

# Importancia de la Cantidad y la Calidad en el Entrenamiento Aeróbico

Jonathan Esteve Lanao

Prof Entrenamiento Deportivo Universidad Europea de Madrid  
Entrenador Nacional de Atletismo  
Coordinador de la Escuela del Corredor UEM

---

Lógicamente, ambos aspectos son cruciales. Existen ejemplos para justificarlo. Probablemente la clave esté en hallar su aplicación la justa medida, proporción, momento y deportista. La cualidad de la resistencia parece hoy día infravalorada por algunos sectores, en relación a otras cualidades, en el sentido de que nada ha cambiado, que todo está visto. Cierto es que algunos entrenadores se encargan de dar esa sensación. En esta documentación se resume el contenido de la charla, sintetizando las ventajas de hacer volumen o intensidad de entrenamiento. Es preciso justificar que, por nuestro perfil profesional y deportivo, la presente documentación hace especial referencia a las carreras de fondo del atletismo.

## Volumen

El volumen de entrenamiento define la parte cuantitativa de la carga de entrenamiento (Verjoshanski 1990). Hay que distinguirlo de la "duración", pues el volumen se ciñe al tiempo o distancia real de esfuerzo, mientras que la duración incluye las posibles pausas en el mismo o en la totalidad de la sesión (Bompa 1994). También se utilizan el número total de kilogramos, repeticiones o apoyos de los ejercicios en el caso del entrenamiento de fuerza con sobrecargas, técnica o saltos.

Ninguna variable puede unificar la cuantificación de todos los aspectos del entrenamiento, más allá de la duración, que sin embargo, es imperfecta tanto en la resistencia por lo anteriormente indicado sobre las pausas como lógicamente en contenidos como la fuerza, la velocidad o la técnica.

El volumen puede definirse como la cantidad total de trabajo realizado por sesión o ciclo de entrenamiento (Fleck 2002). Dentro del mismo puede distinguirse en volumen "absoluto", representado por el total de kilómetros, repeticiones o

(Fleck 2002) o el volumen "relativo", que sería la cantidad de trabajo realizado en un ciclo determinado en relación a la Capacidad Máxima Individual (Naclerio 2005), es decir, por ejemplo, los kilómetros semanales divididos por el máximo kilometraje semanal en una preparación o "macrociclo".

Aunque la carga de entrenamiento de carrera pueda prescribirse por tiempo o distancia, creemos que, al igual que otros entrenadores como Daniels, en el caso de corredores de bajo nivel es preferible indicarla en tiempo, de cara a provocar efectos fisiológicos similares respecto a las cargas de corredores de mayor nivel. Como ejemplo, un corredor de alto nivel puede correr 30 kilómetros de forma suave en unas 2 horas. Pero para un corredor de bajo nivel 30 kilómetros sería alrededor de una hora más, con lo que la intensidad y el estrés fisiológicos cambian. Por ello, en corredores de bajo nivel parece más sensato prescribir el entrenamiento por tiempo y no por distancia.

Así mismo creemos que indicar las cargas de entrenamiento por tiempo y no distancia, al menos durante ciertos momentos de la temporada y ciertas sesiones, reduce la ansiedad por controlar en todo momento la velocidad o ritmo desarrollado, permitiendo centrarse en desarrollar una intensidad fisiológica constante si es ese el objetivo, ya sea por medio de la percepción o la FC.

Además, como indican Péronnet y colaboradores (2001), las sesiones de entrenamiento de baja intensidad son las únicas en las que los corredores de ciertas diferencias de nivel pueden coincidir, fomentando el aspecto social del entrenamiento, debido a que para unos la intensidad es tolerable durante cierto tiempo pese a no ser excesivamente liviana, mientras que para los de mayor nivel puede rondar el límite inferior de intensidad necesaria y servir para complementar volumen de trabajo total semanal o la regeneración.

En pruebas cortas la utilidad del volumen se concibe como entrenamiento de base, mientras que en pruebas largas o ultramaratones gana en especificidad y se convierte en la principal variable de entrenamiento (Navarro y García-Verdugo 2003).

Para Bompá (1999), el incremento del volumen a lo largo de las temporadas es imprescindible para producir adaptaciones en los deportistas de elite, siendo la principal variable en los deportistas de resistencia. En el general de los deportes, este autor indica las cifras aproximadas de 400 horas anuales para alcanzar un buen nivel de carácter regional, 600 para un nivel nacional, 800 para un atleta de nivel internacional, y 1000 horas anuales de entrenamiento para un deportista entre los 20 mejores del mundo. Aunque Bompá (1999) lo indica como recomendación para el general de los deportistas, también el entrenador noruego de esquiadores de fondo Eric Røste coincide en esa cifra límite para los esquiadores masculinos que aspiren a la elite, y marca cifras objetivo en función de la edad, siguiendo la progresión lineal que se observa siguiendo los puntos de la recta 1 de la figura 1 (los datos de Seiler 1997)

Pero es lógico que dichas cifras sean más útiles para ese deporte y otros como el ciclismo o el triatlón. Por ejemplo, un corredor de maratón de elite que recorriera unos 9000 kilómetros anuales, a una media de 3 min 45 s o 4 minutos el kilómetro, rondaría las 600 horas anuales, lo que supone una media anual de unos 160-180 kilómetros semanales. Un corredor que haga una media de 100 kilómetros semanales de media, con un período de transición y regeneraciones periódicas, rondaría las 300-350 horas anuales. Por ello quizá los datos de Platonov (2001) sean más reales para los corredores de fondo. Propone que en unos 10 años para alcanzar el máximo nivel, se acumularía un total de 2600 horas para el atleta de alto nivel y unas 5000 para el de elite. Esto, unido a los datos de la evolución de Paula Radcliffe (actual *recordwoman* de maratón) a lo largo de su carrera deportiva (Jones 2006, Jones 1998), se traduciría en una progresión lineal desde unas 150 horas en la iniciación a unas 450 horas anuales o hasta unas 500 como límite, como se

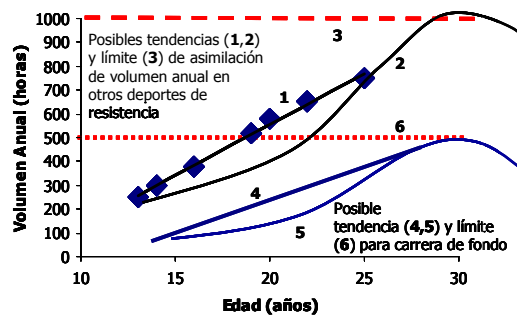
refleja en la parte inferior de la figura 1, que sintetiza todo ello.

La regla de los 10 años o las 10.000 horas (Ericsson y Charness 1994, Ericsson et al 1993, Bloom 1985) para lograr el máximo nivel en una carrera deportiva, lógicamente asume que no se harán 1000 horas cada año, sino que serán menos al principio y más al final.

