



5º CONGRESO FORESTAL
ESPAÑOL

5º Congreso Forestal Español

Montes y sociedad: Saber qué hacer.

REF.: 5CFE01-424

Editores: S.E.C.F. - Junta de Castilla y León
Ávila, 21 a 25 de septiembre de 2009
ISBN: 978-84-936854-6-1
© Sociedad Española de Ciencias Forestales

PROYECTO CREIF “Factores Condicionantes del Rendimiento del Personal Especialista en Extinción de Incendios Forestales (PEEIF)”

LÓPEZ SATUÉ, J.¹, VILLA VICENTE, JG², PERNÍA CUBILLO, R¹, ÁVILA ORDÁS, MC³, GARCÍA LÓPEZ, J², RODRIGUEZ-MARROYO, JA², CARBALLO LEYENDA, B², GONZÁLEZ MARTINEZ, JL⁴

¹ Empresa de Transformación Agraria S.A. (TRAGSA)

² Departamento de Educación Física y Deportiva, Universidad de León.

³ Mutua Fraternidad-Muprespa.

⁴ Empresa de Gestión Medioambiental (EGMASA).

Resumen

La alta intensidad del esfuerzo desarrollado por parte del Personal Especialista en Extinción de Incendios Forestales hace del estudio de su ambiente de trabajo un factor fundamental para mejorar su seguridad y su eficacia laboral. Por ello, la Empresa de Transformación Agraria, S.A. (TRAGSA) en colaboración con la Mutua de Accidentes de Trabajo y Enfermedades Profesionales de la Seguridad Social Fraternidad-Muprespa, la Universidad de León (ULE) y La Empresa de Gestión Medioambiental, S.A. (EGMASA, adscrita a la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía) y con el apoyo de la Dirección General de Medio Natural y Política Forestal del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, desarrollan este proyecto, con el objetivo de analizar todas aquellas variables que repercutan sobre la salud y la seguridad en nuestros trabajadores. Así, la monitorización de factores como la frecuencia cardíaca, la deshidratación alcanzada, el coste energético de la actividad, la temperatura ambiental y corporal soportada, la inhalación de monóxido de carbono, el calor recibido, la influencia de portar una equipación ignífuga o las repercusiones de aplicar sobre el PEEIF programas de acondicionamiento físico general, permite interpretar y analizar la dureza de este trabajo. En base a las conclusiones obtenidas, se plantearán estrategias que potencien el rendimiento y la seguridad en nuestros trabajadores.

Palabras clave

Intensidad, temperatura, fatiga, esfuerzo, seguridad

1. Introducción

Las labores de extinción de los incendios forestales en España suele recaer en cuadrillas de personal contratado temporalmente durante los meses de verano, si bien durante los últimos años se está dando más continuidad a diversos colectivos con realización de labores selvícolas durante el invierno. Las Brigadas de Refuerzo contra Incendios Forestales (BRIF) representan un cuerpo de especialistas dentro de esta población. Para afrontar con garantías el esfuerzo que implica el extinguir un incendio forestal, se requiere de una óptima condición física. La investigación de todos los condicionantes que repercuten sobre la capacidad de trabajo del Personal Especialista en Extinción de Incendios Forestales (PEEIF), permitirá no sólo mejorar su rendimiento, sino también potenciar su seguridad durante el desempeño de su trabajo.

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 temperaturas (Heil et al, 2002), intensidad del esfuerzo desarrollado (Gaskill et al, 2003), la alta inhalación de humos (Ruby et al, 2002), condiciones orográficas del terreno (Apud, 2002; Kales et al, 2007), el peso de su equipo de protección y de trabajo, la dificultad de rehidratación y avituallamiento en los incendios (Roberts et al, 2002), y la duración de los incendios (Ruby et al, 2002; Eglin, 2007).

Para analizar dichos factores condicionantes, la Empresa de Transformación Agraria, S.A. (TRAGSA) en colaboración con la Mutua Fraternidad-Muprespa, la Universidad de León y La Empresa de Gestión Medioambiental, S.A. (EGMASA, adscrita a la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía) y con el apoyo de la Dirección General de Medio Natural y Política Forestal del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, desarrollan el Proyecto CREIF, a través del cual se persigue el análisis y el conocimiento de las repercusiones metabólicas producidas al exponer el cuerpo humano ante una situación tan dura como puede darse durante la extinción de incendios forestales.

