

INTENSIDAD DE ESFUERZO REALIZADO EN LA EXTINCIÓN DE INCENDIOS FORESTALES

EXERCISE INTENSITY DURING WILDFIRE SUPPRESSION

RESUMEN

El Personal Especialista en Extinción de Incendios Forestales (PEEIF) desarrolla su trabajo en condiciones que exigen un gran esfuerzo físico. La actividad realizada está condicionada por diversos factores, entre ellos las altas temperaturas, la dureza orográfica, la inhalación de humos y la deshidratación. En el presente estudio se ha cuantificado el esfuerzo realizado por el PEEIF ($n = 200$) en la extinción de diferentes incendios forestales ($n = 79$). Así, en función del consumo de oxígeno máximo (VO_{2max}) de los sujetos se establecieron tres zonas de intensidad de esfuerzo: moderada (por debajo del $50\% VO_{2max}$), alta (entre el 50 y el $75\% VO_{2max}$) y muy alta (por encima del $75\% VO_{2max}$). El tiempo de permanencia en cada una de estas zonas se utilizó para calcular la carga de trabajo, multiplicando por las constantes 1, 2 o 3, respectivamente. La duración media de los incendios fue de $225,3 \pm 6,2$ min. La frecuencia cardíaca (FC) media obtenida por los sujetos fue de 117 ± 2 ppm. Los sujetos permanecieron $185,5 \pm 5,4$, $33,1 \pm 1,5$ y $4,5 \pm 0,5$ min en la zona de moderada, alta y muy alta intensidad, respectivamente. Cuando se compararon los incendios en función de su duración no se obtuvieron diferencias significativas en el porcentaje del tiempo total de trabajo en la zona de alta intensidad. Sin embargo, a medida que la duración de los incendios fue mayor el porcentaje de trabajo en la zona de moderada intensidad aumentó en detrimento del porcentaje de trabajo a alta intensidad. Se obtuvo una carga de trabajo media de aproximadamente 265 unidades. En conclusión, el esfuerzo desarrollado por el PEEIF en la extinción de incendios fue muy exigente, fundamentalmente debido a la duración de los incendios. El conocimiento de estas demandas puede ayudar al desarrollo de programas de entrenamiento más específicos que permitan afrontar la extinción de los incendios de manera más eficiente y segura.

Palabras clave: Incendios forestales. Frecuencia cardíaca. Carga de trabajo.

SUMMARY

The wildland firefighters (PEEIF) develop their work in conditions that require great physical effort (eg., high temperature, hardness orographic, smoke exposure, dehydration). The aim of this study was to quantify the exercise effort exerted by the PEEIF ($n = 200$) in different wildfires extinction ($n = 79$). According to the maximum oxygen consumption values (VO_{2max}), three intensity zones were established: moderate (below $50\% VO_{2max}$), high (between $50-75\% VO_{2max}$) and very high (above $75\% VO_{2max}$). The workload was computed by multiplying the duration of wildfire within each zone by a multiplier for that intensity zone (zone 1 = 1, zone 2 = 2, zone 3 = 3) and reported as TRIMP. The mean duration of the wildfires was 225.3 ± 6.2 min and the mean heart rate (HR) 117 ± 2 bpm, representing 60.6 ± 1.1 % of the maximum HR. Subjects spent 185.5 ± 5.4 , 33.1 ± 1.5 and 4.5 ± 0.5 min in moderate, high and very high exercise intensity zones, respectively. When we compared wildfires according to its duration, no significant differences in the percentage of total time spent in high intensity zone were found. However, when wildfires duration was higher, the percentage of total time spent in moderate intensity zone increased and the percentage of total time spent in high-intensity zone decreased. The mean workload (TRIMP) was ~ 265 units. In conclusion, the present study shows that wildfire extinction is highly demanding. It is likely that the workload is modulated by total wildfire duration. Finally, the knowledge of these demands can help to develop more specific and scientific training programs.

Key words: Wildfires. Heart rate. Workload.

