo en el que los atletas realizan un test incremental en una pista de 400 m. En este caso la referencia que usan los deportistas para controlar la velocidad es un sistema audiovisual que consta de marcas-guía cada 25 m y señales auditivas que les indican a qué velocidad deben ir para completar cada parcial. Además, la velocidad fue controlada por células fotoeléctricas cada 50 m. Los incrementos

de velocidad entre las etapas se establecieron a 1 km/h. Todas las etapas fueron seguidas por un descanso de 30 s. Durante este periodo se recogió una muestra de sangre capilar de la punta de los dedos. Otras muestras se recogerían antes e inmediatamente después del final de la prueba y al menos 3 minutos después del final. En la siguiente tabla podemos observar los resultados obtenidos, principalmente aquellos relacionados con el lactato:

Subjects	$\dot{V}O_{2max}$ ($ml\ kg^{-1}\ min^{-1}$)	$v_{\dot{V}O_{2max}}$ ($km\ h^{-1}$)	HR_{max} (bpm)	v_{LT} (% $\dot{V}O_{2max}$)	Lactate maxincr (mM)	Free fat $\dot{V}O_{2max}$ (ml $kg^{-1}\ free\ fat\ mass\ min^{-1}$)	\dot{V}_{600} (% $\dot{V}O_{2max}$)	AO_2 deficit ($ml\ kg^{-1}$)
Males								
1	73.0	21.5	203	88.4	12.7	81.1	117.8	60.3
2	69.7	20.5	199	85.4	14.2	75.3	121.0	30.0
3	71.0	20.0	204	90.0	12.1	78.9	126.6	36.4
4	69.8	20.5	199	85.4	11.4	78.8	122.7	41.1
5	71.8	21.5	200	81.4	13.7	79.2	118.3	33.1
6	75.0	21.5	199	88.4	12.0	80.7	137.6	60.6
7	75.0	21.5	199	86.1	15.0	81.5	114.8	67.4
8	66.0	20.5	199	87.8	16.0	72.5	113.8	35.2
Mean	71.4	20.9	200	86.6	13.4	78.5	121.6	45.5
SD	3.0	0.6	2	2.7	1.6	3.1	7.7	14.9
Females								
1	57.4	17.0	199	88.2	12.0	69.8	125.9	61.2
2	57.5	17.0	200	85.3	11.9	69.5	125.1	41.4
3	66.5	19.0	194	86.8	11.9	83.8	112.3	25.2
4	54.4	16.0	204	81.3	13.2	68.9	133.1	76.0
5	58.0	18.5	190	86.5	15.0	74.4	112.3	46.3
6	62.0	18.0	202	86.1	14.0	73.8	115.4	53.4
7	68.0	19.0	196	89.5	13.0	81.9	116.0	61.5
Mean	60.5	17.8	198	86.2	13.0	74.6	120.0	52.1
SD	5.1	1.1	5	2.6	1.2	6.0	8.1	16.4

Gráfico 3: Resultados del protocolo (Billat, V. L., Lepretre, P. M., Heugas, A. M., & Koralsztejn, J. P. (2004). Energetics of middle-distance running performances in male and female junior using track measurements. *The Japanese journal of physiology*, 54(2), 125-135)

Alonso-Curiel, D. et al. (2012) realizó otro procedimiento en el que los atletas realizaban un entrenamiento interválico de 4x(4x400) (102%, Recuperación: 1' y 3')+1x400 (máxima intensidad). Se les controló la frecuencia cardiaca y se tomaron muestras de lactato al terminar las series y en los minutos 3, 5, 7, 10 y 20 en reposo

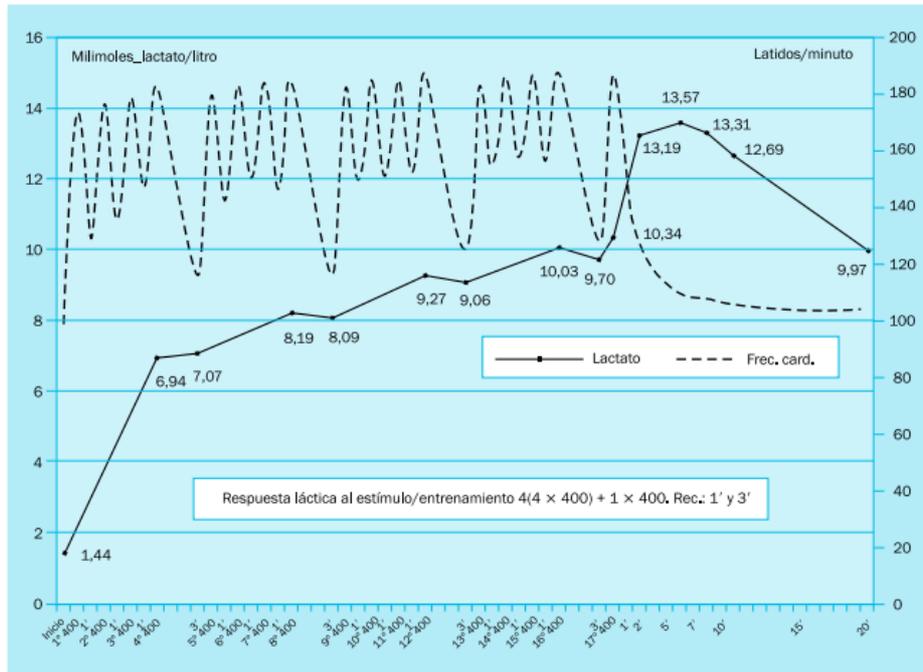


Gráfico 4: Respuesta láctica grupal (Alonso-Curiel, D. et al., 2012)

En nuestro caso, se han hecho 5 test de lactato a lo largo de la temporada. El protocolo ha sido de la siguiente manera:

Realización de 6 series, siempre de la misma distancia (atletas especialistas en 800 y 1500 m realizaban series de 1000 m; atletas especializados en 3000 obst realizaban series de 1500 m).

Recuperación un minuto entre series, en las que se va aumentando el ritmo de manera progresiva.

La toma de lactato se realizaba a los 40 segundos de acabar cada serie y en la última serie al minuto 1, 3, 5, 7, 10, 13... así hasta que la toma de lactato fuese inferior a la del primer minuto de la última serie.

