

SOBREESFUERZO EN PERSONAL ESPECIALISTA EN EXTINCIÓN DE INCENDIOS FORESTALES (P.E.E.I.F.)

Ana Belén Carballo Leyenda¹, M^a Concepción Ávila Ordás², Jorge López Satué³, Raúl Pernía Cubillo³, Jose A. Rodríguez-Marroyo¹, José Gerardo Villa Vicente¹.

¹Grupo de Investigación VALFIS, Dpto. de Educación Física y Deportiva e Instituto de Biomedicina de la Universidad de León.

²Mutua Fraternidad-Muprespa.

³Empresa de Transformación Agraria S.A. (TRAGSA).

Dirección para correspondencia:

Dr. José Gerardo Villa Vicente. E-mail: jg.villa@unileon.es

Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte.

Campus Universitario Vegazana. Universidad de León. 24071 León (España).

Si bien entre los recursos humanos integrantes en la extinción participan conductores de maquinaria pesada terrestre o pilotos de medios aéreos, el análisis del esfuerzo tipo en este sector laboral se centra en P.E.E.I.F. Este colectivo se caracteriza por actuar directamente en las labores de extinción en primera línea, mediante el uso de herramientas ligeras que ellos mismos transportan. Se agrupan en cuadrillas de número y composición variable, generalmente 8 (Porrero, 2000).

El interés de la empresa de Transformación Agraria S.A. (TRAGSA) como de la Mutua Fraternidad-Muprespa en promover la investigación de los riesgos, desafíos y factores condicionantes de las formas de trabajo que pueden afectar a la salud de sus trabajadores, con el objeto de mejorar sus condiciones de trabajo, garantizar la seguridad de los mismos y redundar en su bienestar laboral dio lugar a que suscribieran y pusieran en marcha, durante el cuatrienio 2006-09, con el apoyo del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, el Proyecto I+D+i CREIF para que lo desarrollara el Grupo de Investigación VALFIS (Valoración de la Condición Física en relación con la salud, el entrenamiento y el rendimiento deportivo) del Dpto de Educación Física y Deportiva y del Instituto de Biomedicina de la Universidad de León, y cuya pretensión es analizar y conocer los factores condicionantes del rendimiento del P.E.E.I.F., y cuyos objetivos generales y específicos (Tabla 1) se contextualizan en un marco de prevención y protección del P.E.E.I.F. A partir del verano del 2008 se ha incorporado al mismo la Empresa de Gestión Medioambiental S.A. (EGMASA).

| |
|--|
| 1. Análisis y medición del tipo de esfuerzo físico desarrollado por el P.E.E.I.F. |
| 2. Análisis y valoración de los Equipos de Protección Individual (E.P.I.). |
| 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 P.E.E.I.F., a través de la aplicación de planes de entrenamiento físico específicos |

Tabla 1. Objetivos generales del Proyecto I+D+i CREIF “Estudio de los factores condicionantes del rendimiento del P.E.E.I.F. de las Empresas TRAGSA y Mutua Fraternidad, al que se ha incorporado la Empresa EGMASA, con el apoyo de del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Junta de Comunidades de Castilla la Mancha, y en colaboración par su desarrollo con la Universidad de León (Grupo de Investigación VALFIS del Dpto de Educación Física y Deportiva y el Instituto de Biomedicina).



Foto 1. P.E.E.I.F. realizando prueba de esfuerzo en tapiz rodante en Laboratorio de Valoración de la Condición Física de la Universidad de León.

Se estima que actualmente son unas 40.000 personas las que se dedican, aunque sea de forma temporal, a la extinción de incendios forestales en España, integrados en retenes, Cuadrillas de Acción Rápida (C.A.R), Brigadas de Incendios Forestales (B.R.I.F), y de los que una parte (3.250 son personal de TRAGSA), realizando un tipo de esfuerzo considerado tanto trabajo estático y/o dinámico según Normas Técnicas de Prevención del Instituto Nacional de Higiene y Seguridad en el Trabajo (INHST, NTP-177, 1986).

En el trabajo dinámico, la frecuencia cardiaca (FC), la ventilación, y el consumo de oxígeno (VO_2) aumentan en relación directa a la intensidad del trabajo. En cambio, la resistencia muscular en el trabajo estático no es vencida, o no interesa que lo sea (por ejemplo, en el mantenimiento postural) generando fatiga y sobreesfuerzo. (Smolander y Louhevaara, 2001). Cuando la carga de trabajo muscular supere la capacidad física del trabajador supondrá un sobreesfuerzo, puntual o mantenido y reiterativo que se manifestará como una fatiga muscular aguda o crónica, local o general, y que puede conllevar a patologías osteomusculares, (Lipscomb, 2002; Karlqvist, 2004), como aumentar el riesgo de accidente laboral (Wu y Wang, 2002; Kivimäki y Lusa, 1994), además de disminuir la productividad y calidad del trabajo (Apud, 2005). Sobreesfuerzo físico laboral generado en función de 3 factores (independientes o no): el *número de*

veces que se repite el movimiento, con o sin carga; la presión ejercida sobre determinados segmentos corporales debido a la posición adoptada o por sustentación de una carga; y el mantenimiento prolongado de condiciones biomecánicas irregulares en determinados momentos de la jornada laboral (Instituto Aragonés de Seguridad y Salud Laboral, 2001).

Los sobreesfuerzos están en la génesis del 20-25% de los accidentes laborales, malas posturas y microtraumatismos repetidos, siendo las patologías músculo-esqueléticas una de las principales causas de absentismo laboral (con una media anual superior a los dos meses), siendo la más frecuente los traumatismos, con el 21% (Dirección General de Trabajo y Prevención de Riesgos Laborales, Junta Castilla y León, 2002). El 52% de los incendios de estructuras cursan con daños a los bomberos que desarrollaban labores de extinción, representando las quemaduras “sólo” un 10%, mientras que los daños por sobreesfuerzo ascienden al 22% (Karter y Leblanc, 1995). Esto pone de manifiesto la importancia de cuantificar y valorar específicamente en cada sector laboral no sólo la carga física a la que se someten los trabajadores, sino también su grado de condición física para desarrollarla (López-Satué y cols, 2007), habida cuenta de que éste binomio se constituye como un factor de riesgo relevante en patologías por sobreesfuerzo del ámbito de los traumatismos músculo-esqueléticos o de la fatiga crónica. El Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (2006) cifró en 74 las víctimas mortales entre 1997 y 2006 (de los que 62 corresponden a P.E.E.I.F., y a los que hay que sumar un total de 686 heridos).