José G. Villa¹

Raúl Pernía²

José A. Rodríguez Marroyo¹

Jorge López-Satué³

María C. Ávila²

Juan García-López¹

Paulo R. Mendonça¹

Sergio Moreno¹

Belén Carballo³

¹Dpto. de Educación Física y Deportiva Universidad de León

²Mutua Fraternidad-Muprespa

³Empresa de Transformación Agraria (TRAGSA)

CORRESPONDENCIA:

J. José G. Villa Vicente
Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Universidad de León. Campus de Vegazana, s/n. 24071 León.
Correo electrónico: jg.villa@unileon.es

Aceptado: / Original n.º

INTRODUCCIÓN

Las labores de extinción de los incendios forestales en España suele recaer en cuadrillas de personal contratado temporalmente en los meses de verano. Las Brigadas de Refuerzo contra Incendios Forestales (BRIF) representan un cuerpo de especialistas dentro de esta población. Los integrantes de estas brigadas tienen edades comprendidas entre los 18 y 45 años, y su estilo de vida se caracteriza por la heterogeneidad, con tendencia a un cierto grado de sedentarismo. Este nivel de condición física es insuficiente para afrontar las demandas que supone la extinción de los incendios, por ello se hace necesario el estudio de las mismas para conocer los factores que pueden condicionar su rendimiento y poner en peligro su salud y seguridad¹.

Trabajos recientes han analizado los factores que condicionan el trabajo realizado por el Personal Especialista en Extinción de Incendios Forestales (PEEIF): estrés emocional ante la exposición a altas temperaturas², la alta inhalación de humos³, condiciones orográficas del terreno^{4,5}, el peso de su equipo de protección y de trabajo⁶, la dificultad de rehidratación y avituallamiento en los incendios⁷, y la duración de los incendios⁸.

En el ámbito de la actividad física se ha utilizado la frecuencia cardíaca (FC) como un parámetro indicador de la intensidad del esfuerzo realizado⁹⁻¹² gracias a la relación lineal que tiene con el VO_2 hasta altas intensidades de trabajo¹³. Son diversos los factores que pueden alterar el comportamiento de la FC como la temperatura¹⁴, la hidratación¹⁵, la depleción de glucógeno¹⁶, el entrenamiento¹⁷ y la altitud¹⁸. A pesar de las limitaciones metodológicas que pueda implicar el uso de la FC, son varios los estudios que han analizado el comportamiento de la misma en la extinción de los incendios forestales¹⁹⁻²¹.

Se han descrito FC medias del PEEIF en incendios de aproximadamente 115 ppm (40-50% de la FC de reserva)¹⁹, del mismo modo se han descrito valores de VO_2 de aproximadamente $30 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ (50-60% del $\text{VO}_{2\text{max}}$)¹. Otros trabajos han obtenido costes energéticos en las

labores de extinción de incendios entre 2.000 y 6.000 $\text{kcal} \cdot \text{día}^{-1}$, dependiendo del tipo de incendio²², llegando a alcanzarse puntualmente^{22,23} las 12 $\text{kcal} \cdot \text{min}^{-1}$. En el ámbito laboral se ha informado que trabajos que superen puntualmente un coste energético mayor de 6 $\text{kcal} \cdot \text{min}^{-1}$ implican una intensidad moderada para los sujetos, y aquellos que superan las 8 $\text{kcal} \cdot \text{min}^{-1}$ implican una alta intensidad¹⁹. Por consiguiente, una buena condición física del PEEIF facilitará el desempeño de su trabajo, minimizando el riesgo de enfermedades cardiovasculares²⁴.

El conocimiento y el control de las demandas fisiológicas que suponen las labores de extinción de incendios facilitarán la planificación de programas de acondicionamiento físico más adecuados y eficaces, que influirán en la reducción de los riesgos y la siniestralidad laboral. Por todo ello, el objetivo del presente trabajo ha sido analizar a través de la FC el trabajo desarrollado por el PEEIF en diferentes tipos de incendios.

MATERIAL Y MÉTODO

Sujetos

En el estudio participaron 200 sujetos (27 ± 1 años, $174,2 \pm 0,6$ cm y $75,2 \pm 0,8$ kg) pertenecientes a las BRIF de Tabuyo del Monte (León) ($n = 50$), Pinofranqueado (Cáceres) ($n = 49$), Daroca (Zaragoza) ($n = 51$) y Prado de los Esquiladores (Cuenca) ($n = 50$). La experiencia profesional media de los sujetos en las labores de extinción de incendios fue de aproximadamente 12 meses. Todos los sujetos participaron voluntariamente y dieron su consentimiento por escrito. El estudio fue aprobado por el Comité de Ética de la Universidad de León.