En la siguiente tabla se muestran los resultados de estos test. En ella se indica el ritmo de carrera que ha sido tomado como referencia para compararlos y para realizar el control de la carga en base al lactato:

Sujeto	Ritmo de carrera (min/km)	Lactato (mmol) Antes del parón vacacional	Lactato (mmol) Después del Parón vacacional	Pico de lactato	Minuto del pico de lactato (en reposo)
1	2:50	11,3	14,4	14,8	3
2	2:30	4,9	7,5	13,9	10
3	3:00	7,5	13,2	15,6	5
4	3:10	5,5	4,7	5,7	5
5	3:30	3,9	2,6	8	5
6	3:30	3	Se lesionó	13,8	1
7	2:50	12,7	8,3	14,5	1
8	2:50	10	6,1	12,9	1
9	3:05	7,4	10,1	12,3	1
10	3:25	4,1	2,9	14,2	5

2.5 Marcas obtenidas

Sujeto	MMP	MMT	MMPC	MMPA
1	1'50"	1'51" ₀₂	1'52" ₂₃	1'51" ₀₂
2	1'54" ₀₂	1'54' ₈₂	1'57" ₁₅	1'54" ₈₂
3	1'52" ₂₈	1'54" ₂₅	1'56" ₅₆	1'54" ₂₅
4	1'52" ₁₈	1'52" ₁₈	1'54" ₈₇	1'52" ₁₈
5	4'09" ₂₅	4'09" ₂₅	4'14" ₃₈	4'09" ₂₅
6	4'12" ₈₅	4'17" ₆₂	4'17" ₆₂	4'23" ₁₂
7	7'51" ₈₉	8'18" ₇₉	7'56" ₃₃	8'20' ₈₁
8	8'11" ₄₁	8'41" ₀₅	8'17" ₁₂	8'41" ₅₁
9	8'09" ₆₁	8'35" ₂₁	8'13" ₂₂	8'35" ₂₁
10	8'45" ₁₂	9'16" ₃₁	8'41" ₂₁	9'16" ₃₁
11	7'56" ₆₈	8'29" ₇₈	7'56" ₆₈	8'29" ₇₈

Tabla 5: MMP = mejor marca personal; MMT = mejor marca de la temporada; MMPC = mejor marca piscina cubierta; MMPA = mejor marca pista al aire libre.

Dividimos las competiciones en dos temporadas: temporada de invierno (pista cubierta y Cross) y temporada de verano (pista al aire libre). Como no existe 3000 metros obstáculos en pista cubierta, las marcas que tenemos son de competiciones de 3000 metros lisos, de ahí la diferencia de marcas.

Como podemos observar, la gran mayoría de los sujetos obtiene su MMT (mejor marca de la temporada) en las competiciones al aire libre, después del parón vacacional y de la modificación en la planificación del entrenamiento, yendo de una planificación tradicional (donde prima más el volumen que la intensidad, la cual se va aumentando progresivamente) a una periodización inversa (dando más importancia a la intensidad desde el inicio de la temporada de entrenamiento).

3. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA DE INTERVENCIÓN Y DISEÑO METODOLÓGICO.

3.1 Planificación tradicional vs Periodización inversa

3.1.1 Planificación tradicional

Es la más habitual, la más empleada a lo largo de la historia en los distintos deportes (Arroyo-Toledo, J. J. et al. 2014). Este modelo se centra en el trabajo de umbral, es decir, el trabajo dividido en tres zonas: antes del umbral aeróbico (baja intensidad), entre el umbral aeróbico y el umbral anaeróbico (intensidad submáxima), y a partir del umbral anaeróbico (máxima intensidad). En base a estas zonas, en la planificación tradicional se distribuye el entrenamiento en forma de campana (Seiler, K. S., & Kjerland, G. Ø., 2006).

Tradicionalmente siempre se pensó que para obtener un rendimiento alto en deportes de resistencia era preciso efectuar grandes volúmenes de trabajo a intensidad baja y media, yendo progresivamente a menor volumen y mayor intensidad (Rønnestad, B. R., et al. 2014), siendo habitual empezar por obtener una amplia base de forma física a intensidades sub-máximas durante la pre-temporada (Laursen, P. B., 2010), disminuyendo

progresivamente cuanto más nos aproximemos al periodo competitivo (Arroyo-Toledo, J. J. et al. 2014).

En cuanto a la intensidad, su característica principal es que la distribución de la misma es en forma de campana, es decir, centrando su trabajo en la zona que se encuentra entre el umbral aeróbico y el umbral anaeróbico (Stöggl, T., & Sperlich, B., 2014; Seiler, K. S., & Kjerland, G. Ø., 2006). Sin embargo, en cuanto al volumen, el trabajo se centra principalmente en la zona 1 ($\pm 70\%$), delegando una parte importante del trabajo en la zona 2 ($\pm 25\%$) y un escaso porcentaje en la zona 3, la cual apenas se trabaja ($\pm 5\%$) (Arroyo-Toledo, J. J. et al. 2014). De esta manera se busca obtener adaptaciones en el deportista a través de estímulos submáximos con una base de entrenamiento aeróbico, obviando en muchos casos el trabajo de alta intensidad y exigiéndole al deportista enormes volúmenes de trabajo, con el desgaste y el deterioro físico que eso lleva implicado (Rønnestad, B. R., et al. 2014).