Foto 2. P.E.E.I.F. con traumatismo laboral

Analizar la intensidad del esfuerzo midiendo VO_2 o estimándolo mediante monitorización de la FC permite medir el gasto energético (Kcal) (ACSM, 1998; Apud y cols., 2002; Villa y cols., 2007) de hecho la norma ISO 8996:1990 clasifica la demanda del trabajo en función del VO_2 (Tabla 2-A). El Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo diferencia 3 tipos de trabajo (Tabla 2-B), admitiéndose que para

un esfuerzo físico profesional repetido diariamente, el gasto energético no debería sobrepasar las 2000-2500 Kcal/día.

| CRITERIOS DE CLASIFICACION DEL TRABAJO | | | |
|--|---------------|---|-------------|
| (A) En función del VO ₂ (ISO 8996:1990) | | (B) En función del gasto energético (metabolismo de trabajo) en Kcal/jornada 8h (NTP-177,INSHT) | |
| Ligero | < 0,5 l/min | Ligero | < 1600 |
| Moderado | 0,5 – 1 l/min | Medio | 1600 - 2000 |
| Pesado | 1 – 1,5 l/min | Pesado | > 2000 |
| Muy pesado | 1,5 – 2 l/min | | |
| Extremadamente Pesado | > 2 l/min | | |

Tabla 2. Criterios de clasificación del trabajo. (A) En función del consumo de oxígeno: ISO 8996:1990 “Ergonomía. Determinación de la producción de calor metabólico”. (B) En función del gasto energético para jornadas de 8 horas (NTP-177, INSHT).

Además, el monitorizar la FC nos permite conocer la FC de reposo (FCR) (INSHT, NTP-295, 1992), la FC media de trabajo (FCM); el Coste Cardíaco absoluto: $CCA=FCM-FCR$ (analiza la tolerancia individual del trabajador frente a una tarea determinada, informando aproximadamente de la carga física de un puesto de trabajo); el Coste Cardíaco Relativo o Carga Cardiovascular: $CCR=CCA/(FCMT-FCR)$, Índice de Karvonen (Goldberg y cols., 1988) (que informa de la adaptación del sujeto a su puesto de trabajo al considerarse el principal parámetro para evaluar la carga física que le supone al trabajador el desarrollo de su trabajo, y donde FCMT es Frecuencia Cardíaca Máxima Teórica (220-edad en años); y la Aceleración de la FC: $\Delta FC=FCMT-FCM$. Según recoge el INHST estos parámetros permiten categorizar el trabajo dinámico según la carga física que representa (Tablas 3 y 4). Si bien inicialmente se recomendó un límite de la carga de trabajo relativa o carga cardiovascular que no superara el 50% para una jornada laboral de 8 horas, actualmente se establece en el 30-35 %, (Astrand, 1992; Ilmarinen, 1992).

| <i>Demanda cardiaca</i> | <i>FCM</i> | ΔFC |
|--------------------------------|-------------------|-------------------------------|
| Importante | > 110 | > 30 |
| Soportable | 100 a 110 | 20 a 30 |
| Aceptable | < 100 | < 20 |

Tabla 3. Criterio sencillo de Frimat para la clasificación de la demanda cardiaca de un puesto de trabajo en fases cortas. NTP 295. INSHT. (FCM = frecuencia cardiaca media; ΔFC = incremento de frecuencia cardiaca)

| COEFICIENTE DE PENOSIDAD | | | | | |
|---------------------------------|---------|---------|---------|---------|------|
| | 1 | 2 | 4 | 5 | 6 |
| FCM | 90-94 | 95-99 | 100-104 | 105-109 | >110 |
| ΔFC | 20-24 | 25-29 | 30-34 | 35-39 | >40 |
| FCMT | 110-119 | 120-129 | 130-139 | 140-149 | >150 |
| CCA | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 |
| CCR | 10% | 15% | 20% | 25% | 30% |

La determinación de la puntuación se efectuará mediante la suma de los coeficientes correspondientes a los cinco parámetros medidos (FCM, ΔFC, FCMT, CCA, CCR). *Valoración de las puntuaciones:*

25 puntos :*extremadamente duro* 20 puntos: *penoso* 12 puntos: *muy ligero*
24 puntos: *muy duro* 18 puntos: *soportable* <=10 puntos: *carga física mínima*
22 puntos: *duro* 14 puntos: *ligero*

Tabla 4. Criterio de Chamoux para la clasificación de la demanda cardiaca de un puesto de trabajo, en jornada de 8 horas. NTP 323. INSHT.

El trabajo del P.E.E.I.F. en el dispositivo de extinción está subordinado al comportamiento del fuego (Martínez, 2000) el cual está supeditado tanto al tipo de formación vegetal, de la que dependerá la inflamabilidad (Elvira y Hernando, 1989) y la combustibilidad del mismo (Anderson, 1982; Rothermel, 1983), como a factores topográficos (la pendiente) (Mérida, 2000) y factores no controlables por el hombre, aunque sí predecibles, como las condiciones ambientales: temperatura, humedad relativa del aire, y velocidad del viento (Rothermel, 1983; Trabaud, 1992).



Foto 3. P.E.E.I.F. trabajando en pendientes y condiciones adversas.

Básicamente si el fuego es incipiente y desprende poco calor y humo se empleará en su extinción el Método de Ataque Directo, que emplea herramientas de sofocación, las cuales desplazan el oxígeno, ya sea impidiendo la combustión mediante el uso del batefuegos directamente sobre la llama, o lanzando tierra con el palín u otra herramienta (trabajo duro al implicar un desgaste físico importante con movimiento de flexión del tronco y elevación y flexión de las extremidades superiores). Si la disponibilidad lo permite, lo más efectivo es enfriar directamente la llama mediante agua, para lo que es necesario realizar tendidos de manguera desde motobombas o emplear la mochila extintora de más de 20 kg que portan en su espalda.



Foto 4. P.E.E.I.F. trabajando con batefuegos en ataque directo.

El Método de Ataque Indirecto se emplea cuando existe riesgo excesivo para el P.E.E.I.F., bien porque la propagación del fuego sea rápida, exista peligro de focos secundarios (Martínez, 2002), la topografía sea abrupta y la vegetación densa (Aguirre y cols., 2006), o el calor y el humo desprendido por el fuego impiden el trabajo próximo a las llamas (Hendrie y cols., 1997). Este método consiste en aislar el combustible de las llamas, eliminándolo en fajas de anchura variable hasta el dejar al descubierto el suelo mineral (“crear líneas de defensa”) empleando para ello herramientas de corte, raspado o cavado; o bien impregnado el combustible con productos químicos que retardan o impiden la combustión del material vegetal, llamados cortafuegos químicos (Martínez, 2002).



Foto 5. P.E.E.I.F. trabajando en ataque Indirecto con herramientas de raspado para crear una línea de defensa.