Tests de laboratorio

Los sujetos al inicio de la campaña de incendios forestales realizaron un test incremental sobre un tapiz rodante (Power Jog M30, Sport Engineering Limited, Birmingham, Reino Unido) atendiendo a la metodología propuesta por Bruce²⁵. El test se inició a una velocidad de 2,7

km·h⁻¹ y con una pendiente del 10%, cada 3 min se modificaron tanto la velocidad como la pendiente de la siguiente manera: 4 km·h⁻¹ (12%), 5,5 km·h⁻¹ (14%), 6,9 km·h⁻¹ (16%), 8,2 km·h⁻¹ (18%) y 9,2 km·h⁻¹ (20%), hasta que el sujeto no pudo mantener la velocidad fijada. Durante toda la prueba se monitorizaron la FC (Polar Xtrainer Plus, Polar Electro Oy, Finlandia), los gases respiración a respiración (Medical Graphics CPX-Plus, Medical Graphics Corporation, St. Paul, Minnesota, EE.UU.) y el registro electrocardiográfico (Shiller AG, Baar, Suiza). Las condiciones del laboratorio (aproximadamente 22 °C y 50% de humedad relativa) y la duración del calentamiento (10 min) se estandarizaron para todos los sujetos.

Análisis de los fuegos

Durante la campaña de verano del año 2006 (de 15 de junio a 15 de octubre) se monitorizó la FC de los sujetos cada 5 s (Polar Team, Polar Electro Oy, Finlandia) durante la extinción de 79 incendios. Posteriormente, mediante un *software* específico (Polar Precision Performance SW, Polar Electro Oy, Finlandia) se analizaron los datos en función de tres zonas de intensidad de esfuerzo, atendiendo al VO_{2max} alcanzado en la prueba de laboratorio²⁶. Se estableció una zona de intensidad moderada situada por debajo del 50% del VO_{2max}, otra zona de alta intensidad situada entre el 50-75% del VO_{2max} y una de muy alta intensidad situada por encima del 75% del VO_{2max}. Los tiempos de permanencia en la zona de moderada, alta y muy alta intensidad se multiplicaron por 1, 2 o 3, respectivamente, sumándose los valores obtenidos para determinar la carga de trabajo o TRIMP (volumen × intensidad) de los incendios¹². Para determinar la influencia de la duración de los incendios en la intensidad del esfuerzo desarrollado por el PEEIF, los incendios analizados se agruparon en función de su duración: hasta 1 h, de 1 a 3 h, de 3 a 5 h y de 5 a 10 h.

Análisis estadístico

Las variables analizadas fueron estudiadas mediante el análisis de la varianza (ANOVA) utilizándose el test de Newman-Keuls para establecer las

diferencias significativas entre las medias. Valores para $p < 0,05$ fueron considerados estadísticamente significativos. Para el análisis estadístico se usó el *software* SPSS+ vers. 14.0 statistical *software* (Chicago, IL). Los resultados se expresan como media ± error estándar de la media.

RESULTADOS

En la Tabla 1 se muestran los valores de FC y VO₂ obtenidos por los sujetos del estudio en el test de laboratorio realizado. La duración media de los incendios analizados fue de 225,3 ± 6,2 min. La FC máxima alcanzada en los incendios fue de 169 ± 1 ppm (87,5% de la FC máxima teórica) y se registró una FC media de 117 ± 2 ppm (69,3% de la FC máxima y el 60,7 ± 1,1% de la FC máxima teórica). Aplicando la fórmula propuesta por Karvonen²⁷, la intensidad relativa del esfuerzo en los incendios fue del 42,2 ± 1,2%.

Se obtuvieron diferencias significativas entre los tiempos de permanencia en las diferentes zonas de intensidad de esfuerzo analizadas. Así, los sujetos del estudio permanecieron (185,5 ± 5,4, 33,1 ± 1,5 y 4,5 ± 0,5 min) en la zona de moderada, alta y muy alta intensidad, respectivamente. El porcentaje del tiempo total del incendio que los sujetos permanecieron en las zonas de trabajo siguió el mismo comportamiento, obteniendo los mayores porcentajes ($p < 0,05$) en la zona de moderada intensidad (78,9 ± 0,9 %) seguido por los encontrados en la zona de alta intensidad (18,9 ± 0,7%) y muy alta intensidad (2,2 ± 0,3%).

