

MONITORIZACIÓN DE LA FRECUENCIA CARDÍACA EN LAS LABORES DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS FORESTALES, para la prevención de riesgos laborales.

VILLA VICENTE, J.G.³; LÓPEZ SATUÉ, J.¹;
ÁVILA ORDÁS, M.C.²; RODRÍGUEZ MARROYO, J. ³;
PERNÍA CUBILLO, R. ²; GARCÍA LÓPEZ, J.³;
MORENO ROMEO, S.³, MARQUÉS MILLÁN, R.¹; MENDONÇA, P.R.³

¹ TRAGSA

² Fraternidad Muprespa

³ Universidad de León



ÍNDICE

- 1.- Introducción
- 2.- Objetivos
- 3.- Metodología
 - 3.1.- Sujetos
 - 3.2.- Método
 - 3.3.- Test de laboratorio
 - 3.4.- Análisis de los fuegos
 - 3.5.- Análisis estadísticos
- 4.- Resultados
- 5.- Discusión
- 6.- Conclusión
- 7.- Bibliografía

■ **No hay duda de que una correcta valoración del trabajo desempeñado por el Personal Especialista en Extinción de Incendios Forestales (P.E.E.I.F.) supone un mejor conocimiento de los factores determinantes para la realización de su labor profesional, y se constituye en un elemento clave para la prevención de riesgos laborales.** ■

1.- INTRODUCCIÓN

Hoy día la importancia de los incendios forestales es tal que la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) advierte que una de las consecuencias demostradas del cambio climático y el calentamiento global es que el riesgo de incendios forestales aumenta. Por ello la O.N.U. está promoviendo una Estrategia Internacional de Lucha contra Incendios al advertir que éstos tienen impacto no sólo en todo tipo de recursos y ecosistemas (contaminación atmosférica por el humo, pérdida de biodiversidad,...) sino también en la salud y seguridad humana (Conferencia Panamericana sobre Incendios Forestales, Costa Rica, 2004).

La IV Conferencia Internacional sobre Incendios Forestales (Wildfire2007, Sevilla) tenía como objetivo prioritario, entre otros, analizar la prevención y participación de la sociedad, y la eficiencia en la lucha contra los incendios forestales. A pesar de la sensibilización y esfuerzo en aumentar el presupuesto para la dotación de recursos tanto materiales (medios aéreos, terrestres, equipamiento,...) como humanos (aumento de plantilla, fomento de su formación especializada,...), un informe de la FAO en 2007 establece que entre 1990 y 2005 los incendios han desolado un 3% de la superficie o cubierta forestal mundial (un 0,2% mundial ó 20.000 Hectáreas/día).

A través del Centro Europeo de Información Forestal (EFFIS) y de los Servicios de Protección Civil, la Comisión Europea califica en 2005 como críticas las previ-

siones de riesgo de incendios forestales en Europa, sobre todo en los países mediterráneos, cuantificando no sólo la superficie quemada anual en 740.000 Ha, sino también y, ante todo, el número de muertes (una media de 40 al año; en el año 2005, 21 de ellos en España) (<http://info-rest.jrc.it/effis/>).

El Ministerio de Medio Ambiente ha publicado el número de hectáreas y siniestros en la última década, registrándose una media de 13.237 incendios y 7.651 conatos que han ocasionado 62 muertes en los últimos 14 años (50% en profesionales de la extinción). Para contrarrestarlo, la Administración General del Estado Español y las Comunidades Autónomas han destinado en el último trienio alrededor de 580 millones de euros anuales a las labores de prevención y extinción de incendios forestales (Dossier Wildfire2007). Sin embargo, la eficacia de esta acción preventiva es muy discutida por considerarse que conlleva una insuficiente inversión en personal cualificado y medios para la investigación, llegándose a manifestar que esta inversión en prevención es muy baja y que el personal dedicado a labores forestales preventivas y de extinción es, en algunas empresas, claramente insuficiente y que su situación laboral se caracteriza, además de por su precariedad, temporalidad y baja formación, por su alta exposición a situaciones laborales arriesgadas y peligrosas.

No obstante, esto no parece ser la tendencia actual en cuanto a las responsabilidades tanto del Ministerio de Medio Ambiente como de las grandes empresas

que actúan en el ámbito de los incendios forestales (TRAGSA, EGMASA,...). De hecho se estima que, actualmente, son unas 10.000 personas las que se dedican, aunque sea de forma temporal, a la extinción de incendios forestales integradas en retenes, Cuadrillas de Acción Rápida (C.A.R.), Brigadas de Refuerzo contra Incendios Forestales (B.R.I.F.), ... y de los que aproximadamente la mitad (5.071) son personal de TRAGSA.

En este contexto, tanto TRAGSA como Fraternidad Muprespa, promueven la investigación de los riesgos emergentes derivados de las formas de trabajo que pueden afectar a la salud de sus trabajadores, con el objeto de establecer programas preventivos acordes a los desafíos actuales que mejoren sus condiciones de trabajo, garanticen su seguridad y redunden en su bienestar laboral. Ello queda ratificado en el proyecto I+D+i que las empresas TRAGSA y Fraternidad Muprespa han suscrito con el Departamento de Educación Física y Deportiva de la Universidad de León durante el trienio 2006-2008 (proyecto que cuenta con el apoyo de la Dirección General para la Biodiversidad del Ministerio de Medio Ambiente y la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha), cuya pretensión es analizar y conocer los factores condicionantes del rendimiento del Personal Especialista en Extinción de Incendios Forestales (P.E.E.I.F.) (Figura 1), y cuyos objetivos generales y específicos (Tabla 1) se contextualizan en un marco de prevención y protección contra el impacto que los incendios forestales tienen sobre dicho personal, ya que persigue la mejora de la seguridad y de la condición física



Figura 1.- Especialista en Extinción de I.F. con la instrumentación que puede portar en incendios forestales, o que utiliza en sus simulaciones, en el marco del Proyecto I+D+i de TRAGSA, Fraternidad Muprespa y Universidad de León.

en relación con la salud ante el esfuerzo físico desarrollado por el mismo.

La preocupación por la seguridad

de este tipo de trabajadores queda reflejada en tres hechos evidentes. En primer lugar, la obligatoriedad de pasar un reconocimiento médico de empresa. En segundo lugar, la necesidad de demostrar una aptitud física mínima e imprescindible, ya que desde el Comité de Lucha contra Incendios Forestales de España (C.L.I.F.) se instaura la obligatoriedad de superar una prueba de aptitud física para su selección de entre las que proponen (Prueba del Banco, test Course-Navette,...), y que para el personal de TRAGSA ha venido siendo la Prueba del Banco o Step Test del Forest Service. Y, en tercer lugar, tener un rango de edad adecuado y considerado como óptimo para desarrollar su labor profesional (de 18 a 45 años en las B.R.I.F. y C.A.R.; y de 18 a 60 años en algunos retenes contra-incendios).

En este sentido, el propio Consejo de Europa establece la batería EUROFIT como un conjunto de pruebas de aptitud física (denominados test de bienestar físico) para identificar la capaci-

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 de I+D+i "Estudio de los factores condicionantes del rendimiento del Personal Especialista en Extinción de Incendios Forestales (P.E.E.I.F.)", desarrollado por TRAGSA y Fraternidad Muprespa, con la colaboración de la Universidad de León (Dpto de Educación Física y Deportiva) y con el apoyo de la Dirección General para la Biodiversidad (Ministerio de Medio Ambiente) y de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha.



dad funcional de un adulto (como es el VO_2 máx que se valora con el test de Course-Navette o la Prueba del Banco) como forma de valorar la capacidad de trabajo físico o el desempeño físico ante un esfuerzo (Oja, 1995).

Por ello es comprensible que sea necesario establecer un grado de aptitud física mínima y necesaria para el P.E.E.I.F., como garantía de la capacidad de trabajo físico que han de tener para realizar las distintas tareas que las labores de extinción requieren, además de poder soportar las condiciones adversas del ambiente donde se desarrolla el trabajo (Chirosa, 1999); de hecho, se les requiere que tengan un mínimo de 45 ml/kg/min de VO_2 máx o capacidad aeróbica (Sharkey y cols, 1999) (Vélez, 2000). Además, esta aptitud física debe garantizar una buena condición física en relación con su salud, para afrontar un trabajo que requiere de esfuerzos intensos y duraderos en condiciones extremas, y que se ha de efectuar sin riesgos para su salud o su seguridad (López Satué, 2007).