El método indirecto supone un gran esfuerzo. El factor repetitividad de movimientos se centra especialmente en brazos. El mantenimiento postural conlleva que el trabajo estático sea importante sobre todo centrado en las piernas y zona dorsolumbar del trabajador.



Foto 6. P.E.E.I.F. en descanso portando EPI y mochila extintora.

Carga física del P.E.E.I.F.

En bomberos de estructuras la extinción de incendios implica una alta demanda física (Smith et al., 2001a, 2001b; Holmer and Gavhed, 2007). El rescate de víctimas, las actuaciones en presencia de humo portando el aparato de respiración autónoma, la extinción de llamas... implican frecuencias cardiacas en estudios experimentales de 170 ppm, o entorno al $90\pm 5\%$ de la FCMT, y valores de VO_2 de $3,5 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ (Eglin, 2007; Holmer y Gavhed, 2007). Esta demanda física también está documentada para el P.E.E.I.F. (Heil y cols., 2002; Ruby y cols., 2002;), siendo más alta de lo esperado, como confirman los trabajos de Sharkey en la Universidad de Montana (USA), o los de Aisbett en la Universidad de Melbourne (Australia), los de Apud en la Universidad de Valparaíso (Chile) o nuestros recientes trabajos en el marco del proyecto I+D CREIF (López-Satué y cols., 2008 Villa y cols., 2007b; Rodríguez-Marroyo y cols., 2007).

Para cuantificar la intensidad de esfuerzo realizado por el P.E.E.I.F. se utiliza la carga cardiovascular, constatándose FCM en incendios reales de ~ 115 ppm (i.e., 40-50% de carga cardiovascular) (Apud y cols., 2002), resultado que difiere ligeramente de los datos obtenidos por nuestro Grupo de Investigación en los 84 incendios forestales en los que intervinieron las 4 BRIF en la campaña 2007 en el marco del proyecto I+D CREIF (Tabla 5), en los que se obtuvo una FCM de 128 ppm (i.e., 50% de la Fc de reserva) (López-Satué y cols., 2008; Villa y cols., 2007b; Rodríguez-Marroyo y cols., 2007).

Nuestros resultados muestran que la FCM, indicadora de intensidad de esfuerzo, es significativamente menor a media que el incendio es de mayor duración, si bien sigue siendo lo suficientemente alta para que en esfuerzos de larga duración sustente la alta dureza de los mismos, como se muestra en su repercusión en la carga cardiovascular. De hecho, paradójica y significativamente alcanza valores de FC máxima más altos (de

hasta 176 y 178 ppm o entorno al 90% de FCT) en los incendios de mayor duración (180 a 600 min). Además, independientemente de su duración, la carga cardiovascular fue mayor al 44% en todos, superando los límites recomendables por INSHT (NTP-295). A medida que los incendios tienen más duración, el gasto energético aumenta significativamente, llegando a consumos energéticos muy altos de 2.028 kcal en incendios de 300-600 min, (es decir, entre 4 y 7 kcal/min, y momentos de 10-12 Kcal/min), siendo categorizados como de intensidad muy alta (Heil y cols., 2002; Apud y cols., 2002). Es decir, atendiendo al criterio de Frimat (Tabla, 3; INHST, NTP-295) la demanda cardíaca es muy importante y, atendiendo al criterio de de Chamoux (Tabla 4, INSHT, NTP-295), el Coeficiente de Penosidad del esfuerzo del P.E.E.I.F. es extremadamente duro.

| <i>Duración</i> | <i>Fc media (ppm)</i> | <i>Fc máxima (ppm)</i> | <i>Carga cardiovascular (%)</i> | <i>Kcal</i> |
|--------------------|-----------------------|------------------------|---------------------------------|-----------------|
| 0-60 min (n=26) | 133,45±1,08 §† | 169,85±0,95‡§† | 54,40±0,8 ‡§† | 328,56±11,30 §† |
| 60-180 min (n=31) | 130,90±0,96 §† | 175,39±0,84 | 52,20±0,76 §† | 832,16±27,10 §† |
| 180-300 min (n=17) | 126,27±1,47 † | 178,7±1,21 | 49,1±1,09 † | 1451,19±49,8 † |
| 300-600 min (n=10) | 120,10±1,75 | 176,12±1,60 | 44,52±1,29 | 2028,72±95,45 |

Tabla 5. Frecuencia cardíaca media (FCmed), máxima (FCmax), carga cardiovascular y gasto energético (kilocalorías) consumidas en 84 tipos de incendios forestales. (n = N° de incendios forestales analizados de dicha duración). ‡, diferencias significativas con los incendios de 60-180 min (p<0.05). §, diferencias significativas con los incendios de 180-300 min (p<0.05). †, diferencias significativas con los incendios de 300-600 min . Valores expresados como media±E.E.M

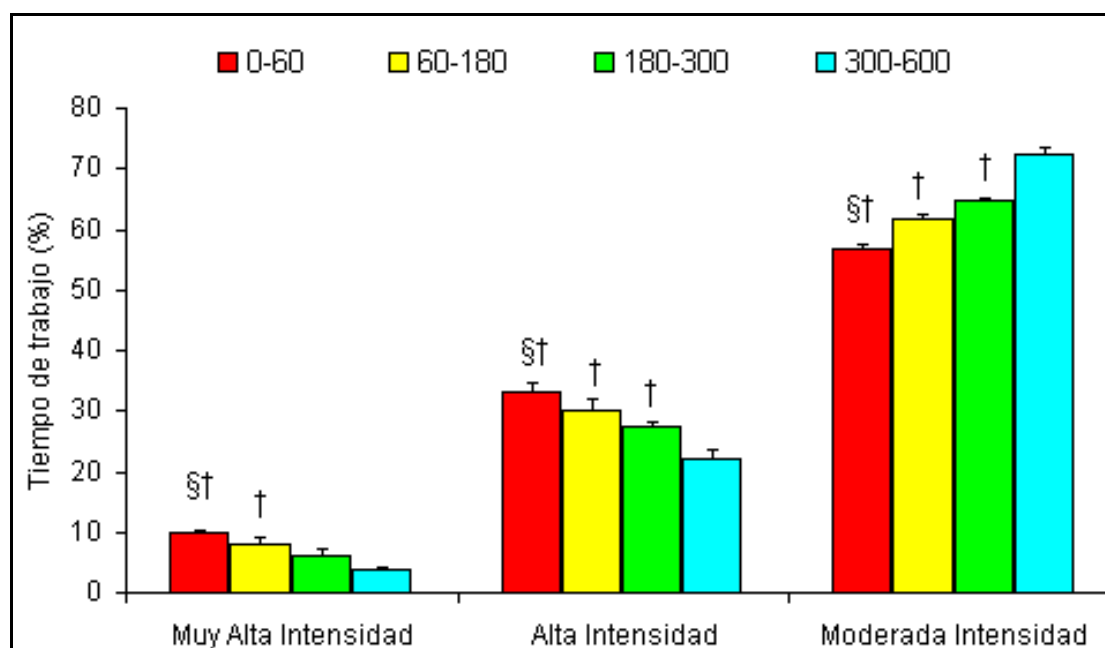


Figura 1. Porcentaje del tiempo en que se encuentran a los niveles de intensidad registrada en los incendios forestales en función de la duración del trabajo del P.E.E.I.F. en la extinción. . §, diferencias significativas con los incendios de 180-300 min (p<0.05). †, diferencias significativas con los incendios de 300-600 min . Valores expresados como media ± EEM.