Influencia de la duración del incendio en la intensidad del esfuerzo

No se obtuvieron diferencias significativas en los porcentajes de permanencia en la zona de muy

	VO ₂ (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	FC (ppm)
Valores máximos	56,7 ± 1,1	192 ± 2
Valores al 75% VO _{2max}	43,0 ± 1,6	169 ± 2
Valores al 50% VO _{2max}	27,5 ± 1,1	132 ± 2

Tabla 1. Características fisiológicas de los sujetos del estudio

alta intensidad, siendo similares en los diferentes incendios (aproximadamente del 4%). Sin embargo, se observó una tendencia a la disminución del porcentaje de trabajo en la zona de alta intensidad a medida que la duración del incendio fue mayor (Figura 1), obteniéndose únicamente diferencias significativas entre el porcentaje de trabajo en esta zona en los incendios de 5-10 h y el resto de incendios analizados. Los menores porcentajes de trabajo ($p < 0,05$) en la zona de intensidad moderada se encontraron en los incendios de 1 h.

Los mayores ($p < 0,05$) tiempos de permanencia en la zona de muy alta intensidad se encontraron en los incendios mayores de 3 h (Figura 2). El mismo comportamiento se observó cuando se analizó el tiempo de permanencia en la zona de alta intensidad. Al analizar el tiempo de trabajo en intensidades moderadas se obtuvieron diferencias significativas entre todos los tipos de incendios analizados, aumentando progresivamente a medida que la duración del incendio fue mayor (Figura 2).

FIGURA 1. Porcentaje de trabajo en las diferentes zonas de intensidad analizadas en función de la duración de los incendios. Valores expresados como media \pm EEM. §, diferencias significativas ($p < 0,05$) con los incendios de 1-3h. †, diferencias significativas ($p < 0,05$) con los incendios de 3-5h ‡, diferencias significativas ($p < 0,05$) con los incendios de 5-10h

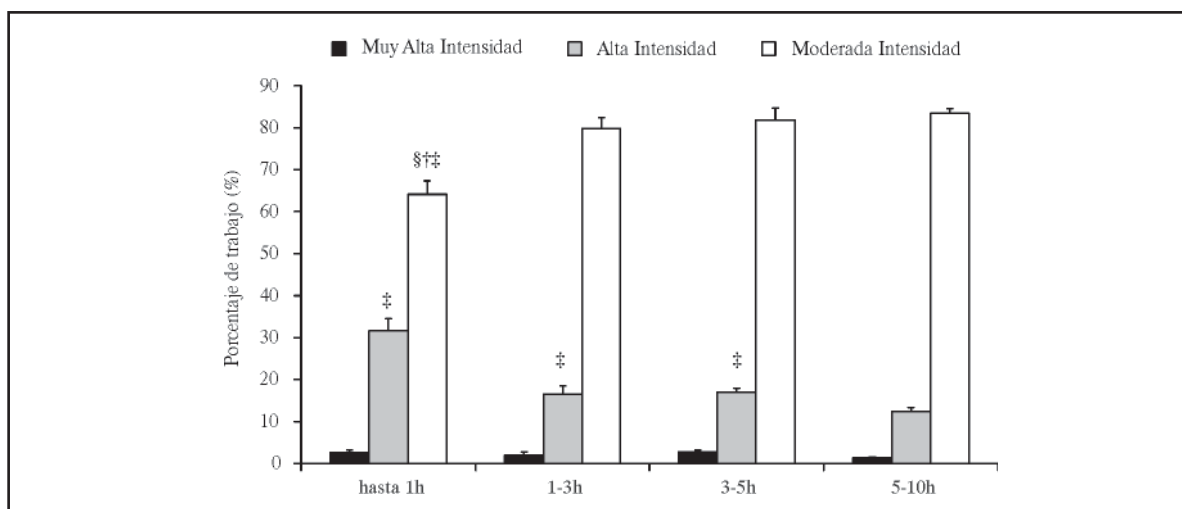
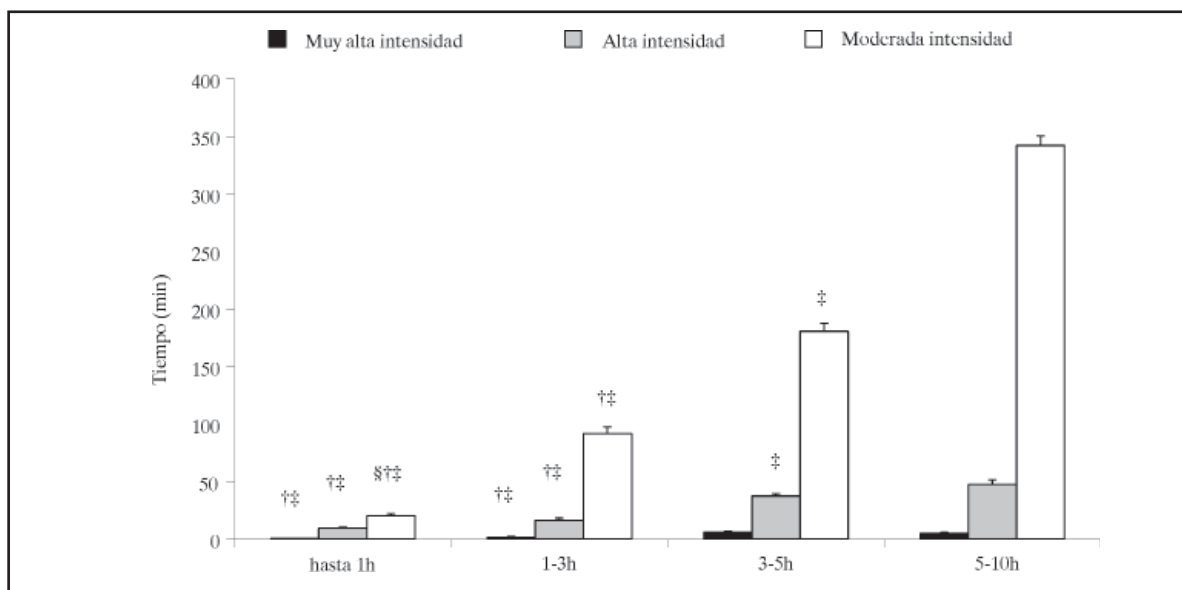