De hecho, las características del P.E.E.I.F. son las de un sector con una alta temporalidad laboral (en muchos casos son seleccionados para contratos de 4 meses durante el periodo estival) por lo que, normalmente, es una población joven de entre 18-45 años en las B.R.I.F. (edad media de 27 años según López Satué), lo que condiciona que su experiencia laboral sea de 2-3 años. Este hecho hace que sea preciso impartir una formación continua a este P.E.E.I.F. que, por otro lado, accede con una condición física cada vez más afectada por el estilo de vida propio del sedentarismo

- Nivel de condición o aptitud física (López Satué y cols, 2007; Villa y cols, 2007).
- Condiciones adversas del terreno (Apud, 1999; Hawkins, 2004).
- Exposición a altas temperaturas (Chirosa 1999; Selkirk y cols, 2004). Estrés emocional (Chirosa, 1999).
- Alta inhalación de humos de distinta composición y/o proporción (Reinhart y cols, 2000; Sharkey, 2002).
- Estrés térmico e inducción de deshidratación que puede condicionar su rendimiento y comprometer su salud (Ruby y cols, 2003).
- Equipo de protección individual (E.P.I.) con propiedades ignífugas, que reduce la transpiración (Lawson y cols, 2004).
- Larga duración del esfuerzo (algunos conllevan más de 12 horas de trabajo continuo) (Ruby y cols, 2003) portando y manejando las herramientas necesarias para su labor (McLeod, Pulanski, motosierras, mochilas,...) que suponen un sobrepeso de unos 23 kg.

Tabla 2.- Factores que influyen en el rendimiento físico del P.E.E.I.F.

que caracteriza a los países industrializados, por lo que apenas han realizado programas de entrenamiento para mantener o mejorar la condición física que sustentará su labor. Ello también condiciona un amplio rango de capacidad de trabajo físico, nivel de condición o aptitud física (de 45 a 70 ml/kg/min; con un

■ **A través del Centro Europeo de Información Forestal (EFFIS) y de los Servicios de Protección Civil, la Comisión Europea califica en 2005 como críticas, las previsiones de riesgo de incendios forestales en Europa, sobre todo en los países mediterráneos, y cuantifica la superficie quemada anual en 740.000 Ha, y el número de muertes en 40 al año.**

VO_2 máx medio de 55 ml/kg/min) (López Satué, 2007), que es uno más de los factores que pueden condicionar su rendimiento físico en las labores de extinción de incendios forestales (Tabla 2).

Los incendios forestales se caracterizan, precisamente, por su heterogeneidad, y no sólo en lo referente al terreno (orografía, tipo de combustible,...), o a las condiciones medioambientales (temperatura de globo húmedo y seco, viento, humedad relativa...), o a la intensidad y/o duración de los mismos, sino también por el impacto o repercusiones en el P.E.E.I.F. De hecho, son muchos los estudios que analizan el impacto y repercusión medioambiental y socioeconómico de los incendios forestales, así como los mecanismos de prevención, actuación y extinción, pero muy pocos han analizado el esfuerzo y las condiciones reales de trabajo



(influencia del E.P.I., del nivel de condición física, de los gases inhalados,...) que realiza el P.E.E.I.F. durante su labor.

En el ámbito del trabajo físico y de la ergonomía, los parámetros que se utilizan para monitorizar la intensidad del esfuerzo son la frecuencia cardiaca (FC) y el consumo de oxígeno (VO_2) (ACSM, 1998). La monitorización de la FC como parámetro indicador de la intensidad del esfuerzo se basa en la relación lineal demostrada entre el VO_2 y FC hasta altas intensidades de trabajo (Astrand & Rodahl, 1986). Hoy día, la existencia de pulsómetros (relojes que registran la frecuencia cardiaca) ha permitido que se utilice con asiduidad la FC como un parámetro sencillo y válido para cuantificar la intensidad del esfuerzo (Gilman, 1996), tanto en diversos trabajos (Apud, 1999), como en diferentes deportes (Lucía y cols., 1999, 2003; Rodríguez-Marroyo y cols., 2003) y actividades físicas

aeróbicas de adultos realizadas en los gimnasios (Rixon y cols. 2006) donde su monitorización resulta esencial para controlar el esfuerzo realizado.

En concreto, son escasos y recientes los estudios que analizan el esfuerzo del P.E.E.I.F., habiéndose estimado que realiza una actividad que puede conllevar puntualmente un elevado coste

■ **Se estima que, actualmente, son unas 10.000 personas las que se dedican, aunque sea de forma temporal, a la extinción de incendios forestales integrados en retenes, Cuadrillas de Acción Rápida (C.A.R.), Brigadas de Refuerzo contra Incendios Forestales (B.R.I.F.), de los que aproximadamente la mitad (5.071) son personal de TRAGSA.** ■

energético (hasta 6000 kcal/día según Gaskill et al, 2003) y que requiere un consumo de oxígeno en torno a los 30 ml/kg/min, lo que corresponde a una intensidad de esfuerzo del 50%-60% de su $VO_{2máx}$ (Sharkey en 1994). Para Apud y cols (2002), el P.E.E.I.F. alcanza frecuencias cardiacas medias de esfuerzo de 115 ppm, lo que conlleva una carga cardiovascular entre un 40%-55% (Apud, 2002).

Está descrito que todo tipo de trabajo pesado conlleva un elevado estrés térmico que sólo se puede reducir mediante medidas de disipación de calor. En este sentido, el estrés térmico consecuencia del esfuerzo metabólico del P.E.E.I.F. se ve agravado en la medida en que la radiación solar y del fuego sea mayor, o en que la convección aérea le perjudique, o en que se impida la evaporación del sudor como puede acontecer con la necesidad y obligación de llevar el equipo ignífugo de protección individual. En este sentido, trabajos mantenidos durante 5-8 horas, que conlleven cargas cardiovasculares mayores del 40% (frecuencias cardiacas medias de 100 ppm), son clasificados ergonómicamente como pesados o muy pesados. Ante gastos energéticos en torno a las 10 kcal/min, como las que en un incendio puede alcanzar un P.E.E.I.F., es obligado que medien mecanismos de reposo o recuperación, y de disipación del calor (refrigeración, evaporación de sudor,...) para evitar problemas térmicos.

Por ello faltan estudios que, en función del tipo y características del P.E.E.I.F. y del tipo de incendios forestales, analicen la intensidad con la que dicho personal afronta su trabajo, y estudien la



influencia en el mismo de la fatiga, el estrés, la deshidratación, y de otros factores que puedan inducir a patologías, accidentes, etc., con el objeto de incrementar y mejorar las medidas de protección laboral y de prevención de riesgos, facilitar sus condiciones de trabajo, ampliar el margen de seguridad para afrontarlo, mejorar las medidas de prevención de riesgos laborales, reducir la siniestralidad, incrementar la eficiencia, programar entrenamientos que mejoren su condición física en relación con la salud y, en definitiva, fomentar las medidas de salud laboral.

2.- OBJETIVOS

Uno de los objetivos específicos que se plantean en el Proyecto de I+D+i objeto de este artículo, es estudiar la frecuencia cardíaca como método de análisis de la intensidad de trabajo y del esfuerzo desarrollado durante la extinción de incendios a lo largo de una temporada estival, por los miembros de las Brigadas de Refuerzo contra Incendios Forestales (B.R.I.F.), que abordan diferentes tipos de incendios en función de su duración, el combustible que arde, la climatología, etc.

Estudiar las demandas fisiológicas (análisis de la intensidad de esfuerzo o de trabajo físico mediante la monitorización de la frecuencia cardíaca y la estimación calórica) que supone para el P.E.E.I.F. la extinción de los incendios, se hace necesario para conocer esta realidad, lo que nos puede permitir:

- Redefinir los criterios de selección, mediante pruebas de

■ Las características del P.E.E.I.F. son las de un sector con una alta temporalidad laboral y, normalmente, es una población joven de entre 18-45 años en las B.R.I.F., lo que condiciona que su experiencia laboral sea de 2-3 años. Este hecho hace que sea preciso impartir una formación continua a este personal.

aptitud física, de este personal.

- Relacionar el esfuerzo a realizar en los diferentes tipos de incendio a los que se enfrenta, y la influencia de diferentes factores relevantes.

- Establecer la necesidad de los programas de actividad física y/o entrenamiento más adecuados para aumentar el desempeño de su actividad profesional.

- Disminuir el riesgo de lesiones o enfermedades, ya que un reciente estudio ha demostrado que durante el periodo comprendido entre los años 1994 y 2004, aproximadamente el 32% de las muertes por fallo cardíaco en bomberos se produjeron durante la extinción de incendios (Kales y cols., 2007).

- Abordar mejoras en las

medidas de prevención de riesgos laborales.

3.- METODOLOGÍA

3.1.- SUJETOS

En el estudio participaron 200 sujetos (27±1 años, 75,2 ± 0,8 Kg y 174,2 ± 0,6 cm), pertenecientes a cuatro Brigadas de Refuerzo contra Incendios Forestales (B.R.I.F.), dependientes del Ministerio de Medio Ambiente y gestionadas por la empresa TRAGSA (50 de Tabuyo del Monte en León; 49 de Pinofranqueado en Cáceres; 51 de Daroca en Zaragoza; 50 de Cuenca) con una experiencia de 3,2 ± 0,3 años en las labores de extinción de incendios (Tabla 3).