En la Figura 1 mostramos (proyecto CREIF) el porcentaje del tiempo de trabajo real de las BRIF en incendios forestales en función de la intensidad de esfuerzo: moderada (por debajo de la cual se considera que el esfuerzo es normal, dependiendo de la duración del mismo y de los periodos de recuperación para descanso y posible rehidratación y avituallamiento); o intensidad alta o muy alta (que superan las intensidades recomendadas e implican una alta carga física o sobreesfuerzo). En intensidad moderada están el 58%, 62%, 66% y 72% del tiempo en incendios de duración menor de 1 h, de 1-3 h, de 3 a 5h, y de 5 a 10 h respectivamente (Figura 1). En esfuerzos de intensidad alta están entre el 35% del tiempo en incendios <1h y el 22% en los >5-10h; y en los esfuerzos de muy alta intensidad permanecían entre el 10% del tiempo en incendios <1h y el 3% en los >5-10h. Situaciones de sobreesfuerzo relevantes si consideramos que para un incendio de duración media de 240 min (4 h), el P.E.E.I.F. trabaja un 28% del tiempo a intensidades altas (67 min) y un 7% a muy altas (17 min); es decir casi 1,5 h (84 min) trabaja a intensidades de carga física de sobreesfuerzo, para el cual han de precisarse una preparación específica como método de prevención de riesgos laborales (Pernía y cols., 2008; López-Satué y cols., 2007; Kales y cols 2007).

A partir de la FC se han estimado valores de VO_2 de $\sim 30 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ (i.e., 50-60% del $VO_{2\text{max}}$) (Sharkey, 1999) en quemas experimentales. No obstante, el VO_2 estimado mediante la monitorización de la frecuencia cardiaca puede ser sobreestimado debido a que la FC durante los incendios se ve influenciada no sólo por la intensidad del esfuerzo sino también por el estrés, la hipertermia o la deshidratación que inducen la deriva de la frecuencia cardiaca (Eglin y Tipton, 2005). Factores éstos que van a suponer, junto al trabajo meramente muscular, un aumento de la carga física que supone la tarea de extinción, conllevando un sobreesfuerzo y disminuyendo el rendimiento del trabajador, aumentando su fatiga y poniendo en riesgo su salud.

En el análisis de la influencia del modo de ataque Directo o Indirecto, resultados del proyecto CREIF (Figura 2) muestran que el 65% del tiempo de esfuerzo del P.E.E.I.F. en labores de extinción lo realiza a intensidades moderadas, pero que un 25% lo hace a intensidades altas y casi un 10% a intensidades muy altas (es decir, un 35% a una carga física y cardiovascular de sobreesfuerzo). Sobreesfuerzo e intensidad de esfuerzo que es mayor en el ataque Directo (55% de moderada frente a 35% + 10% de alta y muy alta) que en el Indirecto (77% de moderada frente a 19% y 4% de alta y muy alta), lo cual es

seguro que está condicionado por factores térmicos y termorreguladores que, si no se consideran y controlan, pueden poner en peligro hasta la propia vida del P.E.E.I.F. (Kales et al, 2007).

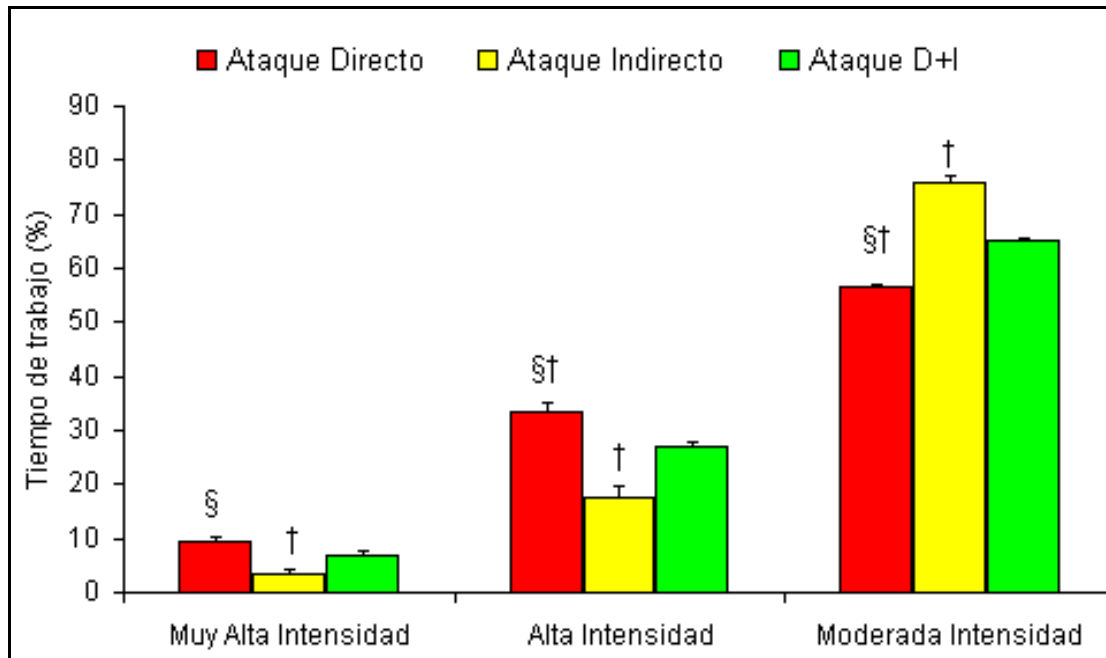


Figura 2. Porcentaje de trabajo en las 3 zonas de intensidad analizadas en función del tipo de ataque durante la extinción de incendios forestales. §, diferencias significativas ataque indirecto ($p < 0.05$). †, diferencias significativas con ataque D+I. Valores expresados como media \pm EEM.