Este tipo de entrenamiento precisa de grandes espacios de tiempo, semanas e incluso meses, para obtener las adaptaciones necesarias que lleven al atleta a un buen estado de forma deportiva, centrando los entrenamientos siempre en la necesidad de efectuar grandes volúmenes de trabajo. Hoy en día se ha demostrado que la intensidad es un factor muy importante en el entrenamiento, sobre todo en pruebas en las que el rendimiento está limitado por adaptaciones de tipo local en el músculo y la resistencia a la fatiga muscular, por lo que si entrenamos de una manera tradicional nos perderemos una parte del entrenamiento (la de alta intensidad) que es determinante para el rendimiento y el éxito deportivos (Rønnestad, B. R. et al. 2015). También hay que tener en cuenta que la planificación tradicional tiene sus orígenes a mediados-finales del s. XX, cuando las exigencias del deporte y los resultados obtenidos en las pruebas deportivas eran menores que actualmente (Issurin, V. B., 2010). Además, la evolución del deporte ha llevado a que cada vez haya un mayor número de competiciones anuales, lo cual aumenta considerablemente el número de estímulos competitivos y la necesidad de alcanzar varios picos de forma a lo largo de la temporada. Las nuevas tecnologías también se han instalado en el día a día de nuestra sociedad, así como para el control y la monitorización del entrenamiento. Como podemos ver, es necesaria la búsqueda de nuevas formas de entrenamiento para suplir las demandas del deporte actual (Rønnestad, B. R. et al. 2012; Mujika, I., 2014)

En base a esto y a los resultados de las muestras de lactato se decidió poner en marcha un entrenamiento de periodización inversa, donde se incluye el entrenamiento de alta intensidad desde principio de temporada.

3.1.2 Periodización inversa

Como hemos visto anteriormente, la base de la planificación del entrenamiento de manera tradicional ha estado siempre centrada en la necesidad de grandes volúmenes de trabajo durante las sesiones de entrenamiento, aumentando progresivamente tanto el volumen como la intensidad a lo largo de la temporada, empezando por un trabajo más general en la fase preparatoria y encaminándose poco a poco a un trabajo más específico hacia la fase competitiva. Actualmente se sabe que la alta intensidad es un factor clave en el rendimiento del deportista y que no debe ser obviada y delegada a un segundo plano como ha sido durante mucho tiempo).

Teniendo en cuenta esto, es más razonable comenzar a entrenar desde el principio de la temporada el trabajo de potencia y alta intensidad, con el objetivo de que esa intensidad esté presente durante el desarrollo de toda la temporada (Bompa T., 2009; Arroyo-Toledo, J. J. et al. 2014). El objetivo de la periodización inversa es entonces que las sesiones de entrenamiento tengan una intensidad cercana a la que se le demandará al deportista en la competición para ir aumentando de manera progresiva el volumen sin tener que disminuir esa intensidad. De este modo suscitaremos adaptaciones de la musculatura específica así como las adaptaciones centrales que se precisan para obtener un rendimiento óptimo, mediante las sesiones de entrenamiento en las que se prime el volumen y la baja intensidad.

Este tipo de entrenamiento se inicia con HIIT (high intensity interval training – entrenamiento interválico de alta intensidad) el cual favorece al mismo tiempo la mejora de ambos sistemas metabólicos, tanto aeróbico como anaeróbico, así como la tolerancia del cuerpo al ácido láctico (al acumular menos debido a que es sintetizado, o a que es eliminado, lo cual disminuye la fatiga) (Seiler, K. S., & Kjerland, G. Ø., 2006; Issurin, V., 2010; Arroyo-Toledo, J. J. et al. 2013). No solo si realizamos este tipo de entrenamiento al inicio de la temporada la asimilación de las cargas cercanas al nivel competitivo comenzará antes, sino que será un trabajo de una calidad más alta al no contar el deportista con la fatiga que le supone la realización de grandes volúmenes de entrenamiento pese a ser a una menor intensidad.

Este tipo de entrenamiento está estructurado en tres fases de trabajo (Arroyo-Toledo, J. J. et al. 2013; Arroyo-Toledo, J. J. et al. 2014):

En la primera, se inicia con un trabajo de alta intensidad que es continuado por cargas en la zona que se encuentra entre ambos umbrales (aeróbico y anaeróbico).

En la segunda fase se trabajará de una forma más tradicional, empleando altos volúmenes y menores intensidades para favorecer las adaptaciones centrales (a nivel cardiovascular y respiratorio) al entrenamiento, y que las adaptaciones conseguidas a nivel de la musculatura implicada se mantengan.

En la tercera fase se volverá a sesiones de alto volumen y alta intensidad a medida que se acerca el periodo competitivo.

Por último, cuando la competición esté cerca, se pasará a una fase de táper (puesta a punto) donde se reduce el volumen de trabajo que favorezca la recuperación muscular y las adaptaciones al entrenamiento para llegar en plena forma a la competición.

No hay una gran cantidad de bibliografía relacionada con este tema y la mayoría de los artículos que hacen referencia a este tipo de entrenamiento están centrados en la natación de velocidad, donde se demuestra su eficacia. Por lo que podemos observar que si es un plan de entrenamiento adecuado tanto para pruebas cortas e intensas como la natación de velocidad (Arroyo-Toledo, J. J. et al. 2013; Arroyo-Toledo, J. J. et al. 2014), así como pruebas de larga duración (Issurin, V., 2010), considero que para el entrenamiento de nuestro grupo de mediodfondistas es idónea, al ser tan importante la implicación de ambos sistemas metabólicos en el desarrollo de la prueba como hemos visto anteriormente (Duffield et al., 2005a; sacado de Montoya-Vieco, A., 2012). En los siguientes gráficos podemos comparar ambos sistemas de entrenamiento:

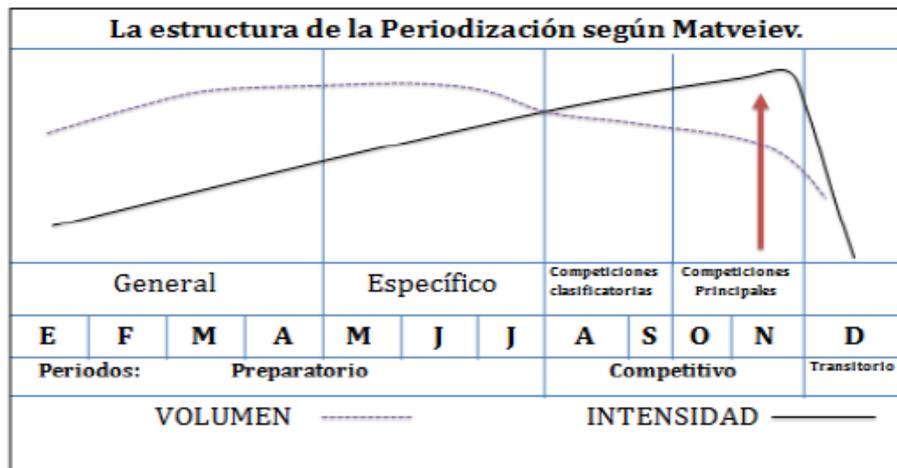


Gráfico 2: Estructura de la periodización de un entrenamiento tradicional según Matveiev (1997). Sacado de Arroyo-Toledo, J.J. (2012)