En general se asume que la progresión es fundamental, tanto en la temporada como en la carrera deportiva, para provocar adaptaciones pero sin provocar lesiones (Péronnet y Thibault 2001, Bompá 1999).

Además, Navarro y García-Verdugo (2003) indican que a partir de cierta edad y nivel de rendimiento, el factor intensidad es el único que puede provocar mayores adaptaciones, pudiendo haber un leve descenso del volumen anual de entrenamiento (por ejemplo un ~5%). Esto también se refleja en la figura 1, tanto en las rectas 2 como 5, que muestran una tendencia no-lineal, sino inicialmente más exponencial, como también sugieren éstos y otros autores como otra posibilidad de incremento anual del volumen.

Figura 1  
Incrementos del volumen anual de entrenamiento en deportistas de resistencia  
A partir de datos de Røste (en Seiler 1997), Platonov (2001), Jones (2006,1998) y Navarro y García-Verdugo (2003)



Por tanto, parece existir un rango de volumen "óptimo" para inducir las adaptaciones funcionales y estructurales deseadas (Ostrowoki et al 1997, Kraemer, et al 1997). Aunque no parece fácil de detectar, más allá del empirismo con cada atleta en particular, parece que éste depende del deporte, de la cualidad a desarrollar, de características individuales de los sujetos como el nivel de rendimiento,

la edad y el sexo, del objetivo del entrenamiento (Desarrollo / Mantenimiento, etc) y el momento de la preparación, tanto en la temporada como en la carrera deportiva (Peterson *et al* 2004, Kraemer y Ratamess 2004, Wolfe 2004, Seiler 1997)

De hecho, empíricamente diversos corredores han indicado que sus mejores marcas no se lograron en las temporadas que más volumen acumularon (Noakes 2003). Esto también se puede aplicar al kilometraje máximo semanal de la temporada. Por ejemplo, el análisis de las mejores marcas en maratón de Ron Hill a lo largo de once años (1964-1975) y su kilometraje semanal, muestra que un entrenamiento alrededor de los 140-160 km semanales en los últimos 3 meses antes de cada maratón resultó óptimo para él, con picos máximos de 210-220, mientras que otras preparaciones con volúmenes superiores o inferiores le llevaron a peores marcas (Noakes 2003).

Para acumular un alto volumen, lógicamente es preciso desarrollarlo a una intensidad baja. La práctica de un mayoritario uso del entrenamiento de baja intensidad se observa en trabajos científicos de carácter descriptivo con alto nivel o elite en diversos deportes cíclicos de resistencia, como el ciclismo (Lucía *et al* 2000, Lucía *et al* 1999), el remo (Fiskestrand y Seiler 2004, Steinacker *et al* 1998), el esquí de fondo (Seiler y Kjerland 2004) o las pruebas de carrera como el maratón (Billat *et al* 2001) y el campo a través (Esteve-Lanao *et al* 2005).

La proporción se sitúa entre un 70 y 95% del tiempo total real de entrenamiento de la temporada o ciclo de preparación, variando según el método de cuantificación empleado.

Al margen de beneficios en la fijación de la técnica correcta, argumento habitual en el caso de la natación (Maglischo 2003), ¿por qué mecanismo fisiológico es útil un alto volumen de entrenamiento en resistencia?

Un mecanismo especialmente provocado por el alto volumen de entrenamiento puede ser el incremento del volumen plasmático, que provocará un incremento del retorno venoso, y con ello, por medio del mecanismo de Frank-Starling, un mayor bombeo cardiaco. De este modo se

incrementa el aporte sanguíneo a los músculos, algo que parece clave para la mejora del  $\text{VO}_2\text{max}$  y por tanto del rendimiento en atletas entrenados. También es sabido que en los deportistas de resistencia las cavidades cardiacas son mayores que en el resto de deportistas, lo que puede deberse a ese mayor volumen de entrenamiento que les diferencia (Lucía 2005, Lucía *et al* 2000a, Lucía *et al* 2000b).

El entrenamiento de alto volumen puede mejorar la economía de las fibras, incluso sin modificar su tipología, por ejemplo manteniendo la mayor potencia de las fibras tipo II pero aportándoles ciertas características de las tipo I como la eficacia y eficiencia para consumir oxígeno, o la capilarización (Lucía *et al* 2000a).

El volumen de entrenamiento tiene también una utilidad mecánica por cuanto un limitante del progreso deportivo puede ser la falta de resistencia de articulaciones y ligamentos (Verjoshanski 1990).

Diversos autores coinciden en señalar una balanza de "beneficio-riesgo" entre el incremento del volumen y la mejora del rendimiento (Navarro y García-Verdugo 2003, Bompa 1999). Esto parece claro por cuanto un incremento súbito o un volumen excesivo pueden conducir a la lesión o el sobreentrenamiento.

Por el contrario, tal como se desarrolla posteriormente en los trabajos experimentales, parece también que la acumulación de volumen de entrenamiento a bajas intensidades, en su medida adecuada pero en una alta proporción respecto al resto de entrenamiento, puede servir como medio para tolerar mejor con posterioridad o paralelamente el entrenamiento de alta intensidad, y así evitar el sobreentrenamiento por regulación a la baja del sistema nervioso simpático (Esteve-Lanao *et al* 2007, Esteve-Lanao *et al* 2005, Seiler y Kjerland 2004, Lucía *et al* 2001b).

La mínima intensidad que se ha sugerido como útil para el entrenamiento de volumen ronda el 70-60% de la FC máx (Seiler 1997) o 65-70% de la Potencia Aeróbica Máxima (Péronnet *et al* 2001). El siguiente apartado trataremos la intensidad del entrenamiento.

## Intensidad

Del análisis del entrenamiento de los grandes corredores de fondo se desprenden dos aspectos comunes, ambos relacionados con la intensidad de entrenamiento. Por una parte, casi todos los grandes corredores de fondo obtuvieron éxitos previos en distancias más cortas. En segundo lugar, no siempre realizaron volúmenes enormes, pero todos incluyeron entrenamiento de alta intensidad en su entrenamiento (Noakes 1992).

La intensidad del entrenamiento es el componente cualitativo (Bompa 1999). La intensidad presenta más formas de expresión, que básicamente se agrupan en variables de intensidad fisiológica o interna (%VO<sub>2</sub>max, Frecuencia Cardíaca o % de la FCmax, lactato o percepción de esfuerzo) y externas (velocidad o ritmo). En este sentido los entrenadores suelen utilizar la referencia de minutos por kilómetro, mientras que los investigadores suelen expresarla más habitualmente en metros por minuto, metros por segundo o kilómetros por hora.

Una referencia intermedia entre la potencia desarrollada y el significado fisiológico es utilizar porcentajes de la velocidad aeróbica máxima, siempre y cuando ésta también se identifique periódicamente.