Para entender el esfuerzo propio de este sector laboral, y la necesidad de realizarlo con métodos, protocolos y recursos de prevención de riesgos laborales específicos, hay que analizar los factores condicionantes del rendimiento en la extinción de incendios forestales (finalidad del proyecto CREIF), ya que el P.E.E.I.F. realiza su trabajo en condiciones adversas que directamente influyen no sólo en la respuesta humana al combate del fuego sino en el riesgo laboral (Apud, 2002; Eglin, 2007). Entre éstas destacan su exposición a altas temperaturas (Rossi, 2003) y al calor radiante (Hendrie y cols., 1997b); la inhalación de humos y partículas (Sharkey, 2002; Austin., 2008); la necesidad y obligatoriedad de llevar puesto un obligado equipo de protección individual (EPI) integrado por traje ignífugo, guantes, botas y casco (Lawson y cols., 2004); el trabajar con herramientas manuales y portarlas durante la fase de aproximación al incendio (lo cual supone, en algunos casos, marchas de más de 45 minutos en terreno abrupto con un sobrepeso de 23kg). Factores que, tanto aisladamente como sobre todo en conjunto, incrementan gasto energético, ritmo cardíaco, tasa de sudoración que pueden derivar con mayor facilidad en sobre esfuerzo y fatiga crónica, accidentes y, en raras ocasiones, incluso la muerte (Kales y cols, 2007; Aisbett y cols., 2007). Por ello,

el estudio de todos los parámetros que conlleven sobreesfuerzo y su repercusión sobre la capacidad de trabajo son de vital importancia a fin de minimizar al máximo los riesgos a los que se ve expuesto el PEEIF (Pernía y cols., 2008; Aisbett y Nichols, 2007; Villa y cols., 2007b;).

Este contexto inductor de sobreesfuerzo no sólo depende de la intensidad de esfuerzo, sino también de la influencia de la tensión por calor, de los EPI, la deshidratación y avituallamiento en el mismo, o simplemente de la influencia de programas de preparación física específica como medida efectiva de acondicionamiento para el esfuerzo (López-Satué y cols, 2007) (que reduce la sobrecarga cardiovascular y el riesgo y siniestralidad por lesiones (Pernía y cols., 2008), además de mejorar la productividad (y, por lo tanto, reducir el tiempo de exposición), de prevención de riesgos laborales y de mejora de la salud y bienestar laboral del P.E.E.I.F.



Foto 9. P.E.E.I.F. con necesidad de rehidratación

Tensión por calor y trajes de equipos de protección individual (EPI)

Si bien los bomberos de estructura pueden estar expuestos, a temperaturas del aire de entre 60-300 °C y a flujos de calor radiante de entre 8 y 20 kW/m² (ISO 16073, 2006) las condiciones de trabajo en incendios forestales no suelen ser tan extremas ya que ocurren a cielo abierto y la carga energética aportada por las llamas se ve rápidamente dispersada en la atmósfera (Arnaldos, 2004). El P.E.E.I.F., como hemos medido en el proyecto CREIF, suele estar expuesto en incendios reales en España a 65.3°C de temperatura máxima ambiental y 36.96°C de temperatura media (Avila y cols., 2008).



Foto 10. P.E.E.I.F. expuesto a temperaturas extremas

Los flujos de calor radiante que el personal de extinción recibe de las llamas varía en promedio entre 1 y 8 kW/m² (ISO 16073, 2006). Un mismo esfuerzo en condiciones ambientales de 35°C incrementan un 11% la frecuencia cardiaca respecto al realizado a 22°C (Lafrenz y cols 2008); o se incrementa 37 pulsaciones por minuto cuando la temperatura ambiental aumenta de 14 a 90°C en pruebas experimentales con bomberos de estructura en tan sólo 16 minutos de duración (Smith y cols en 1997). Incrementos que conducen a sobre esfuerzo, y que son resultado no sólo del aumento de la mayor demanda de flujo sanguíneo en los músculos activos sino también de la mayor circulación cutánea como respuesta termorreguladora al aumento de la carga térmica impuesta por el trabajo físico y las condiciones ambientales (Eglin, 2007).

Respuesta termorreguladora que activa varios mecanismos fisiológicos para prevenir una elevación excesiva de la temperatura corporal y mantenerla dentro del rango 36-38°C, considerado como normal para exposiciones laborales (NIOSH, 1986). La serie de mecanismos fisiológicos (radiación, convección y evaporación del sudor) que tiene el organismo para poder contrarrestar los efectos de la carga térmica ambiental y del trabajo se denomina tensión fisiológica por calor (Petruzzello y cols., 2009) y produce un incremento de la frecuencia cardiaca en comparación con el mismo trabajo realizado en ambientes termoneutros. Ahora bien, la mayor pérdida de calor se produce por la evaporación del sudor.

Otro factor que contribuye al sobre esfuerzo en la carga de trabajo laboral es el EPI, obligatorio desde la promulgación de la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales. Según la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR) este tipo de ropa está especialmente diseñada para frenar la entrada de calor radiante (AENOR, UNE-EN340, 2004) y convectivo (AENOR, UNE-EN367, 1994) del exterior, además de no arder al contacto con la llama (AENOR, UNE-EN531, 1998). Dichos tejidos pueden ser de origen sintético (variantes del nylon tipo Aramid, Nomex o Kevlar,..) así como naturales (algodón ignífugo).

Esta característica que protege al sujeto, pero que impide la eliminación correcta del calor interno generado al interferir la evaporación del sudor (Budd, 2001; Eglin, 2007),

llega a incrementar la FC y el VO_2 un 11% y 17% cuando se compara correr a 7 km/h con EPI o en camiseta y pantalones de deporte en pruebas de bomberos de estructuras (Baker y cols, 2000). El aislamiento térmico que la ropa ofrece al intercambio de calor (representado por I_{cl} o R_{tc}) depende del espesor de las capas de tejido y de la naturaleza propia del mismo. No obstante, el EPI usado por el P.E.E.I.F. no parece tan restrictivo en cuanto al intercambio de calor (Budd, 2001), ya sea exterior o bien generado por el metabolismo, ya que alcanza un nivel de aislamiento térmico de 1,21 Clo (Raimundo y Figueiredo, 2006), mientras que el EPI utilizado por bomberos de estructuras alcanza los 3 Clo (Goldman, 1990; Taylor, 2006).



Foto 11. Prueba de esfuerzo en el laboratorio de valoración de la condición física para análisis de la tensión fisiológica y el estrés térmico inducida por los tipos de EPI.

Como las condiciones de trabajo en incendios forestales no son tan extremas como en incendios de estructuras, y las cargas de trabajo vienen impuestas principalmente por el trabajo muscular, más que por el hecho de trabajar en calor, la carga térmica que sufre un sujeto corresponde en un 70% al trabajo físico y en un 30% a la carga externa propia del entorno de trabajo (Hendrie y cols., 1997; Budd, 2001). Por lo tanto lo ideal para el P.E.E.I.F. es llevar una ropa de protección que proteja del ambiente exterior adverso pero que también a su vez permita una buena eliminación del calor corporal generado (Baker y cols., 2000; Budd, 2001; Eglin, 2007), lo cual es un objetivo que estamos evaluando en el marco del proyecto I+D CREIF.