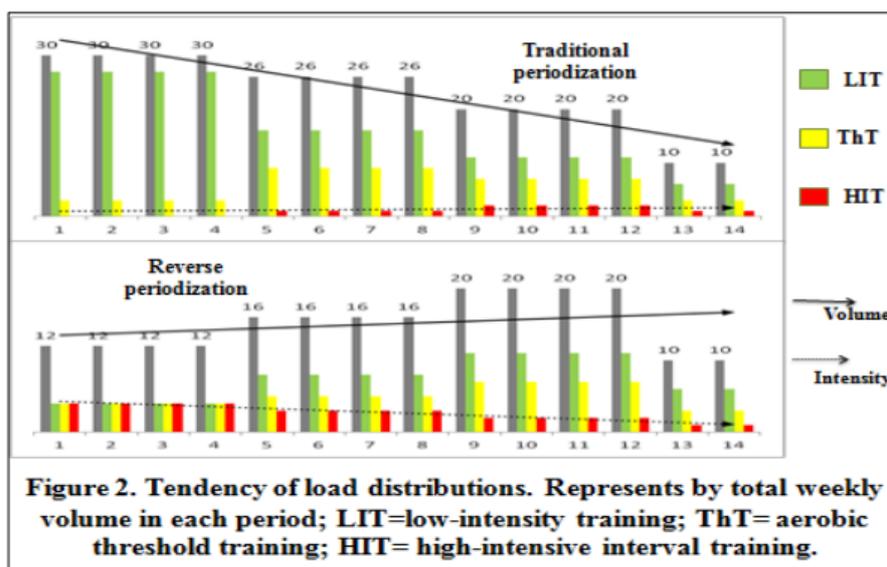


Gráfico 3: Tendencia de la distribución de las cargas. Representado por el volumen semanal total en cada periodo. LIT= entrenamiento de baja intensidad; ThT= entrenamiento en el umbral aeróbico; HIT = Trabajo interválico de alta intensidad (Arroyo-Toledo, J. J. et al. 2013a).

3.2 Periodización inversa en nuestro grupo de entrenamiento

Laursen, P. B. et al. (2008) también destaca cómo que a pesar de que en las pruebas de resistencia el metabolismo aeróbico es el protagonista principal, el anaeróbico también desempeña un rol importante en el rendimiento durante este tipo de pruebas, ya que *“en los momentos críticos, durante los eventos de resistencia, tales como los ascensos, aumentos en el ritmo de carrera y los sprints finales, los atletas de resistencia pueden tener cierta ventaja sobre sus oponentes si tienen un sistema de producción de energía anaeróbica bien desarrollado”*. En el alto nivel, donde la diferencia entre los deportistas y sus marcas es mínima, los atletas se beneficiarían de tener un sistema anaeróbico bien entrenado.

En nuestro caso, y dados los recursos disponibles, a la hora de aumentar la intensidad de los entrenamientos se optó, por una parte, por la realización distintos métodos resistidos en el CAR o en el Hispánico. Este tipo de entrenamiento está reflejado en el artículo de Alcaraz, P. E. et al (2009), donde los diferencia en *“arrastrés de trineos o ruedas, lastres de chalecos o cinturones, arrastres de paracaídas, carreras cuesta arriba, e incluso carreras sobre la arena de la playa”*. El principal objetivo de este tipo de entrenamiento de alta intensidad es la mejora de la fuerza específica sin modificar notablemente la técnica del atleta. Concretamente, los métodos resistidos elegidos fueron el cinturón o chaleco lastrado y las carreras en cuesta.

Por otra parte se optó por aumentar el trabajo de fuerza máxima y de fuerza explosiva desde el inicio de temporada, tanto en el gimnasio como fuera de él.

3.2.1 Cinturón o chaleco lastrado

Este tipo de elementos se colocan sobre el cuerpo del deportista aumentando el peso del mismo, por lo tanto la resistencia al movimiento y la cantidad de fuerza que debe hacer. Esto hace que los músculos trabajen en sobrecarga, provocando un incremento de la coordinación intramuscular (Jakalski, 1998). Al hacer series de entrenamiento con este tipo de carga, el atleta debe vencer la fuerza vertical añadida por este tipo de elementos, lo cual implica una reducción de la fuerza horizontal que realiza, disminuyendo la velocidad que

puede alcanzar y retrasando el tiempo que éste necesita para alcanzar su velocidad máxima.

Cuanto mayor sea la carga mayor será la fuerza que deberá efectuar el atleta para superar la carga. Para que la carga resulte efectiva deberá superar el 9% del peso corporal del individuo. De no ser así, este tipo de método resistido no producirá efectos agudos sustanciales. Este tipo de lastes y pesos añadidos se deben colocar cerca del centro de gravedad del individuo, es decir, cerca de las caderas y/o alrededor de la cintura. Es por eso quizás más apropiado el uso de cinturones con peso añadido o el chaleco antes que el trineo con arrastres, ya que en este caso la carga se encontraría más lejos del cuerpo del sujeto. La distribución del peso debe estar repartida de manera homogénea para evitar descompensaciones bilaterales y la tendencia a girar del individuo (Alcaraz, P. E. et al., 2008)

Al principio de temporada los atletas de 3000 obstáculos realizan carreras de 100 metros de arrastre y otros 100 metros sin carga añadida, unas recuperando 2 min entre series. En el periodo competitivo realizan series lastradas de 80-100 metros a mayor intensidad entre 12 y 15 veces aumentando la recuperación. Los de 800 realizaban el mismo protocolo pero con una distancia menor

80-80sin 10-12 veces / 60-80 de 2 en 2 4x2. Recup 3 y 5 bloq

3.2.2 Cuestas

Como su propio nombre indica, este tipo de método resistido busca aprovechar las superficies inclinadas que se encuentran de manera natural en el entorno (en nuestro caso el monte San Isidro o la Candamia) para aumentar la intensidad del entrenamiento. A la hora de establecer una carga en este tipo de sesiones de entrenamiento,

Dintiman et al. (2001) afirmó que la inclinación de las cuestas debe ser la adecuada para que la técnica de carrera no se vea comprometida. Concretamente, sugirió una inclinación de entre 8° y 10° durante la fase de aceleración e ir reduciendo estos grados de forma gradual con el objetivo de trabajar la fase de velocidad máxima.