3.2.- MÉTODO

El estudio constó de dos fases; en una primera fase se sometió al P.E.E.I.F. de Tabuyo del Monte (León) que participó en él, a un test de laboratorio en tapiz rodante máximo e incremental, para determinar el VO₂máx de los sujetos e identificar los umbrales aeróbico y anaeróbico de esfuerzo (Figura 2), lo que permite establecer unas zonas de intensidad de esfuerzo estandarizadas (de muy alta intensidad o por encima del umbral anaeróbico: por encima del 75% del VO₂máx; zona de alta intensidad o de transición a

n=200	Edad (años)	Experiencia (años)	Peso (kg)	Talla (cm)
Media	27,0 ± 1	3,20 ± 0,30	75,2 ± 0,8	174,2 ± 0,6
Rango	18 - 45	0 -14	45,6 -117,8	150 -198

Tabla 3.- Características del P.E.E.I.F. de las B.R.I.F. objeto de estudio (n = número de sujetos estudiados)



Figura 2.- Especialista en Extinción de I.F. realizando la prueba de esfuerzo en tapiz rodante con monitorización de frecuencia cardiaca, presión arterial, ácido láctico y análisis de gases respiratorios (Laboratorio de Valoración de la Condición Física del Dpto. de Educación Física y Deportiva de la Universidad de León).

fatiga: entre el 50% y el 75% del VO_2 máx; y zona por debajo del umbral aeróbico: por debajo del 50% del VO_2 máx) (Lucía y cols, 1999; Rodríguez-Marroyo y cols, 2003).

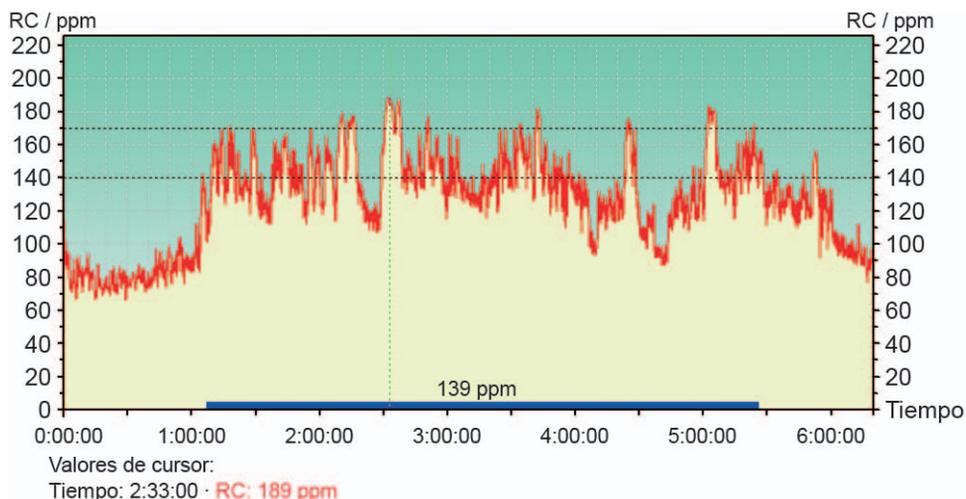
La segunda fase del estudio consistió en la monitorización de la FC de los sujetos en la extinción de los incendios forestales, para lo que el P.E.E.I.F. portaba una cinta pectoral que registraba y almacenaba la frecuencia cardiaca cada 5 seg y durante 10 horas (Polar Team, Polar Electro Oy, Finland). Además, uno de los miembros también portaba en la extremidad superior un equipo GPS (FRWD, USA) para registrar velocidades de desplazamiento, altimetría, etc. A través de un software específico (Figura 3) se puede seleccionar el periodo de tiempo que corresponde a la labor específica de extinción y estable-

cer el porcentaje de tiempo que permanecen en cuatro zonas diferentes de trabajo, en función del cálculo de la frecuencia cardiaca máxima teórica que pueden alcanzar en el esfuerzo ($FC_{máxT} = 220 - \text{edad en años}$):

- Zona de muy alta intensidad de esfuerzo (90% - 100% de la $FC_{máx}$ teórica).
- Zona de alta intensidad de esfuerzo (70% - 90%).
- Zona de intensidad moderada (50% - 70%).
- Zona de baja intensidad (menor del 50%).

3.3.- TEST DE LABORATORIO

Los sujetos realizaron un test incremental sobre un tapiz rodante Power Jog M30 (Sport Engi-



Persona		Fecha	08/09/2006	Ritmo cardíaco p	139 ppm	Límites 1	140 - 170
Ejercicio	Incendio de Truchillas. 20060908	Hora	17:37:01	Ritmo cardíaco m	189 ppm		
Deporte	Carreras	Duración	6:19:40.0				
Nota		Selección					1:07:20 - 5:26:30 (4:19:10.0)

Figura 3.- Registro de la frecuencia cardiaca del P.E.E.I.F. tras su labor de extinción de incendios forestales (Software Polar Performance).



LEYENDA:

- 1.- Estancia en base
- 2.- Alarma, preparación equipo personal
- 3.- Desplazamiento al incendio en helicóptero
- 4.- Ataque directo 1
- 5.- Descanso, vigilancia perímetro
- 6.- Ataque directo 2
- 7.- Regreso a base en helicóptero

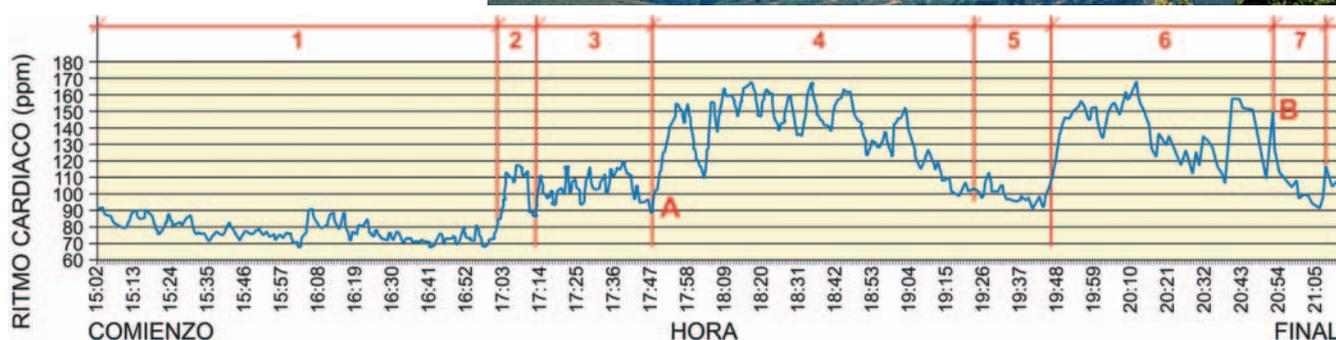
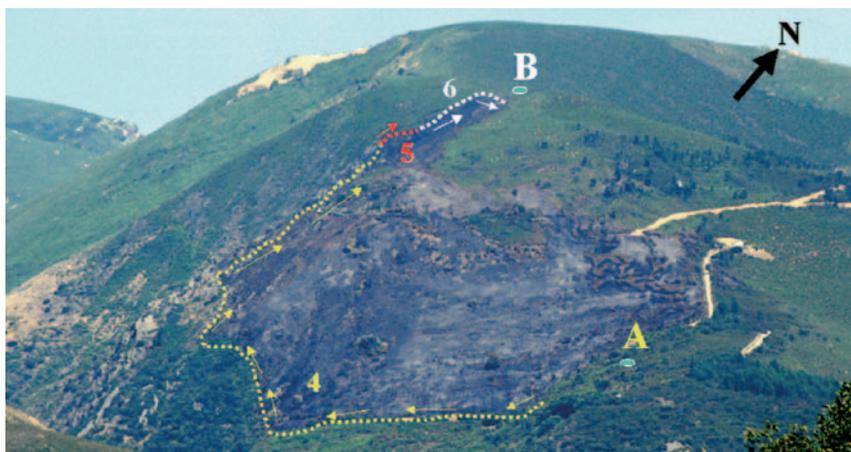


Figura 4. Monitorización de la FC, y de los desplazamientos a través de GPS, durante un incendio.

neering Limited, Birmingham, Reino Unido) atendiendo a la metodología propuesta por Bruce (Mcinnis & Balady, 1994) (Figura 2). El test se inició a una velocidad de 2,7 km/h con una pendiente del 10%. Cada 3 minutos tanto la velocidad como la pendiente fueron modificadas: 4 km/h - 12%, 5,5 km/h - 14%, 6,9 km/h - 16%, 8,2 km/h - 18%, 9,2 km/h - 20%, hasta que el sujeto no pudo mantener la velocidad fijada. Durante toda la prueba se monitorizó la FC (Polar Xtrainer Plus, Polar Electro Oy, Finland), los gases respirados respiración a respiración (Medical Graphics System CPX-Plus de Medical Graphics Corporation, St. Paul, Minnesota, EE.UU) y el comportamiento electrocardiográfico de los sujetos (Shiller AG, Baar, Switzerland). Las condiciones del laboratorio ($\approx 22^{\circ}\text{C}$ y $\approx 68\%$ de humedad relativa) y la

duración del calentamiento (10 min), se estandarizaron para todos los sujetos.