Pero todos los medios para prescribir una intensidad en resistencia tienen sus limitaciones: la velocidad no es constante si el relieve, la superficie o la fatiga se modifican, por lo que el estrés fisiológico tampoco es constante. La FC puede verse afectada por la fatiga y todo lo relacionado con ella (hidratación, calor, sobreentrenamiento...), y se debe tener en cuenta su cinética de activación en los entrenamientos intermitentes por la interacción metabólica. El lactato no permite una monitorización en esfuerzo ni inmediata, como el VO<sub>2</sub>, y la percepción es así mismo relativa a la velocidad solo si la fatiga es pequeña, siendo quizá la más útil herramienta, si bien requiere de una experiencia notable.

En el entrenamiento corriente parece más sensato utilizar variables de control de la carga interna. Sin embargo, para evaluar periódicamente los progresos, o en los entrenamientos de "ritmo" durante la

preparación inminente para la competición objetivo, la referencia ritmo o velocidad cobran todo el protagonismo, aunque siga siendo útil relacionarlo con referencias fisiológicas. Al fin y al cabo, los triunfos y las marcas se ganan contra el tiempo.

Una cuestión clave en el entrenamiento de resistencia aeróbica es la de establecer las intensidades óptimas de entrenamiento. Como es de suponer, éstas deben ser distintas según el nivel de la población.

Se ha indicado recientemente que la diferencia principal estriba entre sujetos con valores de VO<sub>2</sub>max inferiores o superiores a 40 ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>. Para aquellos con un nivel inferior, la mayor intensidad no parece especialmente necesaria, siendo la intensidad mínima para producir mejoras cualquier intensidad superior al 38% del VO<sub>2</sub>max. Para sujetos de más de 40 ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>, el mínimo sería el 50% del VO<sub>2</sub> max (Swain y Franklin 2002). Y si bien no se ha determinado el óptimo para la máxima mejora, se cree que estará entre el 80 y el 100% del VO<sub>2</sub>max (Berg 2003, Kubukeli *et al* 2002, Laursen y Jenkins 2002, Billat 2001, Jones y Carter 2000, Tabata *et al* 1997, Wenger y Bell 1986).

Astrand y Rodahl, en su libro de texto de fisiología (1986) indicaron que "*Una cuestión importante pero por resolver es qué tipo de entrenamiento es más efectivo: mantener un nivel del 90% del VO<sub>2</sub>max durante 40 min o solicitar el 100% del VO<sub>2</sub> durante 16 min*". Al poco tiempo Olsen y colaboradores (1988) trataron de responderles en un trabajo con 2 grupos de entrenamiento con intervalos, uno entrenando mayor volumen (2,5 a 3 millas) al 92% de VO<sub>2</sub>max, y otro con menor volumen (1,5 a 2,5 milla) al 100%. Tanto el rendimiento como el VO<sub>2</sub>max fueron mejorados por igual en ambos grupos.

Actualmente conocer cuánto entrenamiento es necesario de cada intensidad es una de las más recientes tendencias en la investigación en el entrenamiento de la resistencia, especialmente en deportistas de alto nivel.

Como se indicó anteriormente, el volumen parece beneficiar la función cardiovascular por un incremento del volumen plasmático. Para retener adecuadamente estos 1-2

litros adicionales de plasma que se pueden llegar a obtener, el entrenamiento debe producir las adaptaciones de incrementar el diámetro de las arterias existentes, y formar nuevos vasos capilares alrededor de las fibras. Por ejemplo, un keniano de elite puede tener unos 6 capilares por fibra, mientras que un estudiante de Actividad Física y Deporte puede tener unos 4 por fibra (Saltin *et al* 1995). Esta capilarización parece estimularse con entrenamientos de cierta intensidad, alrededor de umbral anaeróbico (Navarro y García-Verdugo 2003), y la densidad mitocondrial a intensidades alrededor de  $VO_2max$  (Terjung 1995). La capilarización es también necesaria para el tamponamiento del lactato, otra adaptación lógicamente propia del entrenamiento a intensidades elevadas o muy elevadas, más allá del  $VO_2max$  (Péronnet *et al* 2001).

Así mismo parece que la intensidad es especialmente necesaria a nivel neuromuscular (Noakes 2003), es decir la resistencia muscular para mantener la contracción intensa de cada zancada en fatiga, así como la habilidad de modificar la frecuencia de ciclo, por ejemplo, en un cambio de ritmo, una cuesta o un esprint final.

Por tanto, parece que el volumen es imprescindible para un desarrollo central mientras que la intensidad lo es especialmente a nivel periférico, en el sistema cardiovascular, y en general en las habilidades neuromusculares, si bien el volumen también mejora las propiedades metabólicas de las fibras para una mejor economía.

### **Recuperación, densidad o frecuencia**

No podemos descuidar estos aspectos aunque no sea el motivo principal de esta ponencia. No son términos sinónimos pero los presentamos de forma agrupada, pues se relacionan con la sucesión temporal de las cargas de entrenamiento. Un principio fundamental del entrenamiento es el de la regeneración periódica.

La frecuencia es el *número de sesiones en un período de tiempo*, habitualmente en el microciclo. La recuperación es el *tiempo de pausa entre estímulos*, y la densidad representa la frecuencia de estímulos de

entrenamiento por unidad de tiempo, es decir, un *cociente o proporción entre la duración del estímulo y la de la pausa* (Bompa 1999)

Todo ello permite llegar al compromiso óptimo entre la carga que supone una sesión y la obtención de su beneficio con posterioridad (supercompensación). La escasa recuperación conduce hacia la lesión o el sobreentrenamiento, mientras que su exceso al mantenimiento y posterior descenso del nivel de condición física. De ahí que la frecuencia de entrenamiento esté tan relacionada con la intensidad, a lo que hay que añadir que la intensidad es el elemento clave para mantener el nivel de condición física en caso de una menor frecuencia o dificultades para la continuidad, más que el volumen, a tenor de los efectos del desentrenamiento (Mújika y Padilla 2001, Mújika y Padilla 2000).

La continuidad en el entrenamiento aeróbico es especialmente imprescindible, produciéndose palpables empeoramientos a partir de las dos semanas de cese de actividad, que habitualmente requieren de mayor tiempo para su restauración de nivel (Terjung 1995). Aunque la frecuencia mínima para el desarrollo de la salud es de 3 sesiones semanales, obteniéndose cambios menos drásticos a partir de 5 días por semana (ACSM 1998), la necesidad de generar altos volúmenes en corredores especializados les lleva a realizar de 6 a 12 sesiones semanales, buscando leves mejoras, que sin embargo pueden representar diferencias decisivas a nivel de rendimiento (Péronnet *et al* 2001, Bompa 1999). Aunque algunos autores se empeñan en destacar la importancia preferente de intensidad o volumen, la recuperación es clave en el entrenamiento de resistencia, pues es precisamente su restricción lo que limita la tolerancia al esfuerzo. Sin embargo, parece que los conocimientos en este campo son todavía uno de los retos de científicos y entrenadores. Tenemos bastante claro, por ejemplo, como identificar una intensidad de  $VO_2max$ , y en qué volumen entrenarlo, y sin embargo, cuando recomendamos una pausa de 1 min, tampoco está tan claro si debería ser mejor de 55, 50 o 42 segundos, pues así mismo depende de que dicha pausa sea pasiva o activa, y a qué intensidad en ese caso.