Dicho proyecto diferencia 4 grandes áreas de estudio:

- 1.-Análisis y medición del tipo de esfuerzo físico desarrollado por el PEEIF.
- 2.-Análisis y valoración de los Equipos de Protección Individual (EPI).
- 3.-Análisis y evaluación ergonómica y biomecánica de las herramientas de extinción.
- 4.-Análisis y evaluación de la importancia de la condición física en relación con la salud del PEEIF

Análisis y medición del tipo de esfuerzo físico desarrollado por el PEEIF

El trabajo desarrollado por el Personal Especialista en Extinción de Incendios Forestales se encuentra supeditado a multitud de factores (deshidratación, altas temperaturas, duración del esfuerzo, inhalación de humo,...) lo cual afecta directamente a su rendimiento. Por ello, la monitorización de su frecuencia cardiaca, el registro de su nivel de deshidratación, la descripción individualizada del trabajo desempeñado, la cantidad de monóxido de carbono inhalado, el registro de la temperatura y el calor soportado, etc, permitirán aplicar futuras estrategias que mejoren ya no sólo el rendimiento de nuestros trabajadores sino sobre todo su seguridad.

Análisis y valoración de los Equipos de Protección Individual (EPI)

El rendimiento físico del PEEIF está directamente influenciado por la equipación portada, la cual y en base a su capacidad ignífuga, repercute negativamente sobre la capacidad de trabajo. La realización de cuestionarios de confort (percepción subjetiva de los trabajadores hacia el material) de las botas de extinción así como el análisis cinemático y cinético en laboratorio de las mismas (estudio de la capacidad flexora y amortiguadora), permitirá analizar los diferentes modelos existentes en la actualidad y cuantificar cual de ellas es la más adecuada para esta tipología de trabajo.

Por otro lado, se han realizado estudios con fuego real sobre las repercusiones metabólicas de realizar esfuerzos con un buzo ignífugo nuevo y uno con 10 lavados, a fin de cuantificar las modificaciones en la termorregulación que supone la alteración en la fibra ignífuga tras el lavado.

Por último, se ha comparado la respuesta fisiológica ante un esfuerzo realizando test de laboratorio con 8 tipologías de buzo ignífugo diferentes (en cuanto a su gramaje y composición), permitiéndose hallar diferencias significativas en cuanto a qué modelo es el más apropiado desde el punto de vista del rendimiento físico de nuestros trabajadores.

Análisis y evaluación ergonómica y biomecánica de las herramientas de extinción

La realización de estudios en laboratorio con cámaras tridimensionales permitirá analizar la ergonomía de las diferentes herramientas utilizadas en extinción (Pulasky, McLeod, mochila extintora,...) y las diferentes formas de llevar a cabo una tarea en los patrones de movimiento y en las fuerzas que soportan los trabajadores. Asimismo, se ha registrado qué herramientas implican un mayor coste energético (esto es, acumulación de fatiga), durante el trabajo de extinción de incendios forestales.

Análisis y evaluación de la importancia de la condición física en relación con la salud del PEEIF

La práctica de ejercicio físico induce profundos beneficios mediante fenómenos de adaptación de las funciones cardiovascular, pulmonar, metabólica, neuromuscular y cognitiva y sobre los tejidos muscular, conectivo y adiposo lo que permite un efecto profiláctico o moderador de los efectos de diversas enfermedades, básicamente mejorando la capacidad funcional de órganos y sistemas.

A lo largo de las anualidades 2006/07/08 se han aplicado sobre el PEEIF programas de entrenamiento físico (supervisados por Licenciados en ciencias de la Actividad Física y del Deporte) que perseguían no sólo mejorar la condición física general de los trabajadores, sino que también tenían un objetivo claro de minimización de los riesgos a los que se ven sometidos durante el trabajo de extinción.

Por último, se han llevado a cabo estudios sobre el grado de fiabilidad de las diferentes pruebas de selección utilizadas en nuestro país, obteniendo conclusiones acerca de cual de ellas es la más apropiada para aplicar en este sector.

2. Objetivos

Los objetivos marcados en esta investigación son:

- Conocer y registrar todas las variables que afectan al rendimiento del PEEIF durante el trabajo de extinción (frecuencia cardiaca, calor, temperatura, deshidratación, monóxido de carbono,..).
- Analizar la influencia del EPI sobre la capacidad de trabajo.
- Estudiar ergonómicamente las diferentes herramientas de extinción.
- Analizar la importancia de aplicar programas de entrenamiento físico y su relación con el rendimiento, la seguridad y siniestralidad laboral.
- Establecer criterios de optimización acerca de qué tipología de prueba física de selección es la más adecuada para el sector.