3.4.- ANÁLISIS DE LOS FUEGOS

Durante la campaña de verano del año 2006 (junio, julio, agosto, septiembre) se monitorizó la FC (Polar Team, Polar Electro Oy, Finland) de los sujetos cada 5 segundos durante la extinción de los incendios (Figura 4). Posteriormente, a través de un software específico (Polar Precision Performance SW, Polar Electro Oy,

Finland) se volcaron los datos a un ordenador para ser analizados, combinándose también puntualmente con los obtenidos con el GPS. Se analizaron cuatro tipos de intensidades atendiendo a la FC alcanzada y a la FC_{máxT} (Fernández-García, 2000).

3.5.- ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Las variables consideradas fueron estudiadas mediante un análisis de la varianza (ANOVA) utilizando el test de Newman-Keuls para establecer las diferen-

■ En el ámbito del trabajo físico y de la ergonomía, los parámetros que se utilizan para monitorizar la intensidad del esfuerzo son la frecuencia cardiaca (FC) y el consumo de oxígeno (VO_2). Hoy día, la existencia de pulsómetros (relojes que registran la frecuencia cardiaca) ha permitido que se utilice con asiduidad la FC como un parámetro sencillo y válido para cuantificar la intensidad del esfuerzo. ■

	Media ± SEM
Valores máximos (intensidad máxima)	
VO ₂ máx (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	56,7 ± 1,9
FCmáx (ppm)	190 ± 2
	98,8% FCmáxT
Umbral anaeróbico (intensidad muy alta):	88,9% FCmáxT
	77,6% VO ₂ máx
VO ₂ (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	44,0 ± 1,6
FC (ppm)	169 ± 2
Umbral aeróbico (intensidad alta):	69,4% FCmáxT
	46,7% VO ₂ máx
VO ₂ (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	26,5 ± 1,1
FC (ppm)	132 ± 2

Tabla 4. Características fisiológicas del P.E.E.I.F. de las B.R.I.F. objeto de estudio.

■ Uno de los objetivos específicos que se plantean en el Proyecto de I+D+i, que TRAGSA y Fraternidad Muprespa han puesto en marcha con el Departamento de Educación Física y Deportiva de la Universidad de León, es estudiar la frecuencia cardiaca como método de análisis de la intensidad de trabajo y del esfuerzo desarrollado durante la extinción de incendios a lo largo de una temporada estival, por los miembros de las Brigadas de Refuerzo contra Incendios Forestales (B.R.I.F.).

cias significativas entre medias. Valores para p<0,05 fueron considerados estadísticamente significativos. Para el análisis estadísti-

co se ha usado el software SPSS+ vers. 13,0 statistical software (Chicago, IL). Los resultados se expresan como valores

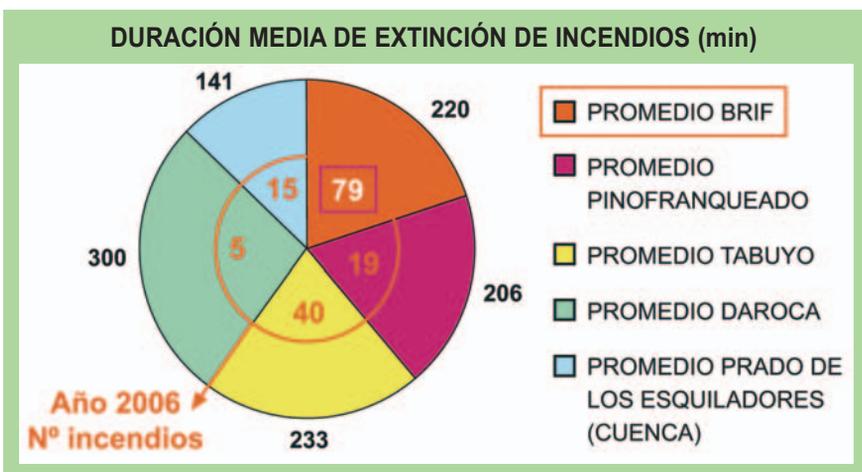


Figura 5.- Número total y duración media de los incendios forestales analizados en las cuatro B.R.I.F. durante la Campaña 2006.

medios ± error estándar de la media (SEM).

4.- RESULTADOS

En la tabla 4 se muestran las características fisiológicas del P.E.E.I.F. de la B.R.I.F. de Tabuyo del Monte (León) en la Campaña 2006, obtenidas tras la realización de la prueba de esfuerzo en laboratorio con analizadores de gases. En ella se observa un VO₂máx medio de 58,21 ml/kg/min, similar a los descritos para el P.E.E.I.F. profesional del Forest Service, de 58,21 ml/kg/min (Lawson y cols, 2004), y que alcanzan una frecuencia cardiaca máxima 192 ppm en la misma, lo que significa que han realizado un esfuerzo máximo ya que llegan al 99% de su frecuencia cardiaca máxima teórica.

Igualmente se ha atendido a criterios estandarizados (mediante el comportamiento de la ventilación, el consumo de oxígeno y la producción de CO₂) para identificar tanto el umbral aeróbico o intensidad de esfuerzo a partir de la cual el organismo es capaz de compensar la fatiga que se genera y que corresponde ya a una intensidad alta de esfuerzo, como el umbral anaeróbico o intensidad de esfuerzo a partir de la cual el organismo ya no es capaz de compensar la producción anaeróbica de ácido láctico, lo que ocasionará fatiga y extenuación en poco tiempo (intensidad considerada como muy alta). Se ha determinado que el umbral aeróbico acontece a una intensidad de esfuerzo que implica un consumo de oxígeno de 26,7 ml/kg/min (es decir, al 46,7% del VO₂máx). Esta intensidad se corresponde a una frecuencia de 132 ppm (es decir,



cuando alcanzan el 69,4% de la FC_{máxT}).

En este estudio se han analizado 79 incendios en los que actuaron las cuatro B.R.I.F. estudiadas en el año 2006: 40 incendios en Tabuyo del Monte (León) con una duración media de 233 min; 5 en Daroca (Zaragoza) con duración media de 300 min; 19 en Pinofranqueado (Cáceres) con duración media de 206; y 15 en Cuenca con una duración media de 141 min; es decir, la duración media de los 79 incendios forestales fue de 225,3±6,2 min. (Figura 5).

La FC máxima media alcanzada en los incendios fue de 169±1 ppm y se registró una FC media de 117±2 ppm. Teniendo en cuenta los valores máximos alcanzados en la prueba de esfuerzo, la intensidad de trabajo que realizaron los sujetos en los incendios fue del 60,6±1,1% de la FC máxima. Para conocer la carga cardiovascular que para un trabajo de larga y mantenida duración (casi 4 horas de duración media) le corresponde, se aplicó la fórmula propuesta por Karvonen (Goldberg et al., 1988) en la que se tiene en cuenta la frecuencia cardiaca basal, siendo la carga cardiovascular calculada del 53,2±1,2% (Figura 6).

La figura 7 representa la frecuencia cardiaca de esfuerzo promedio del P.E.E.I.F. de las cuatro B.R.I.F. estudiadas (n=200 sujetos) durante los 79 incendios forestales analizados en el año 2006, y muestra que, durante los 225 min de duración media de los incendios, la FC_{máx} promedio alcanzada fue de 169 ppm, lo que representa, en sujetos de 27 años de edad media, el 87,5% de la

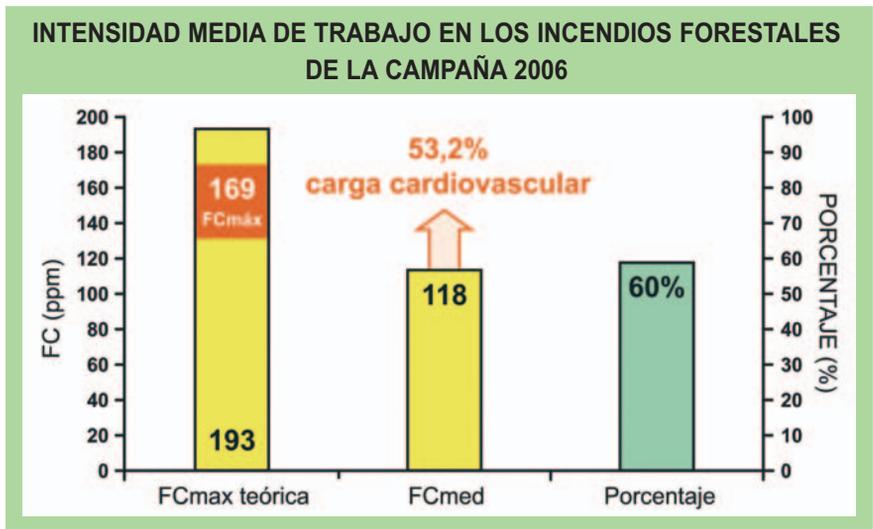


Figura 6.- Intensidad de esfuerzo evaluada como Frecuencia Cardiaca máxima (FC_{máx}), media (FC_{med}), porcentaje de la máxima y porcentaje de carga cardiovascular media, del P.E.E.I.F. de las CUATRO B.R.I.F. analizadas en los incendios forestales del año 2006. Valores expresados como media±EEM.