## Evolución óptima de volumen e intensidad

Dada la comentada naturaleza alternante de la carga, estas variables de volumen e intensidad no pueden mantenerse constantes, ni deben hacerlo, de cara a poder estimular adecuadamente las diversas adaptaciones requeridas. El modelo más tradicional de periodización del entrenamiento en este sentido, propuesto por Matveiev en 1950, propone que, salvo en el inicio de temporada, éstas no pueden incrementarse al mismo tiempo. Además, propone un énfasis inicial en el volumen, que disminuye a partir de la mitad de la preparación, donde alcanza el máximo pico semanal, para ceder entonces el protagonismo a la intensidad, que se eleva hasta el final del macrociclo. Con posterioridad, Matveiev corrige el citado modelo (G<sup>a</sup>-Manso *et al* 1996) porque parece ser que una eliminación del volumen tan prematura no permitía alcanzar un óptimo rendimiento posterior. Así, en la fase pre-competitiva, vuelve a elevar el volumen, aunque en menor medida, para finalmente volver a elevar la intensidad, más allá que antes (G<sup>a</sup>-Manso *et al* 1996) (figura 2a).

Esta distribución "volumen a intensidad" puede ser todavía hoy día útil para pruebas como los 10km o el cross. Sin embargo, los programas de maratón habitualmente reconocidos presentan un desarrollo aparentemente opuesto ("intensidad a volumen"), como puede verse en la figura 2b, debido a que la menor intensidad fisiológica relativa, y con ello a la especificidad de la secuencia del entrenamiento, como posteriormente se explica.

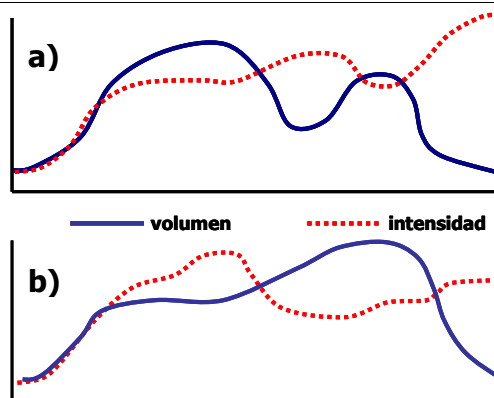
Para las pruebas de mediofondo se ha sugerido una progresión mixta, de incremento de ambos, para finalizar con descenso de volumen y muy alta intensidad (Navarro y García-Verdugo 2003)

Lógicamente, ésta es una síntesis muy matizable y que se personaliza en la práctica en función de la prueba, nivel del corredor y calendario de competición.

Otras dos cuestiones importantes son saber en qué semana debe alcanzarse el pico máximo de volumen en cada caso, y cuánto debe ser éste en función de la prueba y

nivel del corredor, así como la intensidad alcanzada.

Figura 2  
Simplificación de la evolución de Volumen e Intensidad según a) Evolución Volumen e Intensidad del modelo de Matveiev para pruebas de resistencia y b) la tendencia moderna en maratón



Respecto a la intensidad a alcanzar según la prueba esto depende básicamente de la intensidad fisiológica promedio de la competición, que puede ser bien distinta según el nivel. Por ejemplo en maratón ronda desde el 83% del VO<sub>2</sub>max en los corredores masculinos de elite (Péronnet y Thibault (1989) al 73% para los que hacen 2 h 45 min, o 64% para 3 h 35 min (O'Brien *et al* 1993).

El Máximo Kilometraje Semanal (que llamaremos MKS), se sitúa alrededor de la mitad del macrociclo o un poco antes o después según los modelos de Matveiev (G<sup>a</sup>-Manso *et al* 1996).

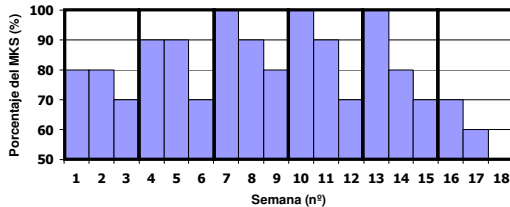
En el caso del maratón, esta localización cobra mucha más importancia, porque dicho pico es mayor, y porque se encuentra más cerca de la competición, y se requiere de cierto tiempo para su recuperación y asimilación.

Parece que habitualmente se sitúa a 6 (Daniels 2006) o 5 semanas de la competición o máximo 3 en caso de una preparación precipitada (Péronnet *et al* 2001).

Además, como curiosidad, el programa de Daniels realiza las semanas de mayor

kilometraje en la primera semana de cada mesociclo de 3 semanas, en la parte media-final de la preparación (semanas 7 a 15, figura 3).

Figura 3  
Evolución del % del MKS en el programa para maratón de Daniels (2006)



Respecto al MKS, los corredores de menor nivel tienen mayor dependencia del entrenamiento suave, debido a que su intensidad de competición es más cercana. Sin embargo, los corredores de elite realizan unos MKS muy superiores a los populares. Los motivos para ello son: que es preferible su organización de entrenamiento por tiempo en vez de distancia (porque corren mucho más despacio que los de elite en un determinado tiempo a la misma intensidad fisiológica), que disponen de menor tiempo de entrenamiento, y que toleran menor carga de entrenamiento.

Como referencias del maratón, la actual *recordwoman* mundial, pese a que defiende que el entrenamiento de volumen no debe comprometer en entrenamiento de calidad, ha llegado a realizar hasta 250 km semanales preparando sus últimos maratones (Jones 2006). No parece que los corredores masculinos actuales realicen más volumen que esos (parece que Tergat y Gebreselassie hasta los 180-200 km) (Gouldthorp 2004). La figura 4 muestra estos y otros datos de maratonianos/as famosos.

Figura 4  
MKS de referencia de varios/as maratonianos/as de elite (a partir de datos de Jones 2006, Gouldthorp 2004 y Noakes 2003)

Dave Bedford	<b>320</b>	Haile Gebreselassie	<b>200</b>
Paula Radcliffe	<b>250</b>	Paul Tergat	<b>180</b>
Ron Hill	<b>250</b>	Clarence de Mar	<b>160</b>
Robert de Castella	<b>230</b>	Grete Waitz	<b>160</b>
Fabián Roncero	<b>230</b>	Steve Jones	<b>160</b>

Aunque se ha sugerido que más de 100 kilómetros semanales de media ofrecen especiales beneficios en la economía (Scrimgeour *et al* 1986), no se ha demostrado que más de 120 kilómetros semanales aporten mayores beneficios (Noakes 2003), si bien lógicamente es difícil estudiar esto de forma experimental, pues sería complicado encontrar corredores capaces y dispuestos.

Corredores que hicieron mucho más, como Ron Hill, sin beneficio aparente, indicaron que posiblemente no sea necesario más de 190-210 (Noakes 2003).