Hidratación

Alteraciones en el equilibrio hidro-electrolítico por sudoraciones profusas inducidas por el trabajo arduo ante altas temperaturas pueden conducir a deshidratación y reducir la capacidad del P.E.E.I.F. para tolerar un trabajo prolongado (McArdle y cols., 2001; Apud y cols., 2002). En estas condiciones, y con límites que varían dependiendo de factores individuales y de aclimatación, las pérdidas de agua corporal implican, en mayor o menor grado, un sobreesfuerzo exponencial con disminución del rendimiento en el trabajo, condicionado en primer lugar por la afectación cardiovascular como lo

indica una elevación desproporcionada del ritmo cardíaco, y en segundo lugar por el deterioro funcional de músculos y tendones, debido a que el aumento de temperatura muscular altera la estructura normal de las proteínas contráctiles y del colágeno, con riesgo de lesiones musculotendinosas. Además, deshidrataciones del 3% del peso corporal puede estar en la génesis de contracturas y calambres musculares, junto a un aumento del riesgo de lipotimia; si llegan al 5% hay mayor riesgo de lesiones musculotendinosas; deshidrataciones del 8% del peso corporal provoca la contracción sostenida del músculo sin posibilidad de relajación; y del 10% comportan un riesgo vital (Barbany, 2002; McArdle y cols., 2001;González Alonso y cols., 1995; Maughan y Gleeson, 2004).



Foto 12. P.E.E.I.F. sometido en laboratorio a prueba de esfuerzo a 30°C y 30% de humedad relativa durante 2 horas analizándose temperatura central y tasa de sudoración.

En resumen, la labor de extinción de incendios forestales por el P.E.E.I.F. se constata como un trabajo principalmente dinámico y que demanda una alta carga de trabajo, que puede conducir a sobreesfuerzos puntuales (fatiga aguda o subaguda) o mantenidos (fatiga crónica), ya no sólo por las características propias del esfuerzo muscular en si, sino también por las condiciones adversas orográficas, térmicas, ergonómicas, y de estrés emocional, en las que éste se lleva a cabo. El esfuerzo laboral realizado con herramientas manuales en condiciones de tensión por calor y deshidratación conllevan un factor de riesgo añadido que incrementan la carga de trabajo real y subjetiva que experimenta el P.E.E.I.F., haciendo que ésta sea excesiva e induzcan, sino se establecen métodos y técnicas para su prevención, un mayor riesgo en la aparición de patologías por sobreesfuerzo como lesiones musculoesqueléticas, accidentes cardiovasculares y relacionados con la fatiga mental neuro-muscular (incluida la toma de decisiones) y con patologías por calor, que sustentan la no despreciable siniestralidad en este sector.



Foto 13. P.E.E.I.F. del proyecto CREIF sometido a prueba de esfuerzo con monitorización de transferencia de temperatura y valoración de tasa de sudoración inducido por el EPI.

Agradecimientos:

Las entidades responsables del Proyecto I+D+i CREIF (TRAGSA y Mutua Fraternidad-Muprespa, a partir del verano del 2008 se ha incorporado al mismo la Empresa de Gestión Medioambiental EGMASA), entidades que lo apoyan (Dirección General de Medio Natural y Política Forestal del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (MARM) y el Grupo de Investigación “VALFIS” del Dpto de Educación Física y Deportiva y del Instituto de Biomedicina de la Universidad de León quieren dejar constancia del agradecimiento y reconocimiento al P.E.E.I.F. que integran las 10 BRIF que participan en el mismo por su participación voluntaria y desinteresada portando la instrumentación necesaria para obtener resultados en tiempo real, además de acudiendo a la realización de pruebas de laboratorio y de campo. Igualmente el Grupo de Investigación VALFIS agradece a los Licenciados en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte de cada una de las BRIF, y a su coordinador y técnico de TRAGSA D. Jorge López Satué, su excelente trabajo en la recogida y remisión de todos los datos monitorizados, sin lo cual tampoco hubiera sido posible este trabajo y proyecto.

BIBLIOGRAFÍA:

Aguirre Briones F. Manual de formación de incendios forestales para cuadrillas. Zaragoza: Gobierno de Aragón/ TRAGSA; 2006.

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: 975-991.

Anderson HE. Aids to determining fuel models for estimating fire behavior. United States Department of Agriculture Forest Service. Intermountain Forest And Range Experimentation. 1982. Paper 122.

Apud E, Gutierrez M, Lagos S, Maureira F, Meyer F, Espinoza J. Manual de ergonomía forestal. Chile: Valverde; 1999.

Apud E, Meyer F, Maureira F. Ergonomía en el combate de incendios forestales. Chile: Universidad de Concepción; 2002.

Apud E. Desarrollo y transferencia de tecnologías ergonómicamente adaptadas para el aumento de la productividad del trabajo forestal [citado 1 Oct 2005]. Disponible en: <http://www.ergonomia.cl/>.

Arnaldos Viger J, Navalón Novell X, Pastor Ferrer E, Planas Cuchi E, Zárata López L. Manual de ingeniería básica para la prevención y extinción de incendios forestales. Barcelona: Institut d'Edicions de la Diputació de Barcelona, Mundi-Prensa; 2004.

Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). Ropas de protección. Requisitos generales. UNE-EN 340. Madrid: AENOR; 2004.

Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). Ropas de protección para trabajadores expuestos al calor. UNE-EN 531/A1. Madrid: AENOR; 1998.

Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). Ropas de protección. Protección contra el calor y el fuego. Determinación de la transmisión del calor durante la exposición de una llama. UNE-EN 367. Madrid: AENOR; 1994.

Astrand PO, Rodahl K. Fisiología del trabajo físico. Buenos Aires: Panamericana; 1985.

Astrand PO. Fisiología del trabajo físico. Bases fisiológicas del ejercicio. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 1992.

Austin C. Wildland firefighter health risks and respiratory protection. Montreal: Institut de Recherche en Santé et en Sécurité du Travail (IRSST); 2008. Report R-572. Disponible en: <http://www.irsst.qc.ca>.

Avila Ordás MC, Pernía Cubillo R, López Satué J, Rodríguez Marroyo JA, García López J, Carballo Leyenda AB, Moreno Romeo S, Mendonça PR, Marqués Millan R, Villa Vicente JG. Estrés térmico e intensidad de trabajo del personal especialista en extinción de incendios forestales (P.E.E.I.F). V Congreso Internacional de Prevención de Riesgos Laborales (ORP'2007). Asociación Chilena de Seguridad; Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona. Universitat Politècnica de Catalunya; University of Louisville (USA). Santiago de Chile (Chile). 2007. Disponible en: <http://www.prevencionintegral.com/orpconference/2007>.