FC_{máxT}, y que la frecuencia cardiaca media fue de 118 ppm (lo que representa esforzarse al 61% de la FC_{máxT}). Tal intensidad de esfuerzo conlleva un gasto energético estimado mediante el coste calórico (evaluado directamente mediante los pulsómetros Polar Team en cada uno de los sujetos que participan en los incendios)

de 895 Kcal de promedio.

No obstante, como muestra la figura 7, el EEM es muy grande para esta variable, lo que representa el gran rango evaluado en los mismos (desde incendios de 229 Kcal de coste calórico medio a incendios de 1.338 Kcal de coste calórico medio). Igualmente

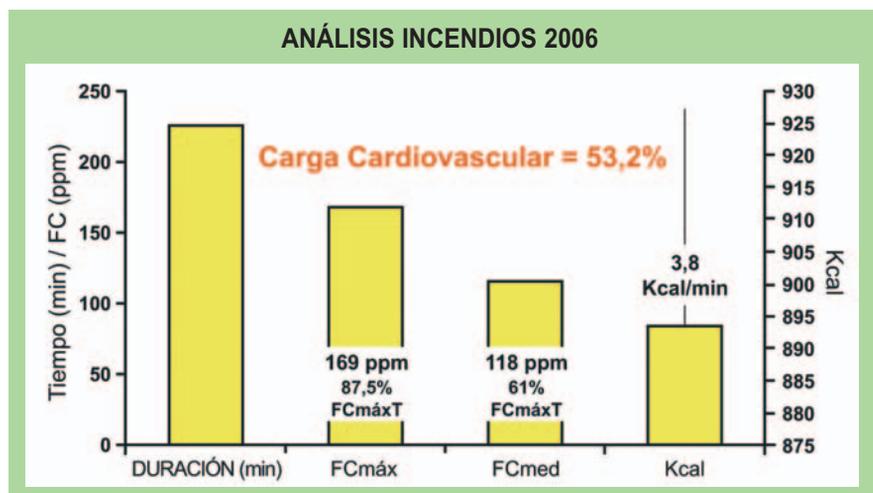


Figura 7.- Gasto energético promedio (total y por minuto) del P.E.E.I.F. de las B.R.I.F., durante las labores de extinción de los incendios forestales de 2006, en función de la duración media de los mismos y las frecuencias cardiacas máxima (FC_{máx}) y media (FC_{media}) de esfuerzo. Valores expresados como media± EEM.

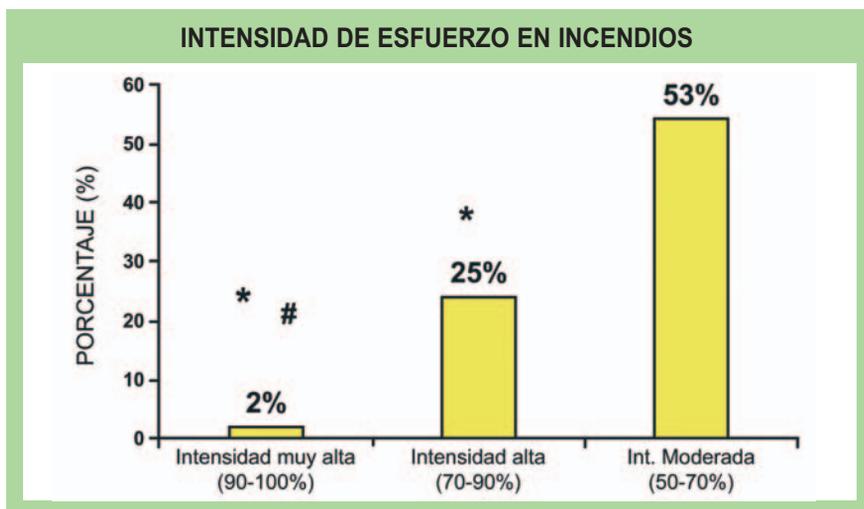


Figura 8.- Porcentaje medio del tiempo de esfuerzo con frecuencias cardíacas correspondientes a intensidades muy altas (90-100% de la FCmáxT), altas (70-90% de la FCmáxT) y moderadas (50-70% de la FCmáxT) del P.E.E.I.F. de las B.R.I.F. durante las labores de extinción de los incendios forestales analizados en 2006. Valores expresados como media±EEM. Diferencias significativas ($p < 0,05$) entre moderada y muy alta y alta intensidad (*); y entre alta y muy alta intensidad (#).

muestra que el gasto energético que supone el ritmo de trabajo durante los 225 min de duración promedio de los incendios forestales del año 2006 fue de 3,8 kcal/min de coste calórico.

La intensidad de trabajo media con la que tiene que esforzarse el P.E.E.I.F. en las B.R.I.F. es tal que, en función de las demandas puntuales de los diferentes tipos de incendios, llegan a estar

durante un 2% del tiempo medio de duración de los fuegos (225 min) a intensidades de esfuerzo calificadas como muy altas, es decir 4,5 min a frecuencias cardíacas mayores del 90% de su frecuencia cardíaca máxima. Además, durante el 25% del tiempo de trabajo en los incendios forestales, la frecuencia cardíaca de esfuerzo está comprendida en el rango de intensidad de esfuerzo calificado como alto (entre el 70% y el 90% de la FCmáxT), es decir 56 min, mientras que hemos observado que a intensidades moderadas (entre el 50% y el 70% de la FCmáxT) trabajan el 53% del tiempo de duración media de los incendios, lo que les supone estar 120 min (2 horas) a intensidades moderadas. Se obtuvieron diferencias significativas entre los tiempos de permanencia en las diferentes zonas de intensidad analizadas (Figura 8).

Habiéndose observado la diferente duración de los diferentes tipos de incendios forestales en el año 2006, y que la misma puede condicionar, entre otros factores, la intensidad para abordarlos, en la figura 9 se representa el gasto energético medio en función de la diferente duración de los siniestros (clasificados en incendios de menos de 1 hora de duración, de 1 a 3 horas, de 3 a 5 horas y de más de 5 horas de duración). En ella puede verse que, a medida que aumenta la duración, el coste calórico promedio se incrementa significativamente, llegándose a las 1.338 kcal de promedio en los de más de 5 horas de duración y en torno a las 860 kcal en los de 3-5 horas de duración.

Al analizar las intensidades de trabajo alcanzadas por los sujetos en función de la duración de los

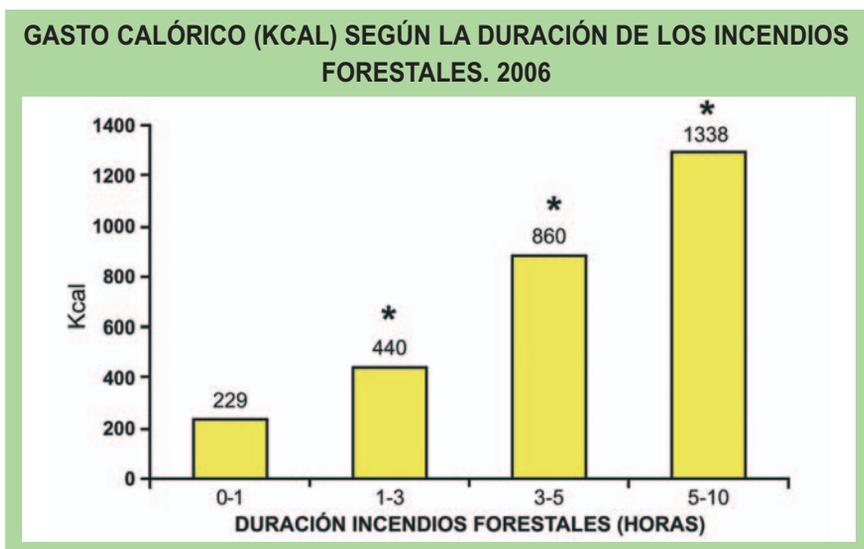


Figura 9.- Gasto energético promedio del P.E.E.I.F. de las B.R.I.F. durante las labores de extinción de los incendios forestales de 2006, en función de la duración media de los mismos. Valores expresados como media±EEM. Diferencias significativas ($p \leq 0,05$) con la duración anterior (*).



cuatro tipos de incendios establecidos (hasta 1h, de 1 a 3h, de 3 a 5h y de 5 a 10h) (Figura 10), no se observaron diferencias significativas en los porcentajes sobre el total trabajado, correspondientes a la zona de muy alta intensidad, siendo similar entre los diferentes incendios (2,27%, 1,99%, 2,77%, y 0,8% respectivamente). Al analizar el porcentaje de trabajo en la zona de alta intensidad, únicamente se encontraron diferencias significativas entre los fuegos de 5-10h (9,7%) y el resto (17,9%, 16,9% y 17,3% respectivamente para los de 1h, de 1 a 3h y de 3 a 5h).