Por tanto, dichos MKS de ~200 pueden ser óptimos en la elite, y las recomendaciones para el resto de atletas estarían entre los 60 y los 120 km respectivamente, entre el nivel bajo y el alto, respectivamente (Péronnet *et al* 2001). Aunque solo sea por aproximación matemática, para marcas de "muy alto nivel", pero no elite (por ejemplo 2 horas (h) 20 min 2 h 30 min en hombres o 2 h 35 min a 2 h 45 min en mujeres), quizá unos 150-160 km sean un MKS límite.

Uno de los entrenadores citados, Henderson, acuñó las siglas "LSD" en referencia a las sesiones suaves de larga duración preparando una maratón ("*Long Show Distance*").

Parece que un máximo de 2 h o 2,5 h son habituales. Daniels (2006) propone 2,5 h, otros recomiendan completar los 42 kilómetros entre andar y correr para principiantes en la distancia (Jeff Galloway), y por el contrario varios grandes maratonianos como Carlos Lopes o Antonio Serrano no pasaron de 2 h, (aunque para ellos esto supone unos 35 km) (Noakes 2003, Serrano 2001).

### Distribución óptima de la intensidad

Anteriormente quedó clara la importancia del volumen. Noakes, citado en diversos apartados, aparte de investigador ha sido corredor (con 2 h 50 min en maratón y menos de 7 h en 90 km como marcas más destacadas). Pese a entrenarse a sí mismo con un planteamiento casi exclusivo de baja intensidad, reconoce que dicha distribución, pese a ser muy segura (si no se hacen incrementos bruscos del volumen y se guardan regeneraciones periódicas), puede

que no sea la mejor forma de entrenar, incluso para ultramaratón.

Al igual que Bannister (el primer corredor que superó la barrera de los 4 minutos en la milla), señala que este entrenamiento casi exclusivo de gran volumen posiblemente sirva para mejorar la velocidad de recuperación del atleta, pero no tanto la velocidad de carrera (Noakes 2003).

En el extremo opuesto, la frase de Zatopek es significativa: *“¿Por qué habría que entrenar a ritmo lento? Ya sé correr a ritmo lento. Debo aprender a correr a ritmo rápido (...) Hay que ser suficientemente rápido y tener resistencia. Por eso se corre rápido, para mejorar la velocidad, y se repite muchas veces, para adquirir resistencia”* (citado por Hawley y Burke 2000).

En esta línea podríamos situar la propuesta de Jan Hoff (2006). Originariamente la proponen Hoff y Helgerud (2004), con bloques periódicos de gran densidad de estímulos cercanos al VO<sub>2</sub>max. Hoff (2006) indica que con sus bloques los fondistas pueden seguir mejorando el VO<sub>2</sub>max pese a ser expertos. De hecho, remarca que esto solo es tolerable por fondistas de cierto nivel, alrededor de los 70 ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>, con una base previa de entrenamiento tradicional de volumen.

A partir de ahí propone bloques de 3 semanas con los siguientes entrenamientos como únicos contenidos: en resistencia, 4 repeticiones de 4 min alcanzando el 95% de la FCmax, en un terreno cuesta arriba de alrededor del 4% de pendiente, y pausas de 3 min. Al finalizar cada repetición el corredor debería tener sensación de haber podido seguir 1 min más dicha repetición, y al final de la sesión manifestar la sensación de poder realizar una repetición (que no se hace).

La figura 5 muestra la organización de este tipo de bloque, que se aplica puntualmente, donde “2” significa 2 sesiones diarias del “4x4” de resistencia, y se observa que durante 3 semanas repiten un ciclo de 4 días “2-1-2-0”.

Con ello indican mejoras del VO<sub>2</sub> max del 0,25% por cada sesión (lo que sería un

~6% al final de un ciclo de 3 semanas (Hoff 2006), que aunque no llegan al ~10% observado con los tratamientos con EPO, sí representaría una gran mejora puesto que la concepción clásica es que llegado cierto nivel de VO<sub>2</sub>max, éste ya no va a mejorar más).

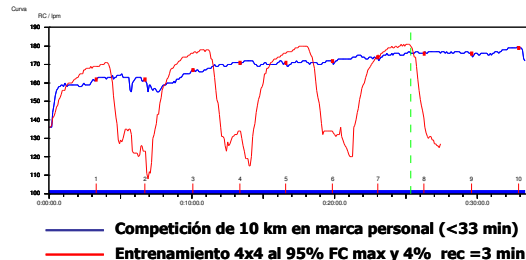
Figura 5  
Propuesta de entrenamiento de Hoff para el desarrollo de la VAM

L	M	X	J	V	S	D
2	1	2	-	2	1	2
-	2	1	2	-	2	1
2	-	2	1	2	-	2

“2” significa 2 sesiones diarias, “1”, 1 sesión diaria y “-” descanso total. Se añade en esos días o en los días “1” 1 sesión semanal de 4x2-4 repeticiones con carga de 4RM en 1/2 squat a 90° de flexión de rodilla.

Por nuestra pequeña experiencia en la aplicación de este método podemos asegurar, de momento, que la ejecución de este entrenamiento solicita una gran respuesta cardiovascular en los corredores de alto nivel, como ningún otro método. Como ejemplo, la figura 6 muestra que el “4x4” exige mayor FC que en una prueba de 10km, donde se supone que la activación de la FC ronda el 92% de promedio y el 99-100% de pico, incluso siendo una competición donde el corredor estableció su marca personal.

Figura 6  
Respuesta de la FC en un mismo corredor de alto nivel a una competición de 10km estableciendo marca personal y en un entrenamiento previo de “4x4”





Muchos entrenadores, especialmente los modernamente partidarios del modelo ATR (Acumulación-Transformación-Realización), insisten en la diferencia entre deportistas de alto nivel respecto a la elite en cuanto a la necesidad de concentrar las cargas de entrenamiento sobre uno o pocos contenidos de cara a generar estímulos eficaces para estos deportistas expertos y de gran nivel. Por ello hay que ser conscientes de que ciertos métodos extremos de entrenamiento solo deben utilizarse en determinado nivel y por momentos puntuales.

Una cuestión de gran interés, todavía sin resolver, es conocer cual es la distribución óptima de la intensidad de los esfuerzos en un ciclo de entrenamiento. Aunque existen en la literatura trabajos que describen algunas de las características del entrenamiento de los corredores de elite (Billat *et al* 2003, Saltin *et al* 1995, Coetzer *et al* 1993), especialmente de atletas africanos, la mayoría se han hecho por medio de cuestionarios, lo que supone un método con limitaciones.

Un primer trabajo de medición directa de la intensidad del entrenamiento en corredores de buen nivel, (marcas promedio de 3 min 53 s en 1500, 14 min 29 s en 5000 y 30 min 47 s en 10k, entre otras), estudió la intensidad media de los entrenamientos, que resultó ser del 64% del  $\text{VO}_2\text{max}$  o 73% de la  $\text{FC}_{\text{máx}}$ , y 15,6 km/h (Robinson *et al* 1991). Pero el promedio de intensidad no es un dato relevante para la organización del entrenamiento, pues puede lograrse tanto con un entrenamiento monótono como muy dispar en la intensidad de las sesiones.