Baker SJ, Grice J, Roby L, Matthews C. Cardiorespiratory and thermoregulatory response of working in fire-fighter protective clothing in a temperate environment. *Ergonomics*. 2000. 42: 1350-1358.

Budd GM. How do wildland firefighters cope? Physiological and behavioural temperature regulation in men suppressing australian summer bushfires with hand tools. *J Thermal Biol*. 2001; 26: 381–386.

Dirección General de Trabajo y Prevención de Riesgos Laborales. Campaña de información y asesoramiento de la Inspección de Trabajo y Seguridad Social y de las Unidades de Seguridad Laboral. Consejería de Economía y Empleo. Junta de Castilla y León. 2002. Disponible en: http://www.prevencioncastillayleon.com/PREVDescargaFichero.do?url=http://www.redpyme.net/comu/plsql/comu_p_archivos?archivo=97771.

Dirección General para la Biodiversidad. Los Incendios Forestales en España. Decenio 1996 – 2005. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino; 2006.

- Eglin, CM. Physiological responses to fire-fighting: thermal and metabolic considerations. *J Hum Environ Syst.* 2007; 10: 7-18.
- Eglin, CM., Tipton MJ. Can firefighter instructors perform a simulated rescue after a live fire training exercise?. *Eur J Appl Physiol.* 2005; 95: 327–334.
- Goldman RF. Heat stress in firefighting. *Fire Engineering.* 1990; May: 47–53.
- Goldberg L, Elliot DL, Kuehl KS. Assessment of exercise intensity formulas by use of ventilatory threshold. *Chest.* 1988; 94: 95-98.
- González Alonso J, Mora Rodríguez R, Below PR, Coyle EF. Dehydration reduces cardiac output and increases systemic and cutaneous vascular resistance during exercise. *J Appl Physiol.* 1995;79:1487-1496.
- Heil DP. Estimating energy expenditure in wildland fire fighters using a physical activity monitor. *Appl Ergon.* 2002; 33: 405-413.
- Hendrie AL, Brotherhood JR, Budd GM, Jeffery SE, Beasley FA, Costin BP et al. Project Aquarius 4. Experimental bushfires, suppression procedures, and measurements. *Int J Wildland Fire.* 1997a; 7: 99 –104
- Hendrie AL, Brotherhood JR, Budd GM, Jeffery SE, Beasley FA, Costin BP et al. Project Aquarius 6. Heat load from exertion, weather, and fire in men suppressing wildland fires. *Int J Wildland Fire.* 1997b; 7: 119–131.
- Holmer I, Gavhed D. Classification of metabolic and respiratory demands in fire fighting activity with extreme workloads. *Appl Ergon.* 2007; 38: 45–52.
- Ilmarinen J. Job design for the aged with regard to the decline in their maximal aerobic capacity: Part I – Guidelines for the practitioner. *Int J Ind Ergon.* 1992; 10:53-63.
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Nota Técnica de Prevención 177. La carga física de trabajo: definición y evaluación. 1986. Disponible en: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/101a200/ntp_177.pdf.
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Nota Técnica de Prevención 295. Valoración de la carga física mediante la monitorización de la frecuencia cardiaca. 1992. Disponible en: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp_295.pdf.
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Nota Técnica de Prevención 323. Determinación del metabolismo energético. 1995. Disponible en: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/301a400/ntp_323.pdf.
- International Standardization Organization. Ergonomics of the thermal environment-Determination of metabolic rate. ISO 8996. Geneva: ISO; 2005.
- International Standardization Organization. Prepared for support in development of ISO 16073. Geneva: ISO; 2006.
- Kales SN, Soteriades ES, Christophi CA, Christiani DC. Emergency duties and deaths from heart disease among firefighters in the United States. *New Engl J Med.* 2007; 356: 1207-1215.

- Karlqvist L. Prevención de los trastornos músculo esqueléticos de origen laboral. *Revista de la Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo* 2004; 3:1-41.
- Karter M, LeBlanc PR. U.S. fire fighter injuries in 1994 . *National Fire Protection Association Journal*. 1995; 89: 63-70.
- Kivimäki M, Lusa, S. Stress and cognitive performance of fire-fighters uring smoke-diving. *Stress Medicine*.1994. 10: 63 – 68.
- Lafrenz JA, Wingo JE, Matthews SG, Cureton K. Effect of ambient temperature on cardiovascular drift and maximal oxygen uptake. *Med Sci Sports Exerc*. 2008; 40: 1065-1071.
- Lawson LK, Crown EM, Ackerman MY, Dale JD. Moisture effects in heat transfer through clothing systems for wildland firefighters. *Int J Occup Safety Ergon*. 2004; 10: 227-238.
- Ley 31/1995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. Boletín Oficial del Estado nº 269 (10-11-1995).
- Lipscomb JA, Trinkoff AM, Geiger-Brown J, Brady B. Work-schedule characteristics and reported musculoskeletal disorders of registered nurses. *Scand J Work Environ Health*. 2002; 28: 394-401.
- López Satué J, Villa Vicente JG, Pernía Cubillo R, Ávila Ordás MC, Rodríguez-Marroyo JA, García López J, Mendonça PR, Moreno Romeo S. El entrenamiento físico como método de prevención de riesgos laborales en el Personal Especialista en Extinción de Incendios Forestales (P.E.E.I.F.). V Congreso Internacional de Prevención de Riesgos Laborales (ORP'2007). Asociación Chilena de Seguridad; Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona. Universitat Politècnica de Catalunya; University of Louisville (USA). Santiago de Chile (Chile). 2007. Disponible en: <http://www.prevencionintegral.com/orpconference/2007>.
- López Satué J, Villa Vicente JG, Rodríguez Marroyo JA, García López J Moreno Romeo S, Ávila Ordás MC, Pernía Cubillo R. Estudio de los factores condicionantes del rendimiento físico del Personal Especialista en la Extinción de Incendios Forestales: Pruebas de aptitud física de selección de personal. IVth International Wildland FIRE Conference. Sevilla (España). 2007. Pag: 314. Wildfire2007. Disponible en: <http://www.wildfire07.es>
- Martínez Ruiz E. Organización de brigadas helitransportadas. En: Vélez R., coordinador. La defensa contra incendios forestales. Madrid: McGraw-Hill; 2002
- Maughan RJ, Gleeson M. The Biocheminal Basis of Sports Performance. Oxford: Oxford University Press. 2004.
- McArdle WD, Katch FI, Katch VL. Exercise Physiology. Energy, Nutrition, and Human Performance. 5th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins. 2001.
- Mérida Fimia JC. El comportamiento de los incendios forestales. Factores topográficos. En: Vélez R., coordinador. La defensa contra incendios forestales. Madrid: McGraw-Hill; 2002
- Nacional Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Revised criteria for a recommended standard occupational exposure to hot environments. U.S. Department of Health , Education and Welfare, Health Services and Mental Health Administration. 1986. HSM- 10269.