Los porcentajes de trabajo en la zona de moderada y baja intensidad fueron similares en los fuegos de 1-3 h (79,6%), 3-5 h (78,8%) y 5-10h (85,8), encontrándose diferencias significativas entre este tipo de fuegos y los que tuvieron una duración no superior a 1h (68,3%). La figura 10 muestra igualmente las flechas que marcan la tendencia al aumento del porcentaje de esfuerzo a moderada y baja intensidad a medida que la duración del incendio es mayor, al mismo tiempo que se reduce la intensidad alta.

5.- DISCUSIÓN

No es posible aún evaluar la intensidad de esfuerzo mediante la medición del consumo de oxígeno durante la labor de extinción de incendios forestales, consecuencia de la imposibilidad tanto tecnológica de los analizadores como de las condiciones medioambientales y de seguridad (E.P.I.) necesarias. Pero también son muy pocos los estudios que han pretendido estimarla a través

■ En el estudio participaron 200 sujetos pertenecientes a cuatro Brigadas de Refuerzo contra Incendios Forestales (B.R.I.F.), dependientes del Ministerio de Medio Ambiente y gestionadas por la empresa TRAGSA (50 de Tabuyo del Monte en León; 49 de Pinofranqueado en Cáceres; 51 de Daroca en Zaragoza; 50 de Cuenca) con una experiencia de $3,2 \pm 0,3$ años en las labores de extinción de incendios.

de la frecuencia cardiaca, quizás porque los pulsómetros son una tecnología relativamente novedosa.

En cambio, sí que hay trabajos que establecen, mediante prue-

bas de esfuerzo en laboratorio, el VO₂máx o capacidad aeróbica o capacidad de trabajo físico del P.E.E.I.F. (Apud, 2002; Sharkey, 1999; Gaskill y cols, 2003, Rodríguez Marroyo y cols, 2003, Villa y cols, 2007, López-Satue y cols, 2007), que en personas de 18 a 45 años de edad está entre los 50-55 ml/kg/min.

Mediante tests de campo estandarizados y validados como el test Course-Navette (Chirosa y cols, 1999, López-Satué, 2007) no se han observado diferencias significativas con estas mediciones de VO₂máx en laboratorio. No obstante, las pruebas de esfuerzo en tapiz rodante en laboratorio permiten identificar no sólo el VO₂máx sino también la intensidad de esfuerzo correspondiente tanto al umbral anaeróbico (relacionado en esfuerzos de larga duración con la intensidad límite que no ha de superarse, ya

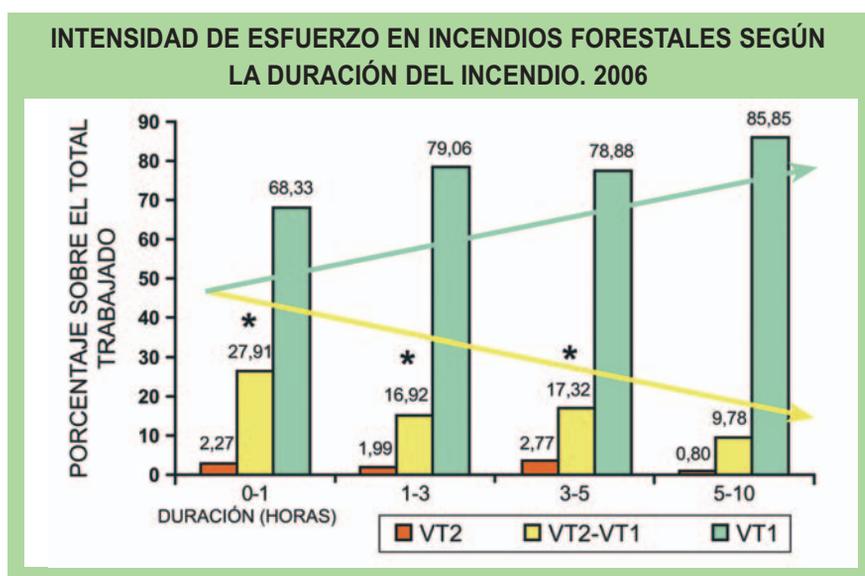


Figura 10. Porcentajes de trabajo en la zona de muy alta intensidad (>90% FCmáx), alta (70-90% FCmáx), moderada (50-70% FCmáx), y baja intensidad (<50% FCmáx), en función de la duración de los incendios forestales. Valores expresados como media±EEM. (\$) diferencias significativas con los incendios de 1-3h. (#) diferencias significativas con los incendios de 3-5h. (*) diferencias significativas con los incendios de 5-10h.

■ En una primera fase del estudio, se sometió al P.E.E.I.F. a un test de laboratorio en tapiz rodante máximo e incremental, para determinar el VO_2 máx de los sujetos e identificar los umbrales aeróbico y anaeróbico de esfuerzo, lo que permite establecer unas zonas de intensidad de esfuerzo estandarizadas. ■

que ello conllevaría una acumulación exponencial de fatiga que le llevaría en poco tiempo a la extenuación y al reposo obligado), como al umbral aeróbico (intensidad de esfuerzo óptima para acometer un trabajo de prolongado o de muy larga duración, ya que representa la optimización de los mecanismos de resistencia orgánica, a la vez que supone el estímulo para inducir una mayor adaptación a la misma).

De hecho, es en la zona comprendida entre ambas intensidades donde el esfuerzo es más eficiente, siendo más duradero cuanto más alejada esté del umbral anaeróbico, y éste sólo debe sobrepasarse puntual y sucesivamente durante escaso tiempo si se quiere continuar con esfuerzos de duración prolongada.

En la prueba de esfuerzo progresiva, continua y máxima realizada en tapiz rodante al P.E.E.I.F. de la B.R.I.F. de Tabuyo del Monte (León), se identificó la intensidad del umbral aeróbico a 132 ppm (es decir, al 69,4% de $FC_{máxT}$) y un VO_2 de 26,5 ml/kg/min (es decir, al 46,7% del VO_2 máx). Esta intensidad de esfuerzo requiere

al P.E.E.I.F. la realización de un trabajo físico que le implica un VO_2 que es aún superior al mínimo trabajo físico aconsejado para el mismo (22,5 ml/kg/min) por el Forest Service (Gaskil et al, 2002), y que se requiere para realizar con buena salud y seguridad el prolongado y arduo trabajo de sofocar rápida y eficazmente el incendio, lo que constata la buena condición física del P.E.E.I.F. de las B.R.I.F. de élite en España.

De hecho ello representa una intensidad que implica un trabajo físico que corresponde al 50% de la capacidad de trabajo físico mínima exigida para poder ser seleccionado para este cometido, y que se estandariza en 45 ml/kg/min. Así, este VO_2 máx es el mínimo que se requiere en los baremos establecidos para la prueba del banco (referido a las máximas pulsaciones permitidas tras su realización) o para el Pack-test del Forest Service (mínimo de tiempo exigido en su realización) o en el test de Course-Navette del INFOCA (número mínimo de recorridos en su realización).

Además, en la propia prueba de esfuerzo se identificó la intensidad del umbral anaeróbico, que acontece a 169 ppm (es decir, al 88,9% de la $FC_{máxT}$) y a un VO_2 de 44 ml/kg/min (es decir, al 77,5% del VO_2 máx). Esto significa que la intensidad a partir de la cual la fatiga se hace evidente en la capacidad de trabajo físico que va a inducir una temprana extenuación, acontece a intensidades previsibles cercanas al 90% de la $FC_{máxT}$, por lo que todo esfuerzo superior al mismo se define como de intensidad muy alta. De hecho esta intensidad es tan alta que requiere de un traba-

jo físico que conlleve un VO_2 de 44 ml/kg/min, es decir, el mínimo que se exige para poder ser seleccionado para esta labor, por lo que hay personal que no es seleccionado.

La posibilidad de evaluar la intensidad de esfuerzo mediante pulsómetros ha de atender a su posible adecuación a la duración del mismo. En este sentido, la duración media de los 79 incendios forestales analizados en el año 2006 en los que participaron las cuatro B.R.I.F. fue de 225 min (rango de 11 min a 480 min). Ello nos muestra lo prolongado que es el tipo de trabajo físico a desarrollar por el P.E.E.I.F., que exige un esfuerzo continuo y en condiciones adversas (temperatura, combustible, orografía,...) y que parece estar condicionado por el gran volumen de trabajo que tienen que realizar, más que por la intensidad que éste se creía podría implicar.