FIGURA 2. Tiempo de trabajo en las diferentes zonas de intensidad analizadas en función de la duración de los incendios. Valores expresados como media \pm EEM. §, diferencias significativas ($p < 0,05$) con los incendios de 1-3h. †, diferencias significativas ($p < 0,05$) con los incendios de 3-5h ‡, diferencias significativas ($p < 0,05$) con los incendios de 5-10h



Carga de trabajo y tipo de incendio

Los sujetos obtuvieron una carga media de trabajo en los diferentes incendios de 265 ± 7 . Al analizar el TRIMP obtenido atendiendo a la duración de los incendios se observó un incremento de este parámetro a medida que la duración del incendio fue mayor, encontrándose diferencias significativas entre todos los tipos de incendios analizados (Figura 3).

DISCUSIÓN

Son pocos los estudios que analizan el esfuerzo realizado por el PEEIF a través de la FC¹⁹⁻²¹. Además en la literatura existen trabajos que determinan la energía gastada durante las diferentes actividades que afronta el PEEIF^{28,29}. Estos últimos estudios indican que la energía gastada asociada a la actividad física realizada por los sujetos es de aproximadamente $2.500 \text{ kcal} \cdot \text{día}^{-1}$, o incluso pueden llegar puntualmente²² a las $6.000 \text{ kcal} \cdot \text{día}^{-1}$. Estos datos muestran las altas demandas energéticas a las que tienen que hacer frente los bomberos forestales, posiblemente condicionadas por el gran volumen de trabajo realizado y no por la intensidad que éste implica. En este sentido, la duración media de los incendios analizados en este estudio fue de aproximadamente 225 min, duración similar a muchas de

las etapas que realizan los ciclistas en una gran vuelta ciclista como la Vuelta Ciclista a España o el *Tour* de Francia^{9,11,26}.

La FC media obtenida en los incendios fue de $117 \pm 2 \text{ ppm}$, lo que representó una intensidad de trabajo de aproximadamente el 60% de la FC máxima y aproximadamente el 42% de la FC de reserva. Estas intensidades están dentro de los rangos considerados como óptimos en relación con la salud³⁰. Así se han establecido intensidades de trabajo entre el 55-90% de la FC máxima o el 40-85% de la FC de reserva, siendo las intensidades más idóneas para trabajar con sujetos sedentarios las situadas entre el 55-65% de la FC máxima o el 40-50% de la FC de reserva³⁰. En este sentido, Apud, *et al*¹⁹ han obtenido en incendios forestales de más de 3-4 h de duración porcentajes en torno al 45% de la FC de reserva, indicando que a medida que el tipo de incendio es más intenso y la temperatura más alta, el porcentaje de trabajo es mayor, pudiéndose llegar al 70% de la FC de reserva en temperaturas extremas¹⁹. Este hecho posiblemente este condicionado por el efecto que tiene la temperatura en el comportamiento de la FC¹⁴.