Pernía Cubillo R, López Satue, Jorge Ávila Ordás MC, Rodríguez Marroyo JA, García López J, Ribas Ribas J, Nuñez Gil D, Puñal Peces J, Carballo Leyenda AB, Villa Vicente JG. Influencia de la aplicación de un programa de entrenamiento físico en la ergonomía y siniestrabilidad laboral del personal especialista en extinción de incendios forestales (P.E.E.I.F.). 6th International Conference on occupational risk prevention. (ORP'2008). Asociación Chilena de Seguridad; Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona. Universitat Politècnica de Catalunya; University of Louisville (USA). A Coruña (España). 2008. Disponible en: <http://www.prevencionintegral.com/orpconference/2008>.

Petruzzello SJ, Ganpin JL, Snook E, Smith DL. Perceptual and physiological heat strain: Examination in firefighters in laboratory and field-based studies. *Ergonomics*. 2009; 52: 747-754.

Porrero Rodríguez M, Peñas Vázquez L. Organización de brigadas helitransportadas. En: Vélez R., coordinador. La defensa contra incendios forestales. Madrid: McGraw-Hill; 2000.

Raimundo AM, Figueiredo AR. Human thermophysiological response to high intensity radiation fluxes near a forest fire line. V International Conference on Forest Fire Research. En: Viegas DX, editor. 2006.

Rodríguez Marroyo JA, Villa Vicente JG, López Satué J, Moreno Romeo S, Pernía Cubillo R, Avila Ordás MC, García López J, Mendoza PR. Análisis de la intensidad de esfuerzo alcanzada por el personal especialista en extinción de incendios forestales P.E.E.I.F). V Congreso Internacional de Prevención de Riesgos Laborales (ORP'2007). Asociación Chilena de Seguridad; Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona. Universitat Politècnica de Catalunya; University of Louisville (USA). Santiago de Chile (Chile). 2007. Disponible en: <http://www.prevencionintegral.com/orpconference/2007>.

Rothermel RC. How to predict the spread and intensity of forest and range fires. United States Department of Agriculture Forest Service. Intermountain Forest And Range Experimentation. 1983. Paper INT-143.

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: 1048–1054.

Rutenfranz J, Ilmarinen J, Klimmer F, Kylian H. Work load and demanded physical performance capacity under different industrial working conditions. En: M Kaneko, director. Fitness for aged, disabled, and industrial workers. Champaign, Illinois: Human Kinetics Books; 1990.

Sharkey B. Wildland firefighter health and safety. Technology and Development Program. United States Department of Agriculture Forest Service. Missoula Montana; 1999.

Smith DL, Manning TS., Petruzzello SJ. Effect of strenuous live-fire drills on cardiovascular and psychological responses of recruit firefighters. *Ergonomics*. 2001a; 44: 244–254.

Smith DL, Petruzzello SJ, Chludzinski MA, Reed JJ, Woods JA. Effect of strenuous live-fire fire fighting drills on hematological, blood chemistry and psychological measures. *J. Thermal. Biol*. 2001b; 26: 375– 379.

Smith DL, Petruzzello SJ. Selected physiological and psychological responses to live-fire drills in different configurations of firefighting gear. *Ergonomics*. 1998; 41: 1141–1154.

Smolander J, Louhevaara R. Trabajo muscular. En: Stellman JM; editora. Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. Organización Internacional del Trabajo, O.I.T. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales; 2001: 29.29-29.32. Disponible en: <http://www.mtas.es/es/publica/enciclo/default.htm>.

Sothmann M, Saupe K, Raven P, Davis P, Dotson C, Landy F. Oxygen consumption during fire suppression: error of heart rate estimation. *Ergonomics*. 1991; 34: 1469–1474.

Taylor NAS. Challenges to temperature regulation when working in hot environments. *Ind. Health*. 2006; 44: 331–344.

Trabaud L. Les feux de forêts. Paris: France- Sélection; 1992.

Unidad técnica de medicina del trabajo Instituto Aragonés de Seguridad y Salud Laboral. Medidas de prevención para evitar los accidentes por sobreesfuerzo. Dirección General de Trabajo. Gobierno de Aragón. 2001. Disponible en: <http://portal.aragon.es/portal/page/portal/ISSLA/PUBLICACIONES/OTRAS/MEDIDAS+SOBRESFUERZOS.PDF>

Villa JG, López-Satué J, Ávila MC, Rodríguez-Marroyo J, Pernía R, García-López J, Moreno S, Marqués R, Mendonça PR. Monitorización de la frecuencia cardiaca en las labores de extinción de incendios forestales, para la prevención de riesgos laborales. *Prevención: Revista técnica de seguridad y salud laborales*. 2007; 181: 6-26.

Villa Vicente JG, López Satué J, Avila Ordás MC, Pernía Cubillo R, Rodríguez Marroyo JA, García López J, Mendonça PR, Moreno Romeo S. Influencia de la aplicación de un programa de entrenamiento físico en la ergonomía y siniestralidad laboral del personal especialista en extinción de incendios forestales (P.E.E.I.F.). 6th International Conference on occupational risk prevention. (ORP'2008). Asociación Chilena de Seguridad. Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona. Universitat Politècnica de Catalunya; University of Louisville (USA). A Coruña (España). 2008. Disponible en: <http://www.prevencionintegral.com/orpconference/2008>.

Villa Vicente JG, López Satué J, Avila Ordás MC, Rodríguez Marroyo JA, Pernía Cubillo R, García López J, Moreno Romeo S, Marques Millan R, Mendonça PR. Monitorización de la frecuencia cardiaca par la prevención de riesgos laborales *Prevención. Revista técnica de seguridad y salud laborales*. nº 181: 6-27, 2007b.

Villa Vicente JG, López Satue J; Ávila Ordás MC, Pernía Cubillo R, Rodríguez-Marroyo JA, García López J, Mendonça PR, Moreno Romero S. El entrenamiento físico como método de prevención de riesgos laborales en el Personal Especialista en Extinción de Incendios Forestales (P.E.E.I.F.). V Congreso Internacional de Prevención de Riesgos Laborales (ORP'2007). Asociación Chilena de Seguridad; Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona. Universitat Politècnica de Catalunya; University of Louisville (USA). Santiago de Chile (Chile). 2007a. Disponible en: <http://www.prevencionintegral.com/orpconference/2007>.

Wu HC, Wang MJJ. Relationship between maximum acceptable work time and physical workload. *Ergonomics*. 2002; 45: 280 – 289.