Lo interesante, por ejemplo, es conocer qué porcentajes del total del tiempo debe representar la baja, moderada o alta intensidad.

En este sentido, diversos trabajos muestran la predominancia del entrenamiento suave. Se viene utilizando una forma sencilla para discriminar las principales zonas de intensidad, en un modelo trifásico, con diversas metodologías que están alrededor de los dos umbrales "aeróbico" y "anaeróbico".

La práctica de un mayoritario uso del entrenamiento de baja intensidad se

observa en trabajos científicos de carácter descriptivo con alto nivel o elite en diversos deportes cíclicos de resistencia, como el ciclismo (Lucía *et al* 2003, Lucía *et al* 2000, Lucía *et al* 1999), el remo (Fiskestrand y Seiler 2004, Steinacker *et al* 1998), el esquí de fondo (Seiler y Kjerland 2006) o las pruebas de carrera como el maratón (Billat *et al* 2001)

Foster y colaboradores (1996) estimaron a partir de la percepción de esfuerzo (RPE) y acumulación de lactato un 75% de entrenamiento de baja intensidad en ciclistas y patinadores de velocidad.

El grupo de Lucía describió que el entrenamiento preparatorio de los ciclistas profesionales de ruta suponía una distribución total de los esfuerzos de tipo 75/15/10 suave/moderado/intenso según el modelo trifásico delimitado por los umbrales ventilatorios 1 y 2 (Lucía *et al* 2000) y una gran vuelta por etapas alrededor de 70/23/7 (Lucía *et al* 2003, Lucía *et al* 1999).

Un trabajo de Seiler y Kjerland (2006), con esquiadores de fondo júnior noruegos de elite, mostró una distribución alrededor de 75/5/20 en los porcentajes de entrenamiento suave, moderado e intenso respectivamente, siendo estimada la intensidad con mediciones de RPE, lactato y FC. Comparando esta distribución natural descriptiva con las recomendaciones del ACSM, los autores sugerían que para deportistas de nivel bajo o medio, o con poco tiempo para entrenar, es preferible dicha distribución, que llamaron "tradicional", que hace énfasis en la zona 2, mientras que para el alto nivel o elite, sería mejor la distribución que llamaron "polarizada", es decir, todo el entrenamiento posible en zonas 1 y 3, y el mínimo en zona 2 (ver figura 7).

Curiosamente, otro trabajo descriptivo, con cuestionarios, sobre el entrenamiento de maratonianos franceses y portugueses de elite (2 h 06 min a 2 h 10 min de marca), mostró una distribución "polarizada" de la distancia cubierta en entrenamiento a ritmos inferiores, iguales o superiores al ritmo de maratón (78/4/18) (Billat *et al* 2001)

Aunque pueda parecer contrario al principio de la especificidad, hay que entender que en la resistencia no es posible dedicar una parte mayoritaria al entrenamiento intenso, pues a poco que se haga un volumen de trabajo suave siempre comportará más tiempo, y ya se han indicado anteriormente los efectos positivos del volumen de entrenamiento, que puede aumentarse más fácilmente con intensidad baja.

Son necesarios, sin embargo, más estudios al respecto. Son cuestiones por resolver, desde trabajos experimentales, conocer si existe una proporción límite de entrenamiento intenso tolerable, cuál es el óptimo, y si la posibilidad de acumular intensidad puede ser en parte un problema de innovación de métodos y periodización de entrenamiento.

En cualquier caso, parece que las necesidades de los corredores de elite o alto nivel son distintas que las de aquellos de nivel medio o bajo.

En un trabajo experimental recientemente publicado, hemos observado la superioridad del entrenamiento polarizado en corredores de cierto nivel (Esteve-Lanao *et al* 2007). Tras el trabajo descriptivo de otra temporada anterior que nos mostró una distribución natural de 71/21/8 en zona 1, 2 y 3 (Esteve-Lanao *et al* 2005), se aplicó a un grupo una distribución polarizada y a otro algo más centrada en zona II (85/2/13 vs 65/25/10), con igual número de TRIMPS semanales y totales programados y controlados durante toda una temporada de campo a través (24 semanas).

Los sujetos grupos fueron incapaces de superar el 8% del total del entrenamiento en zona 3, pese a que originalmente se diseñó para que acumulasen un 13 y un 10%, respectivamente, en el grupo polarizado y no polarizado que resultaron en una carga real de 80/12/8 vs 67/25/8. Parece, en general, que existe un límite de acumulación de entrenamiento en zona 3, posiblemente alrededor del ~8% (y siempre  $\leq 10\%$ ) del tiempo total de todos los esfuerzos de entrenamiento, aunque luego una competición de campo a través se desarrolle un 90% o más del tiempo en zona 3 (Esteve-Lanao *et al* 2007, Esteve-Lanao *et al* 2005).

Con la forma de cuantificación que no incluye los minutos de calentamiento y vuelta a la calma de las sesiones ("*session goal approach*"), nuestros corredores polarizados del estudio citado y los esquiadores de fondo de Seiler y Kjerland (2006) mostraron que una distribución 74/11/15 y 75/8/17 respectivamente.

Este patrón, ahora comprobado, proviene de la observación de algunos trabajos descriptivos en deportistas de resistencia de elite de varias disciplinas citados con anterioridad, como remeros (Fiskestrand y Seiler 2004, Steinacker *et al* 1998, Steinacker 1993), esquiadores de fondo (Seiler y Kjerland 2006), ciclistas de pista de persecución (Schumacker y Mueller 2002) o maratonianos (Billat *et al* 2001).

La explicación fisiológica actual al respecto de que exista un límite máximo de la cantidad de ejercicio de alta intensidad que pueda ser tolerado se relaciona con el riesgo de regulación *a la baja* (*down-regulation*) del sistema nervioso simpático.

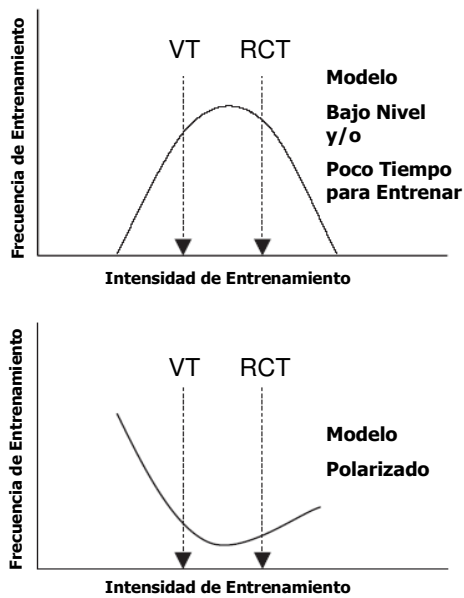
La propuesta de Hoff (2006) sobre bloques de trabajo exclusivo en zona 3 se opone aparentemente a la predominancia del trabajo extensivo, aunque dichos bloques concentrados también se alternan con trabajo "tradicional", y por tanto podríamos decir que hacen un "polarizado inverso", o al menos una proporción más compensada entre el total empleado en zonas 1 y 3. Aprovechan la competición como entrenamiento de "ritmo" (salvo las importantes) y entre bloques, o ante dificultades para completarlos, vuelven al trabajo "tradicional" más ligero.