3. Metodología

Sujetos

En el estudio participaron 1250 sujetos (27 ± 3 años, 174.4 ± 0.8 cm y 76.2 ± 0.6 kg) integrantes de las 10 BRIF y ubicadas en Tabuyo del Monte (León), Laza (Orense), Tineo (Asturias), Lubia (Soria), Daroca (Zaragoza), Puerto del Pico (Ávila), La Iglesuela (Toledo), Prado de los Esquiladores (Cuenca), Pinofranqueado (Cáceres) y La Palma, La experiencia profesional media de los sujetos en las labores de extinción de incendios fue de ~18 meses. En la anualidad 2008 se han incorporado los datos generados en la BRICA de Madroñalejo (Sevilla).

Test de laboratorio

24 trabajadores de la BRIF de Tabuyo del Monte (León) realizaron al comienzo y a la finalización de la campaña de incendios 2006, un test incremental sobre un tapiz rodante (Power Jog M30, Sport Engineering Limited, Birmingham, Reino Unido) atendiendo a la metodología propuesta por Bruce (McInnis & Balady, 1994). El test se inició a una velocidad de $2.7 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ y con una pendiente del 10%, cada 3 min se modificaron tanto la velocidad como la pendiente de la siguiente manera: $4 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ -12%, $5.5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ -14%, $6.9 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ -16%, $8.2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ -18% y $9.2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ -20%, hasta que el sujeto no pudo mantener la velocidad fijada. Durante toda la prueba se monitorizó la FC (Polar Team System, 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).

Análisis de los fuegos

Durante las campañas de incendios 2006-07-08 (i.e., 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 273 incendios. Posteriormente, a través de un software específico (Polar Precision Performance SW, Polar Electro Oy, Finland) se analizaron los datos en función de tres zonas de intensidad de esfuerzo, atendiendo al VO_2max alcanzado en la prueba de laboratorio. 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 .



En dichos incendios también fue registrado el nivel de deshidratación (báscula TANITA BC-418), la temperatura ambiental soportada (Termoregister TR-51A), la temperatura y la humedad alcanzada dentro del buzo (Termoregister TR-71U), la temperatura corporal (cápsulas térmicas VITALSENSE), la cantidad de monóxido de carbono (analyzer de gases TETRA 4), el coste energético (acelerómetros triaxiales STAYHEALTHY) y el desplazamiento (GPS FRWD F500).

Programa de entrenamiento físico

Todo el PEEIF fue sometido a lo largo de las 3 anualidades a un plan de entrenamiento físico específico de 4 meses de duración y a una valoración de la condición física en relación con la salud (al inicio y al finalizar el programa de entrenamiento), para analizar la capacidad aeróbica (test de Course Navette), la flexibilidad (test de Sit and Reach), la fuerza resistencia del tren superior (nº de flexiones en 30seg) y tren inferior (nº de sentadillas en 30seg) y por último, el porcentaje de grasa corporal. La descripción del programa de entrenamiento propuesto así como los test realizados es la siguiente:

- Programa de entrenamiento físico: fundamentado en el desarrollo de la capacidad aeróbica a través de la carrera continua y de la realización de marchas específicas de este trabajo, potenciación de la fuerza-resistencia de grupos musculares específicos y trabajo de la flexibilidad como método de recuperación muscular.

- Pruebas de valoración de la condición física en relación con la salud

Test de Course Navette (Leger & Lambert, 1982): Estima el VO_{2max} en función del número de recorridos completados (o velocidad máxima alcanzada) al realizar un test indirecto, progresivo, continuo y maximal (hasta el agotamiento) sobre una distancia de 20 metros efectuados sobre una pista. En función de la velocidad de carrera alcanzada por el ejecutante en el último periodo que pudo aguantar, se calcula el VO_{2max} en base a la siguiente ecuación: $VO_{2max} = 5,857 \times \text{Velocidad (km/h)} - 19,458$.

Valoración cineantropométrica (Norton, 1994): se entiende por cineantropometría al área que mide al hombre en relación con el movimiento. El protocolo para la valoración de la composición corporal incluye 14 variables antropométricas: Pliegues (tricipital, subescapular, suprailíaco, abdominal, muslo, pierna, bicipital, y pectoral); perímetros (brazo relajado, muslo, pierna, cintura y cadera); diámetros (biépicondíleo del húmero, el biestilodeo y el biépicondíleo del fémur). En base a estas mediciones y aplicando las ecuaciones de Matiegka, Rocha, Würch y Yuhasz, se halla la composición corporal del P.E.E.I.F.: % grasa = $3,64 + \sum 6 \text{ pliegues} \times 0,097$.