En concreto, nuestros atletas de 3000 obstáculos hacen a principio de temporada 3 bloques de 5 repeticiones de 120 metros a una intensidad del 35%, recuperando a trote y cada 5 repeticiones recuperan 3 minutos. Cerca de la competición o competiciones objetivo se realizan series de 10 cuestas de 80-100m con 2 minutos de recuperación entre series con un bloque en el medio en el cual se recuperaría durante 5 minutos. Los atletas de 800 hacen 4 series de 3 bloques de 100 metros, descansando 3 minutos entre bloques. Durante el periodo competitivo realizan 8 repeticiones de 60-80 metros al 95-100%, recuperando 3-4 minutos entre cada repetición.

3.2.3 Trabajo de fuerza

Si hablamos de rendimiento, el desarrollo del trabajo de fuerza es fundamental en las distintas pruebas deportivas (González Badillo, J. J., 2000).

Cuadrado, G. et al (2009) también relacionan el trabajo de fuerza y el rendimiento, demostrando cómo el trabajo de fuerza extensivo por intervalos de manera aislada en miembros inferiores era efectivo para mejorar por una parte el rendimiento en una prueba aeróbica para individuos que estuvieran físicamente activos. Por otra mejoraba en el sujeto distintos tipos de fuerza, como la fuerza máxima dinámica (lo cual implica que es preciso emplear un menor porcentaje de esta fuerza para obtener el mismo resultado así como la capacidad de mantener esta fuerza en el tiempo por una mayor duración, implicando una mejora de la resistencia a la fuerza). Este tipo de entrenamiento dio como resultado una mejora en la fuerza explosiva elástica y en la fuerza reactivo-elástica, del mismo modo que una mejora en la capacidad aeróbica el sujeto y disminuye el porcentaje de grasa del sujeto. Por lo que podemos deducir que el trabajo de fuerza de una forma aislada, sin combinarlo con el entrenamiento de resistencia, ya resulta eficaz a la hora de aumentar distintas variables del rendimiento del deportista.

Diversos estudios también relacionan la mejora del rendimiento con el trabajo de fuerza. Hoff, J., Gran, A., & Helgerud, J. (2002) relatan en su estudio cómo el trabajo de la fuerza máxima (6 repeticiones al 85% de 1RM) mejora la movilización máxima durante la contracción excéntrica del músculo. El tiempo hasta lograr la fuerza máxima se ve reducido entre el 50 y el 60% en cargas diferentes de trabajo submáximas. También incrementó el tiempo en el que los sujetos llegaron al agotamiento hasta un 20,5% sobre el grupo control y mejoró la economía de trabajo de los sujetos.

Respecto a la economía de carrera, Støren, Ø. Et al. (2008) demuestran cómo un entrenamiento de fuerza máxima (combinado con los entrenamientos de resistencia habituales de estos deportistas) llevado a cabo durante 8 semanas la mejora notablemente, así como el tiempo hasta el agotamiento en corredores de resistencia bien entrenados, sin implicar un aumento en el consumo de oxígeno o en el peso corporal. Østerås, H. et al. (2002) trabajan en su estudio también la fuerza máxima (85% 1RM), esta vez en esquiadores de fondo, obteniendo como resultado un aumento en la economía de trabajo, un incremento en 1RM debido en parte a un cambio específico en la relación entre fuerza y velocidad.

El trabajo interválico de alta intensidad también resulta útil para la mejora del rendimiento. Gist, N. H. et al. (2014) indican cómo el trabajo de sprints por intervalos es un método eficaz para la mejora del VO_2 máx y de la fuerza, siendo un método alternativo eficaz ya que reduce el volumen de los entrenamientos obteniendo buenos resultados para el rendimiento.

Beattie, K. et al. (2014), concluye en su estudio cómo la adición de una sesiones dedicadas al trabajo de fuerza en los entrenamientos de los atletas de resistencia resulta en una mejora de la economía de carrera, el VO_2 máx, la potencia muscular y el rendimiento deportivo, resaltando de la importancia que tiene que el entrenador sea consciente del nivel físico de su deportista para regular la duración y las cargas del programa de entrenamiento de fuerza. También relata cómo los atletas de resistencia con que ya tienen un buen desarrollo de la fuerza necesitarán un énfasis en el trabajo de la fuerza explosiva y de reacción para llegar más lejos en su rendimiento deportivo.

Este grupo de atletas, sin importar la distancia de su prueba, realizaba todas las semanas 2 sesiones de trabajo de fuerza en el CAR y uno de fuerza específica fuera, variando las sesiones en función de las necesidades. Un ejemplo de este tipo de trabajo a principio de temporada es: dos estaciones de 5 ejercicios en cada una, 30 segundos por ejercicio. Hay 100 metros entre estaciones y se va corriendo entre ellas. Se realizan 3 vueltas. Un trabajo más específico es, por ejemplo, calentamiento core - movilidad para luego continuar con 5 series de 5 repeticiones de ejercicios como sentadillas, peso muerto o cargadas. Se acaba este tipo de sesiones con algo dinámico, como puede ser técnica de vallas y/o multisaltos

4. RESULTADOS Y BENEFICIOS ESPERADOS.

Mi propuesta es, en general y en base a la bibliografía consultada y a los resultados obtenidos durante esta temporada de competición, empezar desde el inicio de la temporada con un sistema de entrenamiento de periodización inversa, dando importancia al trabajo de intensidad, a cargas altas de fuerza máxima y de fuerza específica desde el inicio de temporada, restando importancia al volumen, para que haya ya una mejora en los resultados y en los niveles de lactato desde el inicio de temporada en pista cubierta y no haya que esperar al aire libre para ver una mejora en los mismos.