Sin embargo, es preciso indicar que el entrenamiento "ligero", en corredores de alto nivel, supone correr a un ritmo de menos de cuatro minutos por kilómetro (para el mejor de nuestros sujetos alrededor de 3 min 40 s), por lo que acumular altos volúmenes de dicho estrés cardiovascular parece ser suficiente estímulo para ese tipo de sujetos a nivel mitocondrial, de capilarización, de aumento del volumen plasmático y de la eficiencia metabólica de las fibras lentas y de la función cardiorespiratoria (Seiler y Kjerland 2006, Hood *et al* 2000).

De estos estudios se desprende una recomendación general. Si el nivel de los sujetos es medio-bajo y disponen de poco tiempo para entrenar, lo mejor es acumular la mayor parte del total de los entrenamientos en zona 2. Esto parece justificado por las recomendaciones del Colegio Americano de Medicina del Deporte (ACSM), vigentes desde 1998 y basadas en un gran número de trabajos científicos.

Nuestro estudio de 2007 aporta una recomendación añadida para aquellos que dispongan de tiempo suficiente para entrenar y hayan alcanzado ya cierto nivel de rendimiento (al menos alto nivel regional), de modo que es preferible una aproximación polarizada entre zonas 1 y 3, con mínima acumulación de entrenamiento en zona 2 (ver figura 7).

Figura 7  
Modelos propuestos sobre la distribución óptima de la intensidades según la frecuencia de entrenamiento (adaptado de Seiler y Kjerland 2006)



Para atletas de ese nivel alto o superior, que sin embargo no dispongan de mucho tiempo para entrenar, parece, según todo ello, que lo óptimo puede ser entrenar mayoritariamente en zonas 1 y 3. El riesgo y limitaciones para el rendimiento, tanto en ellos como en los polarizados, parece relacionado con la regulación a la baja del sistema nervioso simpático.

Es conocido en el ámbito del deporte que las diferencias en el rendimiento de un 1-2% tienen una gran repercusión en los logros deportivos (Rowbottom 2000). Como ejemplo, pese a la espectacularidad del registro, la mejora del reciente récord mundial masculino de maratón de Gebreselassie, a 30 de septiembre de 2007, fue únicamente de un 0,39% sobre el anterior registro de Paul Tergat.

Las mejoras del rendimiento en nuestro trabajo de 2007 fueron de 5% en el grupo polarizado y 3% en el no polarizado, respectivamente: es decir, una diferencia en la mejora entre ambos grupos del 2%.

Por todo ello, parece claro que la periodización sigue siendo un aspecto clave para el logro del rendimiento máximo de los deportistas. Esta tesis doctoral contribuye a demostrar científicamente este hecho.

Sin embargo, en ningún momento pretendemos sugerir que existe un solo modelo ideal de periodización de las variables. De acuerdo con el principio de individualización, pueden existir otras formas idóneas para determinados sujetos, pues los estudios se han centrado en determinadas variables.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

American College of Sports Medicine. Position Stand: The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 1998;30:975-991.

Astrand PO, Rodahl K. Textbook of work physiology. New York: McGraw-Hill, pp 423-427, 1986.

Berg K. Endurance training and performance in runners. Research limitations and unanswered questions. *Sports Med* 2003;33:50-73.

Billat V, Lepetre PM, Heugas AM, Laurence MH, Salim D, Koralzstein JP. Training and bioenergetic characteristics in elite male and female Kenyan runners. *Med Sci Sports Exerc* 2003;35:297-304.

- Billat V. Interval training for performance: A scientific and empirical practice. Special recommendations for middle- and long-distance running. Part I: Aerobic Interval Training. *Sports Med* 2001;31:13-31.
- Billat VL, Demarle A, Slawinski J, Paiva M, Koralzstein JP. Physical and training characteristics of top-class marathon runners. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33:2089-2097.
- Billat VL, Demarle A, Slawinski J, Paiva M, Koralzstein JP. Physical and training characteristics of top-class marathon runners. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33:2089-2097.
- Bloom, B. Developing Talent in Young People. New York: Ballantines, 1985.
- Bompa T. Periodization: Theory and methodology of training. Human Kinetics, Champaign, IL 1999.
- Bompa T. Theory and methodology of training: the key to athletic performance, Kendall/Hunt Publishing Company 1994.
- Coetzer P, Noakes TD, Sanders B, Lambert MI, Bosch AN, Wiggins T, Dennis SC. Superior fatigue resistance of elite black South African distance runners. *J Appl Physiol* 1993;75:1822-1827.
- Daniels J. Comunicación personal. USSF Coaches Seminar. Salt Lake City 2006.
- Ericsson, K.A. and Charness, N. Expert Performance. Its Structure and Acquisition. *American Psychologist* 1994;725-747.
- Ericsson, K.A., Krampe, R.Th. and Tesch-Romer. The role of deliberate practice in the acquisition of expert performance. *Psychological Review* 1993;100:363-406.
- Esteve-Lanao J, San Juan AF, Earnest CP, Foster C, Lucía A. How do endurance runners actually train? Relationship with competition performance. *Med Sci Sports Exerc* 2005;37:496-504.
- Esteve-Lanao J, Seiler S, Foster C, Lucía A. Impact of training distribution on endurance performance. *J Strength Cond Res* 2007; 21,943-949.
- Fiskestrand A, Seiler KS. Training and performance characteristics among Norwegian international elite rowers 1970-2001. *Scand J Med Sci Sports* 2004;14:303-310.
- Fleck SJ (2002) EN: Kraemer WJ and Häkkinen K (Eds). *Strength training for sport* (Eds,) Blackwell Sciences, 55-67 ciudad.
- Foster C, Daines E, Hector L, Snyder AC. Athletic performance in relation to training load. *Wis Med J* 1996;95:370-374.
- G<sup>a</sup> Manso JM, Navarro F, Ruiz R. Planificación del entrenamiento deportivo. Gymnos, Madrid 1996.
- Gouldthorp T. Training of the champions. <http://members.iinet.net.au/~peterg1/run/aths.html> 2004.
- Hawley J, Burke L. Rendimiento deportivo máximo. Paidotribo, Barcelona 2000.
- Hoff J. Comunicación personal. International Conference on Strength Training, Odense 2006.
- Hood DA, Takahashi M, Conner MK, Freyssenet D. Assembly of the cellular powerhouse: current issues in muscle mitochondrial biogenesis. *Exerc Sport Sci Rev* 2000;28:68-73.
- Jones AM, Carter H. The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. *Sports Med* 2000;29:373-386.
- Jones AM. A five year physiological case study of an Olympic runner. *Br J Sports Med* 1998;32:39-43.
- Jones AM. The physiology of the World Record Holder for the Women's Marathon. *Int J Sports Sci and Coaching* 2006;1:101-116.
- Kraemer WJ, Ratamess NA. Fundamentals of Resistance Training Progression and Exercise Prescription, *Med Sci Sports Exerc* 2004;36:674-688.