Nuestros datos muestran la importancia del trabajo realizado en la zona de intensidad moderada (por debajo del 50% del $\text{VO}_{2\text{max}}$). Aproximadamente los sujetos del estudio permanecieron un

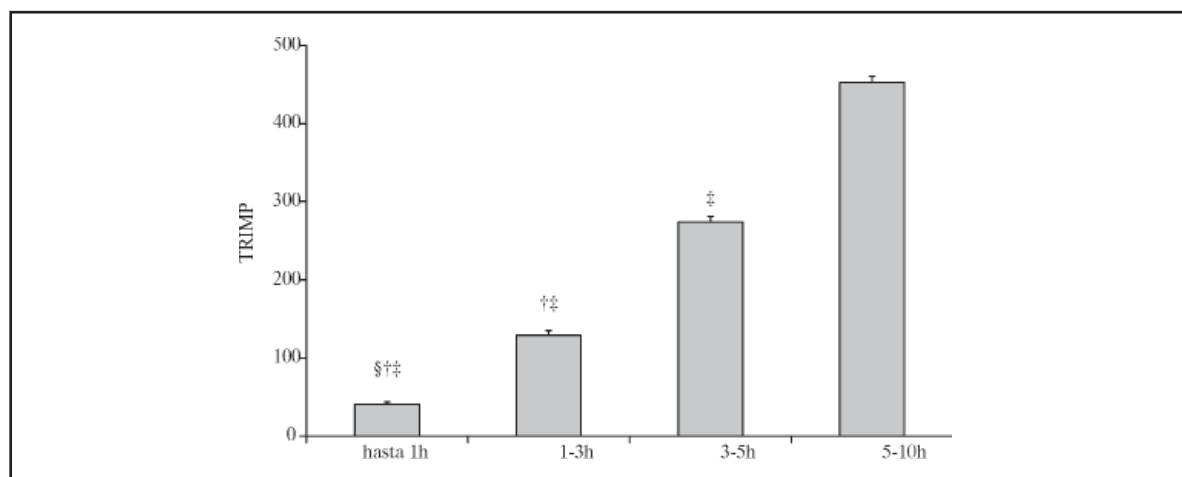


FIGURA 3. Carga de trabajo (TRIMP) en los diferentes incendios analizados. Valores expresados como media \pm EEM. §, diferencias significativas ($p < 0.05$) con los incendios de 1-3h. †, diferencias significativas ($p < 0.05$) con los incendios de 3-5h. ‡, diferencias significativas ($p < 0.05$) con los incendios de 5-10h

80% del tiempo total del incendio (aproximadamente 185 min) en esta zona. Se ha indicado la alta relación que existe entre el nivel de condición aeróbica, evaluada a través del umbral aeróbico, y el ritmo de trabajo elegido por los bomberos forestales en las tareas que implican un trabajo prolongado³¹. Por ello, una mejora del umbral aeróbico permitiría a los sujetos la adopción de intensidades de trabajo más altas durante la extinción de los incendios, adquiriendo gran importancia a medida que la duración del incendio es mayor, ya que los porcentajes y tiempos de trabajo en la zona de moderada intensidad son mayores (Figuras 1 y 2). Posiblemente la fatiga local producida por una mayor realización de tareas específicas en los incendios de mayor duración impida a los sujetos de este estudio trabajar en las zonas de alta y muy alta intensidad, tal y como se ha observado en esfuerzos de resistencia de larga duración³². En este sentido, se ha observado una disminución progresiva de los porcentajes de trabajo en la zona de alta intensidad que aumentó la duración del incendio y un estancamiento del porcentaje de trabajo en la zona de muy alta intensidad.