4.1.1 Respecto al lactato

Vemos cómo la toma de muestras de lactato es un método eficaz para el control del entrenamiento (Svedenhag, J., & Sjodin, B., 1984; Billat, L. V, 1996; Hoogeveen, A. R., 1997; Hill, D. W., 1999). En nuestro caso, nuestro grupo de deportistas ha obtenido valores de lactato menores de lo que refleja la bibliografía consultada para corredores de medio fondo (Bret et al., 2003; Billat, V. L. et al. 2004; Alonso-Curiel, D. et al. 2012), donde los atletas alcanzan normalmente valores de entre 11 y 15 mmol en el pico de lactato, mientras que nuestros atletas los sujetos 4 y 5 no llegan a esos valores (5,7 y 8 mmol respectivamente). Estos dos sujetos son mujeres y esto podría deberse a su menor masa muscular respecto a los hombres. Esto podría atenuarse haciendo que éstas dedicaran más tiempo a sesiones de entrenamiento de fuerza en el gimnasio con el objetivo de aumentar la masa muscular, lo cual llevaría implícito un aumento en la producción de lactato

También nos encontramos que en 4 de nuestros 10 sujetos, el lactato a un mismo ritmo de carrera antes y después del parón vacacional ha subido. Lo ideal sería que a un ritmo de carrera dado y con un buen plan de entrenamiento, el nivel de lactato fuera menor, ya que el cuerpo lo sintetizaría para la producción de energía o sería capaz de eliminarlo, evitando su excesiva acumulación y por tanto retrasando la aparición de la fatiga (Bangsbo, J., et al., 1991; Hoogeveen, A. R., et al., 1997; Bret, C., et al., 2003; Montoya-Vieco, A. 2012).

Estos resultados nos indican cómo que pese a que el cambio de la planificación ha sido en su mayoría eficaz, será necesario trabajar de esta forma desde el inicio de temporada para

que los sujetos asimilen mejor los niveles de lactato, ya que un aumento de la masa muscular implicaría un aumento en la producción y síntesis del lactato (Svedenhag, J., & Sjödín, B., 1984; (Marcinik, E. J. et al. 1991; Billat, L. V, 1996)

4.1.2 Respecto a las marcas

Podemos observar cómo el cambio de una planificación tradicional hacia una periodización inversa ha provocado que los sujetos mejoren sus marcas, obteniendo en su mayoría su mejor marca de la temporada en las competiciones al aire libre, tras el cambio de planificación del entrenamiento.

Esto nos indica que el trabajo interválico de alta intensidad en atletas de medio fondo, así como el trabajo de la fuerza explosiva y la fuerza específica desde el principio de la planificación resulta más eficaz que la implementación de grandes volúmenes de trabajo (Bompa T., 2009; Arroyo-Toledo, J. J. et al. 2013; Arroyo-Toledo, J. J. et al. 2014)

4.1.3 Respecto a los métodos resistidos de entrenamiento

Observamos también que una forma de incrementar la intensidad de los entrenamientos ha sido la utilización de métodos resistidos (Alcaraz, P. E. et al. 2009), concretamente del cinturón o chaleco lastrado y de las series de entrenamiento en cuestas, y cómo estos han sido eficaces a la hora de mejorar el rendimiento y las marcas de nuestros deportistas.

Según Alcaraz, P. E. et al. (2009), la utilización del cinturón/chaleco lastrado implica “un desplazamiento de la curva de fuerza-velocidad (F-V) hacia la derecha, una mejora de la fuerza explosiva del tren inferior y una mejora del ciclo de estiramiento-acortamiento corto”, mejorando el ciclo de acortamiento-estiramiento y la fuerza explosiva en deportistas entrenados, sin producir cambios remarcables en la técnica de la carrera.

Para el entrenamiento en cuestas, este mismo autor señala que el entrenamiento en este tipo de superficies inclinadas tiene como objetivo mejorar la fuerza de propulsión que el sujeto realiza durante la carrera, concretamente en el sprint. Paradisis, G. P., & Cooke, C. B.

(2001) señalan que para que se produzcan adaptaciones en el entrenamiento con las cuestas, la inclinación del terreno debe superar los 3°. A partir de estos grados se producen efectos agudos en el sujeto, como *“una disminución significativa de la longitud de zancada y de la velocidad máxima de carrera; un aumento significativo de las distancias de aterrizaje, despegue y de vuelo; y un aumento significativo de la inclinación del tronco en el apoyo y en el despegue”*, siendo este tipo de entrenamiento más útil para un incremento del rendimiento de nuestros deportistas (Paradisis, G. P., & Cooke, C. B., 2001; Alcaraz, P. E. et al. 2009)

5. VALORACIÓN PERSONAL Y REFLEXIÓN CRÍTICA.

5.1 Reflexión sobre las sesiones de entrenamiento

Durante los entrenamientos y para la toma de lactato tuvimos suerte ya que tanto en invierno como en verano la temperatura durante los test fue similar, lo cual facilitó la toma de muestras y que los resultados entre test y test estuvieran correlacionados. En algunos casos los atletas llegaron con mucha fatiga a los test, lo cual hizo que se tuviera que desechar alguna muestra de lactato y que el test no tuviera validez. Es por esta razón que contamos con un distinto número de muestras de lactato para cada sujeto.

Eran los mismos deportistas los encargados de controlar el ritmo de carrera para la realización de los test de lactato, dándoles una pauta cada 200 metros del ritmo que tuvieran que llevar. Esto puede hacer que pese a que el deportista sea un atleta muy entrenado y controle perfectamente el ritmo de carrera, en ocasiones este ritmo se viera modificado por falta de concentración y/o atención del mismo. Quizás sería más útil la utilización de métodos tecnológicos para el control de la velocidad de los deportistas y que estos solamente se preocuparan de realizar el test bien, como en el estudio de Billat, V. L. et al, (2004), donde los deportistas controlaban su velocidad gracias a un sistema audiovisual que constaba de marcas-guía cada 25 metros, células fotoeléctricas y señales auditivas que les indicaban a qué velocidad debían de correr para completar correctamente cada parcial.