- Kramer JB, Stone MH, O'Bryant H, Conley MS, Johnson RL, Nieman DC, Honeycutt DR, Hoke TP. Effects of single Vs multiple Ss of weight training: impact of Volume and intensity. *J Strength Cond Res* 1997;11:143-147.
- Kubukeli ZN, Noakes TD, Dennis SC. Training techniques to improve endurance exercise performances. *Sports Med* 2002;32:489-509.
- Laursen PB, Jenkins DG. The scientific basis for high-intensity interval training. Optimising training programmes and maximising performance in highly trained endurance athletes. *Sports Med* 2002;32:53-73.
- Lucía A. Perspectives on high volume training in middle distance athletes. *USSF Coaches Seminar* 2005.
- Lucía A, Hoyos J, Santalla A, Earnest C, Chicharro JL. Tour de France vs Vuelta a España: Which is harder? *Med Sci Sports Exerc* 2003;35:872-878.
- Lucía A, Diaz B, Hoyos J, Fernández C, Villa G, Bandrés F, Chicharro JL. Hormone levels of world class cyclists during the Tour of Spain stage race. *Br J Sports Med* 2001;35:424-430.
- Lucía A, Hoyos J, Pardo J, Chicharro JL. Metabolic and neuromuscular adaptations to endurance training in professional cyclists: A longitudinal study. *Jpn J Physiol* 2000a;50:381-388.
- Lucía A, Hoyos J, Perez M, Chicharro JL. Heart rate and performance parameters in elite cyclists: a longitudinal study. *Med Sci Sports Exerc* 2000b;32:1777-1782.
- Lucía A, Hoyos J, Carvajal A, Chicharro JL. Heart rate response to professional road cycling: The Tour de France. *Int J Sports Med* 1999;20:167-172.
- Lucía A, Hoyos J, Carvajal A, Chicharro JL. Heart rate response to professional road cycling: The Tour de France. *Int J Sports Med* 1999;20:167-172.
- Maglischo EW. Swimming Fastest. Human Kinetics, Champaign IL, ed 2003.
- Mújika I, Padilla S. Cardiorespiratory and metabolic characteristics of detraining in humans. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33:413-421.
- Mújika I, Padilla S. Detraining: Loss of training-induced physiological and performance adaptations. Part I. *Sports Med* 2000;30:79-87.
- Naclerio AF. EN: Jiménez A (ed) Entrenamiento personal, bases fundamentales y aplicaciones, pp 87-133, INDE Barcelona 2005.
- Navarro F, García-Verdugo M. Apuntes Máster en Alto Rendimiento Deportivo UAM-COES, módulo 2.5. , capítulo 1, pp 2-3, 2003.
- Noakes T. Lore of Running (4<sup>th</sup>ed). Human Kinetics, Champaign-IL, 2003.
- Noakes T. Lore of Running (3<sup>rd</sup> ed). Oxford University Press, Oxford, 1992.
- Olsen R, Berg K, Latin R, Blanke D. Comparison of two intense interval training programs on maximum oxygen uptake and running performance. *J Sports Med Phys Fitness* 1988;28:158-164.
- Ostrowoki KJ, Wilson GJ, Weatherby R, Murphy PW, Lyttle AD (1997) The effect of weight training volume on hormonal Output and muscular Size and function. *J Strength Cond Res* 1997;11:148-154.
- Péronnet F (coord) Maratón. INDE, Barcelona 2001.
- Péronnet F, Thibault G. Mathematical analysis of running performance and world running records. *J Appl Physiol* 1989;67:453-465.
- Peterson MD, Rhea MR, Alvar BA. Maximizing strength development in athletes: A meta-analysis to determine the dose response relationship. *J Strength Cond Res* 2004;18:377-382.
- Platonov VN. Teoría general del entrenamiento deportivo olímpico. Paidotribo, Barcelona 2001.

Robinson DM, Robinson SM, Hume PO, Hopkins WG. Training intensity of elite male distance runners. *Med Sci Sports Exerc* 1991;23:1078-1082.

RØste E., EN: Seiler S. XC Endurance Training Theory- Norwegian Style. <http://home.hia.no/~stephens/index.html> 1997.

Rowbottom DG. Periodization of Training. EN: Garret WE, Kierkendall DT. Exercise and Sport Sciences, pp. 499-512. Lippincott, Williams & Wilkins, Philadelphia 2000.

Saltin B, Kim CK, Terrados N, Larsen H, Svedenbag J, Rolf CJ. Morphology, enzyme activities and buffer capacity in leg muscles of Kenyan and Scandinavian runners. *Scand J Med Sci Sports* 1995;5:222-230.

Schumacker YO, Mueller P. The 4000-m team pursuit cycling world record: Theoretical and practical aspects. *Med Sci Sports Exerc* 2002;34:1029-1036.

Scrimgeour AG, Noakes TD, Adams B, Myburgh K. The influence of weekly training distance on fractional utilization of maximum aerobic capacity in marathon and ultramarathon runners. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1986;55:202-209.

Seiler KS, Kjerland GØ. Quantifying training intensity distribution in elite endurance athletes: is there evidence for an "optimal" distribution?. *Scand J Med Sci Sports* 2006;16:49-56.

Seiler S. XC Endurance Training Theory- Norwegian Style. 1997. <http://home.hia.no/~stephens/index.html>

Serrano A. No soy un maratoniano maniático. EN: Varona A, Serrano A. Filípides existe: los secretos de la preparación de los maratonianos de elite. Alianza, Madrid 2001.

Steinacker JM, Lormes W, Lehmann M, Altenburg D. Training of rowers before world championships. *Med Sci Sports Exerc* 1998;30:1158-1163.

Swain DP, Franklin BA. VO2 reserve and the minimal intensity for improving cardiorespiratory fitness. *Med Sci Sports Exerc* 2002;34:152-157.

Tabata I, Irisawa K, Kouzaki M. Metabolic profile of high-intensity intermittent exercises. *Med Sci Sports Exerc* 1997;29:390-395.

Terjung RL. Muscle adaptations to endurance training. *Gatorade Science Sports Institute* 8, 1995.  
Verjoshanski I. Entrenamiento Deportivo, pp 95-98, Martínez Roca, Barcelona 1990.

Wenger HA, Bell GJ. The interaction of intensity, frequency and duration of exercise training in altering cardiorespiratory fitness. *Sports Med* 1986;3:346-356.

Wolfe BL, LeMura LM, Cole PJ. Quantitative Analysis of Single- Vs Multiple Set Programs in Resistance Training. *J Strength Cond Res* 2004;18:35-47.