Flexibilidad (Sit and reach) (Cherril, 1995): se define la flexibilidad como la capacidad física de amplitud de movimientos de una sola articulación o de una serie de articulaciones. En este test el resultado está directamente influenciado tanto por las articulaciones y musculatura de la parte inferior de la espalda como de la parte correspondiente de la extremidad inferior

Tests de fuerza-resistencia: sentadillas y flexiones de brazos. Las sentadillas y las flexiones de brazos valoran de la fuerza resistencia del tren inferior y superior mediante la cuantificación del número de repeticiones en 30 segundos.

Por último y con la finalidad de llevar a cabo un análisis pormenorizado de las diferentes pruebas de selección, 24 trabajadores de la BRIF de Tabuyo del Monte (León) realizaron en el año 2006 la Prueba del Banco con toma manual y con pulsómetro de la Frecuencia Cardíaca (FC), la Course Navette, el Pack Test y la prueba de esfuerzo en laboratorio.

4. Resultados

Programa de entrenamiento físico

En la Tabla 1 se muestran los resultados obtenidos al comienzo y al finalizar el programa de entrenamiento en capacidad aeróbica, flexibilidad, fuerza-resistencia del tren superior e inferior y porcentaje de grasa corporal (%).

Tabla 1. Valores medios \pm EEM obtenidos en la batería suministrada ($n=1250$).

	INICIAL	FINAL	CAMBIO (%)
Course Navette ($\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$)	52.75\pm0.17	55.59\pm0.19***	5.72\pm0.3
Flexibilidad (cm)	7.29\pm0.27	9.56\pm0.25***	31.41\pm9.59
Flexiones (Nºrep 30seg)	30.96\pm0.29	37.25\pm0.28***	25.94\pm1.11
Sentadillas (Nºrep 30seg)	30.62\pm0.28	37.13\pm0.22***	22.34\pm0.75
Grasa (%)	11.34\pm0.11	10.69\pm0.11***	-3.96\pm0.41

Diferencias significativas (***, $p<0.001$)

Análisis de los fuegos

La duración media de los incendios analizados fue de 172.2 \pm 2.3 min. La FC máxima alcanzada en los incendios fue de 173.5 \pm 0.3 ppm (i.e., 89.5% de la FC máxima teórica) y se registró una FC media de 126.3 \pm 0.4 ppm (i.e., 71.3% de la FC máxima y el 62.7 \pm 0.4% de la FC máxima teórica).

Se obtuvieron diferencias significativas entre los tiempos de permanencia en las diferentes zonas de intensidad de esfuerzo analizadas. Así, los sujetos del estudio permanecieron 117.4 \pm 2.4, 46.3 \pm 1.1 y 11.8 \pm 0.3 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 (65.2 \pm 0.6 %) seguido por los encontrados en la zona de alta intensidad (26.9 \pm 0.4%) y muy alta intensidad (6.9 \pm 0.2%).

No se obtuvieron diferencias significativas en los porcentajes de permanencia en la zona de muy alta intensidad, siendo similares en los diferentes incendios (~6%). 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.