Una posible explicación a la diferente distribución de los tiempos de trabajo en las diferentes zonas de intensidad analizadas pueda deberse al fenómeno de la “teleoanticipación”³³. Este fenómeno esta condicionado por la experiencia previa de los sujetos y por la duración de las actividades a realizar³³. Este mecanismo regularía-anticiparía los cambios metabólicos y la energía total gastada de los sujetos con el fin de obtener el mejor rendimiento y evitaría la realización de cargas de trabajo (TRIMP) excesivamente elevadas⁹. En este sentido, el TRIMP medio alcanzado en nuestro estudio fue de aproximadamente 265. Este valor fue similar al obtenido en deportes de resistencia; así, se han obtenido TRIMP de 300-400 en las distintas etapas que conforman una vuelta ciclista, de aproximada-

mente 500 en carreras de atletismo de 50 km, de aproximadamente 200 en carreras de atletismo de 20 km y de aproximadamente 300 en una maratón^{9,34}. El TRIMP alcanzado por los sujetos de este estudio en los incendios de 5-10 h fue de aproximadamente 450. Este dato representa aproximadamente la totalidad de la carga de entrenamiento semanal de corredores aficionados (unos 400 TRIMP por semana), la mitad de la carga de entrenamiento semanal de los corredores de élite keniatas (unos 800 TRIMP por semana) y un tercio del entrenamiento semanal de ciclistas profesionales (unos 1.000-1.500 TRIMP por semana)³⁴. Atendiendo a los datos de nuestro estudio es posible que el PEEIF se acerque o incluso sobrepase la carga de entrenamiento semanal referida en la literatura para deportistas de élite o profesionales si se aumenta la frecuencia de los incendios.

En conclusión, el esfuerzo desarrollado por el PEEIF en la extinción de incendios forestales fue muy exigente. El conocimiento de estas demandas puede ayudar al desarrollo de programas de entrenamiento más específicos que permitan afrontar la extinción de los incendios de manera más eficiente.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha podido llevar a cabo gracias al proyecto I+D+i: “Factores condicionantes del rendimiento del PEEIF” que TRAGSA y Mutua Fraternidad-Muprespa han suscrito con el Departamento de Educación Física y Deportiva de la Universidad de León, como aspecto fundamental para abordar mejoras en las medidas de prevención de riesgos laborales y que cuenta con el apoyo de la Dirección General de Medio Natural y Política Forestal del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