Las sensaciones de los deportistas respecto al entrenamiento de alta intensidad era inseguridad, se mostraban reacios, pensaban que al principio iban a estar bien pero que posteriormente iban a encontrarse fatigados y que no iban a llegar en una forma adecuada a la competición. Pese a ello decidieron probar este tipo de entrenamiento y llevarlo a cabo y vieron cómo sus resultados mejoraban al aire libre respecto a la pista cubierta gracias al trabajo de alta intensidad desde el inicio de la temporada, lo cual les ha motivado a seguir con este tipo de entrenamiento desde el inicio de la temporada que viene para obtener mejores marcas desde la pista cubierta.

5.2 Reflexión sobre la realización de este trabajo

El tema del control de los entrenamientos a través del lactato me ha parecido siempre muy interesante y muy llamativo (quizás también por el hecho de que había que pinchar al deportista para sacar una muestra de sangre, bien en el lóbulo de la oreja o bien en la yema de los dedos), desde la primera vez que lo vi en la carrera, ya que antes desconocía por completo este tipo de test. También me ha resultado muy curioso cómo según la bibliografía el lactato puede no ser un producto de desecho, sino que también de él se puede sacar glucógeno, el cual puede transformarse en glucosa cuando el organismo lo requiere y que es la capacidad de sintetización del lactato que tiene el deportista la que evita que este se acumule en exceso causando fatiga, sino que se reutilice (Lacour, J. R., Padilla-Magunacelaya, S., et al. 1990; Brandon, L. J. 1995).

He aprendido mucho respecto a cómo se entrenaba de una manera tradicional en el atletismo (dándole mayor importancia al volumen y a acumular kilómetros) y cómo las tendencias actuales en el entrenamiento de resistencia y, concretamente, de medio fondo, le dan mucha importancia a la alta intensidad en el entrenamiento, al trabajo de fuerza máxima y de fuerza específica, y que esto ha llevado en tan solo unos meses a la mejora del rendimiento y de las marcas de competición en nuestro grupo de deportistas, lo cual me hace pensar que si se empieza a entrenar de este modo desde el inicio de la temporada que viene repercutirá satisfactoriamente en una mejora del rendimiento desde las competiciones en pista cubierta y que esta mejora se mantendrá a lo largo de toda la temporada.

Es muy gratificante descubrir un tema nuevo, como ha sido para mí el control de los entrenamientos a través del lactato, y ver que es útil y aplicable en la vida real a través de test de campo y no sólo es útil dentro de un laboratorio donde todo está estandarizado y no se corresponde luego con la realidad de la competición. También es muy satisfactorio que gracias a este tipo de control podamos ver en qué fallan nuestros deportistas (como una falta de masa muscular debido a los bajos niveles de lactato). Si sabemos qué factores hacen que nuestros deportistas no alcancen un rendimiento óptimo podemos ponerles solución.

Por último, he tenido la oportunidad de presenciar algunas de las sesiones de entrenamiento y de conocer a un grupo de deportistas muy agradable y profesional, que pese a que son reticentes a determinados cambios confían en su entrenador y en su preparador físico ciegamente y cambian el sistema de entrenamiento que han llevado durante toda la vida por uno nuevo que, contrariamente a lo que ellos pensaban, les ha llevado a mejorar el rendimiento y obtener mejores resultados.

6. BIBLIOGRAFÍA

Alcaraz, P. E., Elvira, J. L., & Palao, J. M. (2009). Características y efectos de los métodos resistidos en el sprint. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 4(12).

Alcaraz, P. E., Palao, J. M., Elvira, J. L., & Linthorne, N. P. (2008). Effects of three types of resisted sprint training devices on the kinematics of sprinting at maximum velocity. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(3), 890-897.

Alonso-Curiel, D., Campo-Vecino, J. D., Balsalobre-Fernández, C., Tejero-González, C. M., & Ramírez-Parenteau, C. (2012). Respuesta láctica de atletas de élite ante un entrenamiento específico para la prueba de 3.000 metros lisos. *Apunts. Educación física y deportes*.

Arroyo-Toledo, J. J., Clemente, V. J., & González-Rave, J. M. (2013b). The effects of ten weeks block and reverse periodization training on swimming performance and body composition of moderately trained female swimmers. *Journal of Swimming Research*, 21(1).

Arroyo-Toledo, J. J., Clemente, V. J., Gonzalez-Rave, J. M., Ramos Campo, D. J., & Sortwell, A. (2013a). Comparison between traditional and reverse periodization: swimming performance and specific strength values.

Arroyo-Toledo, J. J., Clemente, V. J., González-Rave, J. M., Ramos Campo, D. J., & Sortwell, A. D. (2014). Comparación entre Periodización Tradicional y Periodización Inversa: Rendimiento en Natación y Valores Específicos de Fuerza. *PubliCE Premium*.

Arroyo-Toledo, J.J. (2012). Periodización inversa; conceptualización y aplicaciones prácticas para el entrenamiento de la natación. *Natación saltos/sincro waterpolo*. 35(2): 24-30

Bangsbo, J., Gollnick, P. D., Graham, T. E., & Saltin, B. (1991). Substrates for muscle glycogen synthesis in recovery from intense exercise in man. *The Journal of physiology*, 434(1), 423-440.

Beattie, K., Kenny, I. C., Lyons, M., & Carson, B. P. (2014). The effect of strength training on performance in endurance athletes. *Sports Medicine*, 44(6), 845-865.

Billat, L. V. (1996). Use of blood lactate measurements for prediction of exercise performance and for control of training. *Sports medicine*, 22(3), 157-175.