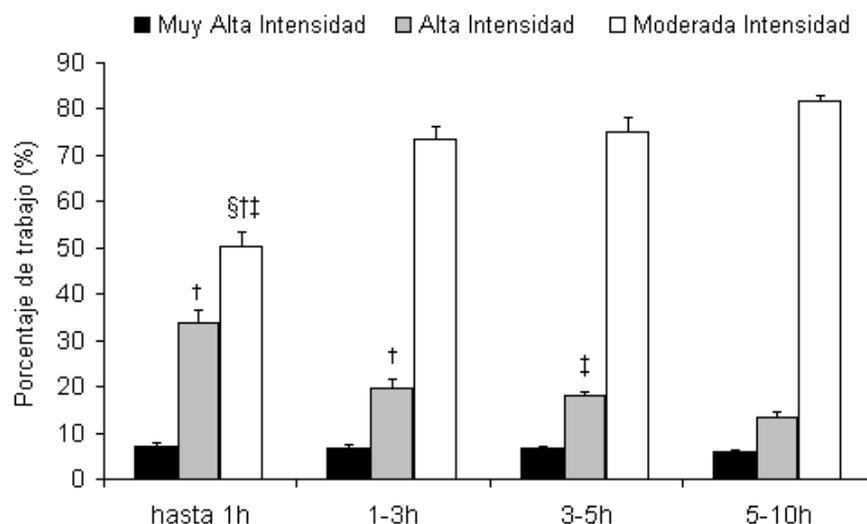


Figura 1. Porcentaje de trabajo en las diferentes zonas de intensidad analizadas en función de la duración de los incendios. Valores expresados como media \pm EEM. §, diferencias significativas ($p<0.05$) con los incendios de 1-3h. †, diferencias significativas ($p<0.05$) con los incendios de 3-5h. ‡, diferencias significativas ($p<0.05$) con los incendios de 5-10h.

En la Tabla 2 se muestran los valores medios y máximos alcanzados en las diferentes variables analizadas en los 273 incendios a los que acudió la BRIF durante las anualidades 2006/07/08.

Tabla 2. Valores medios y máximos \pm EEM obtenidos en los incendios analizados ($n=273$).

	VALORES MEDIOS	VALORES MÁXIMOS
Pérdida de peso (%)	3.25 \pm 0.36	7.43 \pm 0.51
Ritmo sudoración (ml \cdot h ⁻¹)	1187 \pm 0.19	1690 \pm 0.27
T ^a ambiental (°C)	28.51 \pm 0.81	65.31 \pm 1.44
T ^a interna buzo (°C)	29.97 \pm 0.56	43.01 \pm 0.65
Humedad interna buzo (%)	66.1 \pm 1.40	99.9 \pm 1.05
T ^a corporal (°C)	37.31 \pm 0.11	39.21 \pm 0.07
Δ T ^a corporal (°C)	1.23 \pm 0.21	3.12 \pm 0.41
Coste energético (kcal)	941.5 \pm 83.1	3992 \pm 115.1
CO (ppm)	20.43 \pm 2.48	1148.24 \pm 42.12

Análisis de las pruebas de selección

En la Figura 2 se muestran las diferencias significativas en el VO₂max estimado en el test del escalón respecto de la realidad física de los trabajadores.

Las pruebas de Pack Test realizadas mostraron el grado de especificidad de esta prueba, implicando un VO₂max semejante al requerido en la extinción de incendios forestales (Tabla 3).

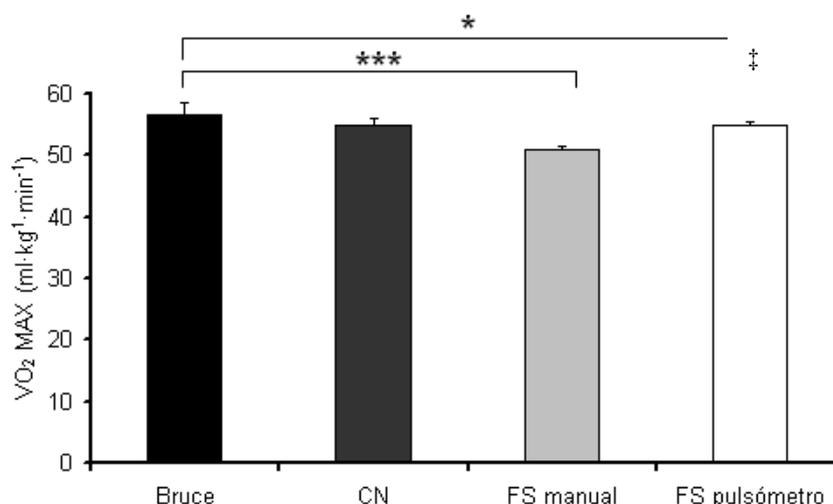


Figura 2. VO_{2max} ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) alcanzado en el test de laboratorio (BRUCE), en el Forest Service (prueba del banco) con toma manual y con pulsómetro de pulsaciones y en la Course Navette ($n=24$). Valores expresados como media \pm EEM. Diferencias significativas (* $p \leq 0.05$; *** $p \leq 0.001$). ‡. Diferencias significativas (*** $p \leq 0.001$) toma manual con pulsómetro.

Tabla 3. Valores medios \pm EEM de VO_{2max} obtenido en laboratorio y en el Pack Test ($n=24$).