De hecho, la duración media del trabajo efectuado en los 79 incendios forestales analizados en este estudio fue de ≈3h 30 min, duración similar a muchas de las etapas que realizan los ciclistas en una gran carrera como la Vuelta Ciclista a España o el Tour de Francia (Lucía y cols., 1999; Fernandez-García y cols., 2000; Rodríguez-Marroyo y cols, 2003; Villa y cols, 2005).

En este tipo de trabajo el posible avituallamiento está condicionado por la tipología y las condiciones medioambientales de los incendios forestales, lo que también determina los posibles periodos de descanso del personal durante los mismos. Por lo tanto, incluidos dichos posibles periodos de descanso no cuantificados, las



intensidades medias de trabajo a las que el P.E.E.I.F. realiza las tareas objeto de estudio fue del 61% de la FC_{máx} y \approx 42% de la FC de reserva, parámetros que están dentro de los rangos considerados como óptimos. Teniendo en cuenta estos parámetros se han establecido rangos óptimos de intensidad de esfuerzo 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 o población adulta activa las situadas entre 55-65% de la FC máxima o 40-50% de la FC de reserva (ACSM, 1998).



en el rango de lo óptimo, es más alta de lo esperado.

Así, cuando discriminamos los porcentajes de tiempo en el que las frecuencias cardiacas de esfuerzo están en el rango que califican a las intensidades como muy altas, altas, moderadas y bajas (éstas últimas cuando es menor al 50% de la FC_{máxT}), se puede observar que un 2% del tiempo (5 min) trabajan a intensidades muy altas, y un 25% a intensidades altas (56 min). Esto viene a significar que más de una cuarta parte del tiempo total de trabajo (una

hora aproximadamente) el P.E.E.I.F. trabaja a intensidades fuertes (además hay que considerar que otra cuarta parte corresponde a periodos de descanso).

Apud (2002) establece que la carga cardiovascular en el trabajo del P.E.E.I.F., en un entorno de seguridad, debe estar alrededor del 40% en trabajos continuos de no más de 8 horas de duración respetando el ratio trabajo/reposo de 3/1. También ha establecido que ésta varía dependiendo, no sólo de la intensidad de trabajo, sino de las condiciones climáticas de los fuegos, llegando a ser del 70% ante temperaturas ambientales de más de 50°C.

El análisis de los 79 fuegos que ocurrieron por la geografía española entre junio y septiembre de 2006, determina que la frecuencia cardiaca promedio de trabajo en los mismos fue 118 ppm en el P.E.E.I.F. de 27 años de edad media, lo que significa un esfuerzo que equivale al 60% de la Frecuencia cardiaca máxima, y corresponde a una carga cardiovascular del 53,2%, que es ligera-

mente más alta de lo que se podía esperar en función de la duración media de los fuegos analizados. Ello, además, implica que si restamos la baja frecuencia cardiaca de los periodos de descanso, la frecuencia cardiaca real de esfuerzo es mayor aún de lo observado, por lo que la intensidad de esfuerzo a la que se somete el P.E.E.I.F., si bien está

■ La segunda fase del estudio consistió en la monitorización de la FC de los sujetos en la extinción de los incendios forestales, para lo que el P.E.E.I.F. portaba una cinta pectoral que registraba y almacenaba la frecuencia cardiaca cada 5 seg y durante 10 horas. Uno de los miembros portaba también un equipo GPS (FRWD, USA) para registrar velocidades de desplazamiento, altimetría, etc. ■

A modo comparativo son esfuerzos similares a los que realiza un ciclista en etapas normales (de aproximadamente 4 horas de duración) de una gran vuelta ciclista; incluso en etapas muy duras el porcentaje de tiempo en muy alta intensidad no sobrepasa el 10%, ni el de alta intensidad el 35% (Lucía y cols, 1999; Rodríguez Marroyo y cols, 2003). Ello se justifica en los ciclistas por su alta preparación física para un esfuerzo característico y específico de resistencia aeróbica; al igual que el P.E.E.I.F. tiene que estar específicamente preparado para soportarlo. Por ello son capaces de estar 120 min (el 53% del tiempo de esfuerzo medio) trabajando a intensidades moderadas, completando todo su esfuerzo con otros 45 min aproximadamente con

periodos de baja intensidad o de descanso.

El que la frecuencia cardiaca media sea de 118 ppm durante las casi 4 horas de trabajo de extinción de incendios forestales no puede ni debe ser valorado como que el esfuerzo que realizan sea de baja intensidad, sino más bien al contrario. Las razones para valorarlo así son varias. En primer lugar, que la frecuencia cardiaca máxima media sólo llega a ser de 169 ppm y que los periodos de muy alta intensidad representan "sólo" un 2%, mientras que un 20% del tiempo están a intensidades muy bajas (por debajo de las 100 ppm) o descansando (a 70-80 ppm, dependiendo de su recuperación en función del nivel de su condición física).

En segundo lugar, que en función de las rotaciones de trabajo en la cuadrilla, no están siempre realizando el mismo tipo ininterrumpido de esfuerzo ni están sometidos al estrés del fuego continuamente (corrientes convectivas, nivel radiante,...). Es decir, atendiendo a un posible y deseable ratio de trabajo: descanso de

■ Durante la campaña de verano del año 2006 (junio, julio, agosto, septiembre) se monitorizó la FC de los sujetos cada 5 segundos durante la extinción de los incendios. Posteriormente, a través de un software específico (Polar Precision Performance SW, Polar Electro Oy, Finland) se volcaron los datos a un ordenador para ser analizados, combinándose también puntualmente con los obtenidos con el GPS. ■

3:1 (Apud, 2002) que no ha sido cuantificado en nuestro trabajo, y a las diferentes estrategias utilizadas por el técnico con el P.E.E.I.F. para extinguir los diferentes tipos de incendios, aproximadamente el 50% del tiempo de esfuerzo está en torno al umbral aeróbico o intensidad óptima de trabajo eficiente y adaptativo a la condición física de cada sujeto, y un 30% del tiempo a intensidades



mayores que requieren del organismo la necesidad de compensarlo metabólicamente para que la fatiga que se induce no le conlleve al cansancio prematuro, la debilidad, el desfallecimiento, o la extenuación.

En este sentido parece lógico pensar que un entrenamiento específico mejoraría las prestaciones y rendimiento físico de estos trabajadores, lo que a su vez supondría una mejor garantía para afrontar estos esfuerzos en mejores condiciones de seguridad, lo que sustentaría un mecanismo de prevención ante la fatiga y sus consecuencias, y se constituiría en una herramienta más de protección de la salud del P.E.E.I.F. Por ello TRAGSA y Fraternidad Muprespa a través del proyecto de I+D+i que nos ocupa y en colaboración con la Universidad de León, están fomentando diferentes programas de preparación física del P.E.E.I.F. como medida de prevención y protección de la salud, entre otros factores que pueden condicionarla.

Nuestros resultados vienen a ratificar que las demandas energéticas del esfuerzo a que se somete el P.E.E.I.F. son más altas de lo estimado, aspecto que hay que tener en cuenta por las connotaciones que conlleva, aunque aún son pocos los estudios que vienen a confirmarlo (Apud y cols, 2002; Gaskill y cols, 2002 y 2003). Nuestro estudio presenta los resultados de 200 trabajadores en 79 tipos de incendio analizados en 2006, mientras que los resultados de los trabajos americanos del grupo de Forest Service suelen referirse a cuadrillas de trabajo en determinados tipos de incendios.



De hecho este grupo de trabajo del Forest Service USA (Sharkey, Burks, Lankford, Gaskill, Heil, et al,...) ha confirmado estas altas demandas energéticas al establecer y determinar recientemente el gasto energético de esta actividad laboral mediante acelerómetros triaxiales y/o activímetros, cuantificando que fuegos de 13,5 h de duración conllevan un coste calórico de 3.806,87 kcal/fuego por término medio. Es decir, la labor de extinción de incendios forestales por el P.E.E.I.F. en USA (que tienen la connotación de ser, tras su selección, profesionales a tiempo completo y fijo año tras año y sometidos a formación y preparación física específica) implica un trabajo físico que conlleva un coste calórico de 3,9 kcal/min, es decir, el mismo coste calórico que el que hemos estimado mediante el análisis de la frecuencia cardiaca en los incendios forestales.

En este sentido, si bien los acelerómetros triaxiales y/o activímetros se muestran como aparatos más específicos y válidos para medir el coste calórico (como parámetro que valora el gasto energético), la estimación del mismo mediante el registro de la frecuencia cardiaca es igualmente válida para intensidades inferiores al 85% del máximo, por la relación directa demostrada entre el comportamiento de la frecuencia cardiaca de esfuerzo y el VO_2 (Gaskill et al, 2002), y habida cuenta que un litro de VO_2 equivale a un coste calórico de 4,88 kcal.