- Billat, V. L., Lepretre, P. M., Heugas, A. M., & Koralsztein, J. P. (2004). Energetics of middle-distance running performances in male and female junior using track measurements. *The Japanese journal of physiology*, 54(2), 125-135.
- Boileau, R. A., Mayhew, J. L., Riner, W. F., & Lussier, L. (1982). Physiological characteristics of elite middle and long distance runners. *Canadian Journal of Applied Sport Sciences*, 7(3), 167-72.
- Bompa T. (2009). Base endurance: move forwards with reverse periodization. *Peak Performance*, 272, 5-7
- Bosquet, L., Léger, L., & Legros, P. (2001). Blood lactate response to overtraining in male endurance athletes. *European journal of applied physiology*, 84(1-2), 107-114
- Brandon, L. J. (1995). Physiological factors associated with middle distance running performance. *Sports Medicine*, 19(4), 268-277.
- Bret, C., Messonnier, L., Nouck, J. N., Freund, H., Dufour, A. B., & Lacour, J. R. (2003). Differences in lactate exchange and removal abilities in athletes specialised in different track running events (100 to 1500 m). *International journal of sports medicine*, 24(02), 108-113
- Bret, C., Messonnier, L., Nouck, J. N., Freund, H., Dufour, A. B., & Lacour, J. R. (2003). Differences in lactate exchange and removal abilities in athletes specialised in different track running events (100 to 1500 m). *International journal of sports medicine*, 24(02), 108-113.
- Carter, J. L. (1982). *Physical structure of Olympic athletes*. Karger, Nueva York
- Cuadrado, G., De Benito, A. M., Sedano, S., Izquierdo, J. M., Redondo, J. C., & Granado, J. C. (2009). Efectos de un programa de entrenamiento de la fuerza-resistencia sobre los niveles de resistencia. *Motricidad. European Journal of Human Movement*, 22.
- Dintiman, G. B., Ward, B., Téllez, T. (2001). Acceleration and speed. *Highperformance sports conditioning*, 176-179.
- Drees, L. (1968). *Olympia: gods, artists, and athletes*. Praeger
- García-Verdugo, M., & Delmas, M. G. V. (2007). Resistencia y entrenamiento: Una metodología práctica

Gist, N. H., Fedewa, M. V., Dishman, R. K., & Cureton, K. J. (2014). Sprint interval training effects on aerobic capacity: a systematic review and meta-analysis. *Sports medicine*, 44(2), 269-279.

González Badillo, J. J. (2000). Concepto y medida de la fuerza explosiva en el deporte. Posibles aplicaciones al entrenamiento. *Revista de entrenamiento deportivo*, 14(1), 5-16.

Grijota Pérez, F. J., Barrientos Vicho, G., Casado Dorado, A., Muñoz Marín, D., Robles Gil, M. C., & Maynar Mariño, M. (2016). Análisis nutricional en atletas de fondo y medio fondo durante una temporada deportiva. *Nutrición Hospitalaria*, 33(5), 1136-1141.

Heydenreich, J., Kayser, B., Schutz, Y., & Melzer, K. (2017). Total Energy Expenditure, Energy Intake, and Body Composition in Endurance Athletes Across the Training Season: A Systematic Review. *Sports Medicine-Open*, 3(1), 8.

Hill, D. W. (1999). Energy system contributions in middle-distance running events. *Journal of Sports Sciences*, 17(6), 477-483.

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.

Hoogeveen, A. R., Hoogsteen, J., & Schep, G. (1997). The maximal lactate steady state in elite endurance athletes. *The Japanese journal of physiology*, 47(5), 481-485.

Issurin, V. B. (2010). New horizons for the methodology and physiology of training periodization. *Sports medicine*, 40(3), 189-206.

Jakalski, K. (1998). The pros and cons of using resisted and assisted training methods with high school sprinters: parachutes, tubing and towing. *Track Coach*, 144, 4585-4589.

Lacour, J. R., Padilla-Magunacelaya, S., Barthelemy, J. C., & Dormois, D. (1990). The energetics of middle-distance running. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 60(1), 38-43.

Laursen, P. B. (2010). Training for intense exercise performance: high-intensity or high-volume training?. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 20(s2), 1-10.

Laursen, P. B., Chiswell, S. E., & Callaghan, J. A. (2008). Los Atletas de Resistencia ¿Deberían Suplementar su Programa de Entrenamiento con un Programa de Entrenamiento con Sobrecarga para Mejorar su Rendimiento?. *PubliCE Standard*.

Marcinik, E. J., Potts, J., Schlabach, G., Will, S., Dawson, P., & Hurley, B. F. (1991). Effects of strength training on lactate threshold and endurance performance. *Medicine and science in sports and exercise*, 23(6), 739-743.

Montoya-Vieco, A. (2012). Perfil del rendimiento en los métodos de competición del corredor de 800 m: análisis de la distribución del ritmo y la zancada.

Mujika, I. (2014). Olympic preparation of a world-class female triathlete. *International journal of sports physiology and performance*, 9(4), 727-731.

Østerås, H., Helgerud, J., & Hoff, J. (2002). Maximal strength-training effects on force-velocity and force-power relationships explain increases in aerobic performance in humans. *European journal of applied physiology*, 88(3), 255-263.

Paradisis, G. P., & Cooke, C. B. (2001). Kinematic and postural characteristics of sprint running on sloping surfaces. *Journal of Sports Sciences*, 19(2), 149-159.

Rønnestad, B. R., Hansen, J., & Ellefsen, S. (2014). Block periodization of high-intensity aerobic intervals provides superior training effects in trained cyclists. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 24(1), 34-42.

Rønnestad, B. R., Hansen, J., Vegge, G., Tønnessen, E., & Slettaløkken, G. (2015). Short intervals induce superior training adaptations compared with long intervals in cyclists—An effort-matched approach. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 25(2), 143-151.

Seiler, K. S., & Kjerland, G. Ø. (2006). Quantifying training intensity distribution in elite endurance athletes: is there evidence for an “optimal” distribution?. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 16(1), 49-56.

Snell, P. (1990). Middle distance running. *Physiology of Sports* (pp. 101-120). E and FN Spon, Londres.

Stöggl, T., & Sperlich, B. (2014). Polarized training has greater impact on key endurance variables than threshold, high intensity, or high volume training. *Frontiers in physiology*, 5.

Støren, Ø., Helgerud, J. A. N., Støa, E. M., & Hoff, J. A. N. (2008). Maximal strength training improves running economy in distance runners. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 40(6), 1087-1092.

Svedenhag, J., & Sjödin, B. (1984). Maximal and submaximal oxygen uptakes and blood lactate levels in elite male middle-and long-distance runners. *International journal of sports medicine*, 5(05), 255-261.

Svedenhag, J., & Sjödin, B. (1984). Maximal and submaximal oxygen uptakes and blood lactate levels in elite male middle-and long-distance runners. *International journal of sports medicine*, 5(05), 255-261

Tanner, J. M. (1964). *The Physique of the Olympic Athlete*. George Allen & Unwin, Londres