	BRUCE	PACK TEST	VO_{2max} (%)
VO_2 ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)	56,61 \pm 1,61	30,82 \pm 1,12	54,42 \pm 0,43

5. Discusión

Son pocos los estudios que analizan el esfuerzo realizado por el PEEIF a través de la FC (Apud, 2002; Brotherhood et al, 1998). En la literatura abundan los trabajos que determinan la energía gastada durante las diferentes actividades que afronta el PEEIF (Heil, 2002; Ruby et al, 2002). Estos estudios indican que la energía gastada asociada a la actividad física realizada por los sujetos es de ~ 2500 kcal·día⁻¹, o incluso pueden llegar puntualmente a las 6000 kcal·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.

La FC media obtenida en los incendios fue de 126 ± 1 ppm, lo que representó una intensidad de trabajo de $\sim 62\%$ de la FC máxima y $\sim 48\%$ de la FC de reserva. Estas intensidades están dentro de los rangos considerados como óptimos en relación con la salud (ACSM, 1998). 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 reserva. En este sentido, Apud et al.(2002) 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 extremas. Este hecho posiblemente este condicionado por el efecto que tiene la temperatura en el comportamiento de la FC (Maw et al, 1993).

Nuestros datos muestran la importancia del trabajo realizado en la zona de intensidad moderada (i.e., por debajo del 50% del VO_{2max}). Aproximadamente los sujetos del estudio permanecieron un 65% del tiempo total del incendio (~ 120 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 prolongado (Lankford et al, 2003). 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 (Figura 1). 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 duración (Lucía y cols, 1999). En este sentido, se ha observado una disminución progresiva de los porcentajes de trabajo en la zona de alta intensidad al aumentar la duración del incendio y un estancamiento del porcentaje de trabajo en la zona de muy alta intensidad.

A la vista de los resultados obtenidos en nuestro estudio, se observa una significativa pérdida de peso tras el trabajo de extinción. Esta pérdida no puede ser debida más que a la sudoración de los sujetos en unas condiciones climáticas de altas temperaturas (registrándose ritmos de sudoración de hasta $1690 \text{ ml}\cdot\text{h}^{-1}$) y donde se realiza un trabajo intenso por ser mantenido en el tiempo como puede ser corroborado por la frecuencia cardíaca y las kilocalorías consumidas en los incendios (Tabla 2).

Como se advierte en la Tabla 2 hay una pérdida de peso considerable (3.25%), aunque la ingesta de agua fue de 1.55l. Ésa pérdida de peso provoca un aumento de la tasa cardíaca y una disminución de la sensibilidad a la sudoración, por lo que este valor se toma como límite máximo de pérdida de agua corporal permitido en la industria pero no en otras actividades (como las deportivas o en el ejército). Pérdidas por debajo del 3% para un sujeto medio de 70 Kg. supondrían una pérdida de 2 Kg. de peso que no conllevan riesgo de deshidratación.

El aumento de temperatura corporal observado en nuestro estudio ($1.23\pm 0.21 \text{ }^\circ\text{C}$) no está dentro del rango de valores de seguridad recogidos en la norma ISO 7399 (1989) que recomienda que el aumento de temperatura interna no exceda los $0.8\text{-}1^\circ\text{C}$. Estudios sobre los efectos de la radiación térmica en bomberos de ciudad constatan incrementos de temperaturas de hasta 1.4°C (Selkirk & McLellan, 2003)

Durante el desempeño de un trabajo físico, la disminución de un 1% del peso corporal parece ser suficiente como para elevar la temperatura corporal (Maughan et al, 2007); si bien en ambientes cálidos se debe esperar una mayor elevación de la temperatura corporal, ya que el déficit de agua aumenta.

Varios estudios analizan la importancia de la realización de un periodo de entrenamiento en la mejora de la condición física de los especialistas (Apud et al, 2002; Roberts et al, 2002). Se han observado mejoras en la cualidad aeróbica de un 6% en especialistas forestales (Apud, 2002) y de un 28% en bomberos de ciudad (Roberts et al, 2002). En nuestro estudio se ha observado una mejora del 5.7% tras 4 meses de entrenamiento.

Además de la valoración de la cualidad aeróbica en este grupo de población se han realizado otras pruebas tendentes a valorar la capacidad física general de los sujetos. Una de las pruebas que se suele repetir en diferentes estudios (Roberts et al, 2002) es la prueba de flexibilidad (sit and reach test).

En el estudio de Roberts et al.(2002) los sujetos alcanzaron una mejora en la flexibilidad de 1 cm (bomberos de estructura con mayor capacidad física y mayor volumen de

entrenamiento). Lo que si parece claro es la influencia positiva del entrenamiento en la mejora de esta cualidad ya que nuestros sujetos mejoraron un ~30%.