B I B L I O G R A F Í A

1. **Sharkey BJ.** Wildland Firefighter Health and Safety. Recommendations of April 1999 Conference. Montana; USDA Forest Service, 1999;22-25.
2. **Chirosa I, Chirosa LJ, Padial P.** Aproximación teórica a la preparación física del especialista en prevención y extinción de incendios forestales. *Rev Incendios Forestales* 1999;24:12-7.
3. **Ruby BC, Shriver TC, Zderic TW, Sharkey BJ, Burks C, Tysk S.** Total energy expenditure during arduous wildfire suppression. *Med Sci Sports Exerc* 2002;34:1048-54.
4. **Apud E, Gutiérrez M, Lagos S, Maureira F, Meyer F, Espinoza J.** Manual de Ergonomía forestal. Chile: Valverde, 1999.
5. **Hawkins J, Harter RA, Word TM.** Assessment of pre-fire season physical fitness training among bureau of land management wildland firefighter. *Med Sci Sports Exerc* 2004;36:S307.
6. **Roberts MA, O'Dea J, Óbice A.** Fitness levels of firefighters recruits before and after a supervised exercise training program. *J Strength Cond Res* 2002;16:271-7.
7. **Espinosa V, Roca E, Drobnic F, Prat R, Mirallas J, Barbany JR.** Suplementación con glicerina para prevenir la deshidratación en tareas simuladas de bomberos. *Archivos de Medicina del Deporte* 2007;120:253-61.
8. **Ruby BC, Shriver TC, Zderic TW, Sharkey BJ, Burks C, Tysk S.** Total energy expenditure during arduous wildfire suppression. *Med Sci Sports Exerc* 2002;34:1048-54.
9. **Lucía A, Hoyos J, Santalla A, Earnest C.** Tour de France versus Vuelta a España: Which Is Harder? *Med Sci Sports Exerc* 2003;35:872-8.
10. **Rodríguez-Marroyo JA, García López J, Ávila C, Jiménez F, Córdova A, Villa Vicente JG.** Evolución del esfuerzo en ciclistas profesionales a lo largo de una vuelta por etapas. *Archivos de Medicina del Deporte* 2003;93:35-40.
11. **Rodríguez-Marroyo JA, García López J, Ávila C, Jiménez F, Córdova A, Villa Vicente JG.** Intensidad del ejercicio y orografía en ciclistas profesionales. *Archivos de Medicina del Deporte* 2002;91:361-9.
12. **Foster C, Florhaug JA, Franklin J, Gottschall L, Hrovatin LA, Parker S, et al.** A new approach to monitoring exercise training. *J Strength Cond Res* 2001;15:109-15.
13. **Astrand PO, Rodahl K.** Fisiología del trabajo físico. Buenos Aires: Médica Panamericana, 1986;13.
14. **Maw GJ, Boutcher SH, Taylor NA.** Ratings of perceived exertion and affect in hot and cool environments. *Eur J Appl Physiol* 1993;67:174-9.
15. **Montain SJ, Coyle EF.** Influence of graded dehydration on hyperthermia and cardiovascular drift during exercise. *J Appl Physiol* 1992;73:1340-50.
16. **Heingenhauser GF, Sutton JR, Jones NL.** Effects of glycogen depletion on the ventilatory response to exercise. *J Appl Physiol* 1983;54:470-4.
17. **Winder WW, Hagber JM, Hickson RC, Ehsani AA, McLan JA.** Time course of sympathoadrenal adaptation to endurance exercise training in man. *J Appl Physiol* 1980;45:370-4.
18. **Hahn AG, Gore CJ.** The effect of altitude on cycling performance. A challenge to traditional concepts. *Sports Med* 2001;31:533-57.
19. **Apud E, Meyer F, Maureira F.** Ergonomía en el combate de incendios forestales. Santiago de Chile: Valverde, 2002.
20. **Rotherwell T, DeLorenzo-Green, Sharkey BJ.** Predicting the effect of an air-purifying respirator on sustained arm work. *Med Sci Sports Exerc* 1994;26:S18.
21. **Brotherhood JR, Budd GM, Hendrie AL, Jeffery SE, Beasley FA, Costin BP, et al.** Project Aquarius 2. Limitations of maximum oxygen uptake for predicting the strains of building fireline with a rakehoe. *Int J Wildland Fire* 1997;7:77-85.
22. **Gaskill SE, Ruby BC, Heil DP, Sharkey BJ, Sli-vka D, Lankford E.** Seasonal changes in wildland firefighters aerobic fitness. *Med Sci Sports Exerc* 2003;35:S131.
23. **Lawson LK, Crown EM, Ackerman MY, Dale JD.** Moisture effects in heat transfer through clothing systems for wildland firefighters. *Int J Occup Saf Ergon* 2004;10:227-38.

24. **Kales SN, Soteriades ES, Christophi CA, Christiani DC.** Emergencies duties and deaths heart disease among firefighters in the United States. *N Engl J Med* 2007;356:1207-15.
25. **McInnis K, Balady GJ.** Comparison of submaximal exercise responses using the Bruce versus modified Bruce protocols. *Med Sci Sports Exerc* 1994;26:103-7.
26. **Fernández-García B, Pérez J, Rodríguez M, Terrados N.** Intensity of exercise during road race pro-cycling competition. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32:1002-6.
27. **Goldberg L, Elliot DL, Kuehl KS.** Assessment of exercise intensity formulas by use of ventilatory threshold. *Chest* 1988;94:95-8.
28. **Heil DP.** Estimating energy expenditure in wildland fire fighters using a physical activity monitor. *Appl Ergon* 2002;33:405-13.
29. **Ruby BC, Shriver TC, Zderic TW, Sharkey BJ, Burks C, Tysk S.** Total energy expenditure during arduous wildfire suppression. *Med Sci Sports Exerc* 2002;34:1048-54.
30. **American College of Sports Medicine (ACSM).** 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;30:975-91.
31. **Lankford DE, Gaskill SE, Ruby BC, Heil DP, Sharkey BJ.** Influence of submaximal VO_2 at ventilatory threshold on self-selected work rate during wildland firefighting. *Med Sci Sports Exerc* 2003;35:S210.
32. **Lucía A, Hoyos J, Carvajal A, Chicharro JL.** Heart rate response to professional road cycling: the Tour de France. *Int J Sports Med* 1999;20:167-72.
33. **Ulmer HV.** Concept of an extracellular regulation of muscular metabolic rate during heavy exercise in humans by psychophysiological feedback. *Experientia* 1996;52:416-20.
34. **Foster C, Hoyos J, Earnest C, Lucía A.** Regulation of energy expenditure during prolonged athletic competition. *Med Sci Sports Exerc* 2005;37:670-5.