La fuerza y la resistencia muscular están relacionadas entre sí; el aumento de uno de estos componentes suele tener como resultado la mejora del otro (George et al, 1996). En nuestro estudio se realizaron pruebas para valorar la fuerza del miembro superior e inferior, obteniendo un porcentaje de mejora tras el entrenamiento realizado de ~25% y ~22% respectivamente.

Nuestros resultados muestran una disminución del porcentaje de grasa de un 4%, pasando de un 11.3% a un 11.6%, valores que difieren mucho de los mostrados en el estudio de Apud (2002), que obtuvieron tras el periodo de entrenamiento una disminución del ~15%, pasando de un 15% de grasa al inicio de la campaña a un 13,7% al final del periodo de entrenamiento físico de 6 meses de duración durante la campaña 2001-02.

Son pocas las referencias bibliográficas encontradas que describen la evolución del consumo máximo de oxígeno ($VO_2\max$) en especialistas forestales, estimado a través de la Prueba del banco. Brotherhood y cols.(1999) sometieron a un grupo de 34 bomberos a la realización de la Prueba del Banco, obteniendo un resultado ($46,35 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) que no difiere mucho del resultado obtenido en nuestro estudio, con un valor medio de $51,03 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. Si bien, se debe recalcar que en base a este estudio, se ha apreciado que la toma manual de las pulsaciones (Figura 2) infravalora sustancialmente la capacidad de trabajo máxima de los especialistas determinada en prueba de esfuerzo, por lo que se pudiera estar excluyendo a personas que siguen estando capacitadas para el desempeño de su trabajo. A su vez, los resultados muestran que la toma de pulsaciones mediante pulsómetro se aproxima más al $VO_2\max$ real registrado en prueba de esfuerzo, aunque sigue presentando diferencias significativas. La toma manual de las pulsaciones presenta diferencias significativas respecto a la toma con pulsómetro (Figura 2) y que, por tanto, infravalora la capacidad aeróbica máxima que estima indirectamente este test. La Course Navette presentó diferencias en el $VO_2\max$ respecto de la prueba de esfuerzo.

Tanto la Prueba del Banco como la Course Navette (fundamentada en la carrera) son pruebas no específicas de las labores realizadas por el P.E.E.I.F., empleadas, sin embargo, en pruebas de selección para detectar la aptitud física a través de mínimos definidos de capacidad aeróbica máxima. Esta falta de especificidad hace que no se contemplen otros aspectos como la adaptación específica o aclimatación necesaria para optar a este puesto de trabajo.

Además de la valoración de la capacidad aeróbica, a este grupo de población se le realizó otras pruebas tendentes a valorar la capacidad física específica de los sujetos, a través del Pack Test (Sharkey et al, 1996).

Los resultados obtenidos de capacidad aeróbica exigida (Tabla 3) durante el Pack Test, muestran unos valores medios en nuestro estudio de $30,82 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, lo se supone un 55% de su máxima capacidad de esfuerzo determinada en prueba de esfuerzo, valores medios que se asemejan a la intensidad que se mantiene durante la extinción de incendios forestales, $22,83 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ (Ruby et al, 2002).

6. Conclusiones

La aplicación de programas de entrenamiento físico específico sobre el Personal Especialista en Extinción de Incendios Forestales es beneficioso para la mejora de la eficiencia laboral y la seguridad individual, ya que a través de la valoración de la condición física en relación con la salud realizada, se ha podido constatar la mejora en todas las cualidades analizadas.

El registro de la intensidad del esfuerzo desarrollado por el PEEIF durante la extinción de incendios forestales (frecuencia cardiaca, deshidratación, temperaturas soportadas, fatiga,...) determinan una carga de trabajo elevada y que por tanto, requiere de una buena condición física que permita afrontarla con suficientes garantías y con menor riesgo para la salud.

La Prueba del Banco, por su carácter inespecífico, pudiera estar excluyendo a aspirantes para este puesto de trabajo ya que, como se ha observado en los resultados, infravalora la capacidad aeróbica real de los mismos. A su vez, una monitorización de la FC durante la realización del test, aproximaría el resultado a la realidad aeróbica del sujeto. Además, diversos factores pueden alterar el resultado del test, como son la edad, la ansiedad o la altura del aspirante.

El test de Course Navette no presentó diferencias significativas respecto de la prueba de esfuerzo, por lo que es apropiada para valorar la condición física en relación con la salud del PEEIF.

El Pack Test es una alternativa fiable, ya que, en base a los resultados obtenidos, es la que tiene una mayor especificidad y permite ser superada por los diferentes grupos de edad analizados, requiriendo una intensidad media durante el test semejante a la exigida en el trabajo desarrollado durante un incendio forestal.

7. Agradecimientos

Agradecer al PEEIF su total confianza y desinteresada participación en este proyecto I+D+i “Factores Condicionantes del Rendimiento Físico del Personal Especialista en Extinción de Incendios Forestales”, desarrollado por la empresa TRAGSA en colaboración con la Mutua de Accidentes de Trabajo y Enfermedades Profesionales de la Seguridad Social Fraternidad-Muprespa, la Universidad de León y la Empresa de Gestión Medioambiental (EGMASA) y con el apoyo de la Dirección General de Medio Natural y Política Forestal del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

8. Bibliografía

American College of Sports Medicine (ACSM); (1998). 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*; 30:975-991.

Apud, E. (2002). Ergonomía en el combate de incendios forestales. Universidad de Concepción. Chile.

Brotherhood, JR.; Budd, GM.; Hendiré, AL.; Jeffery, SE.; Beasley, FA.; Costin, BP.; Zhien, W.; Baker, MM.; Cheney, NP.; Dawson, MP.; (1999). Project Aquarius 2. Limitations of

maximum oxygen uptake for predicting the strains of building fireline with a rakehoe. *Int J Wildland Fire*; 7:77-85.

Cherril, L.; Evaluación de la Flexibilidad. En Duncan, J.; (1995): Evaluación Fisiológica del deportista. 381-437. Barcelona.

Gaskill, SE.; Ruby, BC.; Heil, DP.; Sharkey, BJ.; Slivka, D.; Lankford, E.; (2003). Seasonal changes in wildland firefighters aerobic fitness. *Med Sci Sports Exerc*; 35(5) S131.

Heil, DP.; (2002). Estimating energy expenditure in wildland fire fighters using a physical activity monitor. *Appl Ergon*; 33: 405-413.

Kales, SN.; Soteriades, ES.; Christophi, CA.; Christiani, DC.; (2007). Emergencies duties and deaths heart disease among firefighters in the United States. *N Eng J Med*; 356 (12): 1207-1215.

Lankford, DE.; Gaskill, SE.; Ruby, BC.; Heil, DP.; Sharkey, BJ.; (2003). Influence of submaximal VO₂ at ventilatory threshold on self-selected work rate during wildland firefighting. *Med Sci Sports Exerc*; 35:S210.

Lankford, DE.; Gaskill, SE.; Ruby, BC.; Heil, DP.; Sharkey, BJ.; (2003). Influence of submaximal VO₂ at ventilatory threshold on self-selected work rate during wildland firefighting. *Med Sci Sports Exerc*. 35(5) S1: 210.

Lucía, A.; Hoyos, J.; Carvajal, A.; Chicharro, JL.; (1999). Heart rate response to professional road cycling: the Tour de France. *Int J Sports Med*; 20:167-172.

Maughan, RJ.; Shirreffs, SM.; Watson, P.; (2007). Exercise, heat, hydration and the brain. *J Am Nut*; 26:604-612.

Maw, GJ.; Boutcher, SH.; Taylor, NA.; (1993). Ratings of perceived exertion and affect in hot and cool environments. *Eur J Appl Physiol*; 67:174-179.

McInnis, K.; Balady, GJ.; (1994). Comparison of submaximal exercise responses using the Bruce versus modified Bruce protocols. *Med Sci Sports Exerc*; 26:103-107.

Roberts, MA.; O'Dea, J.; Boyce, A.; Mannix, ET. ; (2002). Fitness levels of firefighter recruits before and after a supervised exercise training program. *J Strength Cond Res*; 16: 271-277.

Ruby, BC.; Shriver, TC.; Zderic, TW.; Sharkey, BJ.; Burks, C.; Tysk, S.; (2002). Total energy expenditure during arduous wildfire suppression. *Med Sci Sports Exerc*; 34(6): 1048-1054.

Selkirk, GA.; McLellan, T.M.; (2003). Physical Work limits for Toronto Firefighters in Warm Environments: Defining the problem and Creating Solutions. DRDC Toronto ECR 2003-112.

Sharkey, B.; Rothwell, T.; (1996). Validation and field evaluation of a work capacity test for wildland firefighters. *Med Sci Sports Exerc*; 28(5) S79.