Nuestros resultados, evaluados no con acelerómetros, sino a través del comportamiento de la frecuencia cardiaca, nos dicen que el P.E.E.I.F. ha realizado una

intensidad promedio de esfuerzo, en incendios de similar duración, de 4 kcal/min, si bien en algunas B.R.I.F. el promedio ha sido de 5,4 kcal/min, y en momentos puntuales hemos podido estimarla en 12 Kcal/min. Heil y cols. (2002) determinan un coste calórico de 2.422 kcal/día en 403 min de actividad laboral del P.E.E.I.F., lo que supone una elección de intensidad de trabajo de 6 kcal/min, que aparece en la literatura como el límite que puede considerarse como una intensidad de trabajo moderada en esfuerzos de muy larga duración.

Son pocos los estudios que analizan el esfuerzo realizado por el P.E.E.I.F. a través de la frecuencia cardiaca de esfuerzo real. En la literatura empiezan a aparecer estudios que determinan la energía gastada durante las diferentes actividades a las que tiene que hacer frente el P.E.E.I.F. (Heil, 2002), y que muestran que la energía gastada asociada a la actividad física realizada por los sujetos es de ≈ 2.500 kcal/día. Estos datos, al igual que los de

■ **La intensidad de trabajo media con la que tiene que esforzarse el P.E.E.I.F. en las B.R.I.F. es tal que, en función de las demandas puntuales de los diferentes tipos de incendios, llegan a estar durante un 2% del tiempo medio de duración de los fuegos (225 min) a intensidades de esfuerzo calificadas como muy altas, es decir 4,5 min a frecuencias cardiacas mayores del 90% de su frecuencia cardiaca máxima.** ■



nuestro estudio, muestran las altas demandas energéticas a las que tienen que hacer frente el P.E.E.I.F. ante este tipo de trabajo prolongado; de aquí que en el cómputo global la larga duración rebaja la intensidad del coste calórico de esfuerzo, pero condiciona seguramente su dureza. No obstante, para comparar estos datos es necesario comparar el tipo de fuegos ante los que se enfrentan y, sobre todo, en relación a las temperaturas, orografía y tipo de combustible.

Pero también es lógico pensar y analizar que la intensidad con la que se afronte un incendio esté en parte condicionada, aparte de por otros factores, por la duración del mismo. En este sentido hemos analizado cómo la duración de los incendios conlleva un aumento del porcentaje y el tiempo de trabajo en la zona de moderada y baja intensidad (Figura 10), del orden 77,7% del tiempo. 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 analizado en esfuerzos ciclistas (Lucía et al., 1999).

Así, en nuestro estudio mostramos una disminución significativa y progresiva de los porcentajes de trabajo en la zona de intensidad alta a medida que aumenta la duración del incendio (a partir de los de 1 hora de duración). También se observa un estancamiento del porcentaje de trabajo en la zona de muy alta intensidad, que no difiere significativamente entre los incendios de diferente duración, aunque es mayor en los de duración menor a 1 hora.

Es decir, salvo en los incendios de corta duración, que tienden a abordarse con una mayor intensidad, parece existir un mecanismo autorregulatorio que establece el ritmo de trabajo prolongado, cercano al umbral aeróbico, que conlleva que el 77,7% del tiempo de trabajo medio (171 min por término medio) lo hacen a dicho ritmo. No obstante, es de resaltar la necesidad de incrementar esporádicamente y reiteradamente altos y muy altos ritmos de trabajo o intensidad de esfuerzo, mantenidos durante un tiempo variable, que en conjunto determina que el porcentaje de tiempo medio correspondiente a intensidades altas, y cercanas al umbral de fatiga, se reduzca significativamente desde un 27% (en incendios de menos de 1 hora de duración) y un 17,8% (en incendios de duración de 3 a 5 horas), hasta un 9% en los incendios de más de 5 horas de duración.

En cambio, los esfuerzos a intensidades muy altas, aquéllas

que se realizan superando el umbral anaeróbico o de fatiga con acumulación de ácido láctico por encima de los 4 mmol/l, se realizan durante un porcentaje de tiempo de esfuerzo en torno al 2,2% (lo que corresponde a unos 5 min por término medio). Estos datos resaltan la dureza de este tipo de trabajo en la medida que interacciona la intensidad de esfuerzo (cercana al umbral aeróbico de esfuerzo saludable) con la alta duración promedio de los fuegos (225 min), llegándose a traba-

■ **El análisis de los 79 fuegos que ocurrieron por la geografía española entre junio y septiembre de 2006, determina que la frecuencia cardiaca promedio de trabajo en los mismos fue 118 ppm en el P.E.E.I.F. de 27 años de edad media, lo que significa un esfuerzo que equivale al 60% de la Frecuencia cardiaca máxima, y corresponde a una carga cardiovascular del 53,2%.**

jar continuamente en algunos fuegos de 10-12 h, y/o en fuegos que requieren varios días de trabajo continuo, con las repercusiones orgánicas sobreañadidas que esta intensidad y duración tienen sobre la fatiga local y general, daño muscular, deshidratación y patología por el calor, patologías del aparato locomotor, etc.

Una posible explicación a la diferente distribución de los tiempos de trabajo en las diferentes zonas de intensidad analizadas puede ser el fenómeno de "teleo-anticipación" (Ulmer, 1996), meca-

nismo de regulación de los cambios metabólicos y gasto energético de los sujetos en función de la duración del esfuerzo. Por ello sería importante utilizar parámetros que combinen la intensidad y la duración del esfuerzo para analizar o estudiar la dureza del mismo. En este sentido, habría que analizar en futuros trabajos si la dureza se incrementa en función de la intensidad de trabajo mantenida, o de la duración del fuego que exige regular la intensidad de esfuerzo para su extinción.

Nuestros datos muestran la importancia del trabajo realizado en la zona de moderada intensidad. Aproximadamente los sujetos del estudio permanecieron un 53% del tiempo total del incendio en esta intensidad (\approx 120 min). 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 el P.E.E.I.F., en las tareas que implican un trabajo prolongado (Lankford et al., 2003).

Por ello, una mejora a nivel del umbral aeróbico, identificado en los sujetos del estudio aproximadamente al 50% del VO_2 máx, permitiría a éstos la adopción de intensidades de trabajo más altas durante la extinción de incendios, hecho que adquiere gran importancia a medida que la duración del incendio es mayor. En este sentido programas de entrenamiento específicos que mejoren estos parámetros, permitirían realizar este trabajo con mayores márgenes de seguridad y eficacia a la hora de realizar unas tareas prolongadas con una menor intensidad.

Todos estos datos dejan paten-



te la gran carga de trabajo físico a la que tiene que hacer frente el P.E.E.I.F., que es mayor a medida que aumenta la duración de los incendios. Para soportar estas cargas, similares a las realizadas por deportes típicos de resistencia extrema, es necesario la correcta aplicación y planificación de programas de entrenamiento, ya que enfrentar a este tipo de población a estos esfuerzos puede conllevar un alto riesgo de fallo cardíaco como recientemente se ha publicado en el caso de los bomberos urbanos (Kales et al., 2007).

6.- CONCLUSIÓN

El trabajo físico del P.E.E.I.F. durante la extinción de incendios se realiza a una intensidad de esfuerzo que es lo suficientemente alta como para conllevar un elevado coste energético, y que se corresponde a una carga de trabajo que requiere y exige una buena condición física para afrontarla con las suficientes garantías y con el menor riesgo para la salud.

Conocer y cuantificar la alta



■ Salvo en los incendios de corta duración, que tienden a abordarse con una mayor intensidad, parece existir un mecanismo autorregulatorio que establece el ritmo de trabajo prolongado, cercano al umbral aeróbico, que conlleva que el 77,7% del tiempo de trabajo medio (171 min por término medio) lo hacen a dicho ritmo. ■

intensidad de esfuerzo del P.E.E.I.F. en los diferentes tipos de incendios forestales nos permite:

1.- Optimizar las condiciones de protección y prevención de riesgos laborales (E.P.I., fatiga, deshidratación, monitorización del esfuerzo con uso de nuevas tecnologías, avituallamiento versus desfallecimientos, golpe de calor, ...).

2.- Mejorar la eficiencia energética y el rendimiento ergonómico para afrontarlo (programas

específicos de entrenamiento físico; ...).

3.- Garantizar y minimizar las repercusiones laborales propias del medio ambiente hostil.

7.- BIBLIOGRAFÍA

1. Achten, J., & Junkendrup, A.E. (2003). Heart Rate Monitoring. Applications and Limitations. Sports Medicine. 33:517-538.

2. American College of Sports Medicine (1998). ACSM position stand: the recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. Medicine Science in Sports Exercise. 30:975-991.

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

4. Astrand, P.O., & Rodahl, K. (1986). Textbook of work physiology. MacGraw-Hill. New York.

5. Barbeau, P., Serresse, O., & Boulay, M.R. (1993). Using maximal and submaximal aerobic variables to monitor elite cyclists during a season. Medicine Science in Sports Exercise. 5:1062-1069.

6. Boulay, M.R., Simoneau, J., Lortie, G., & Bouchard, C. (1997) Monitoring high-intensity endurance exercise with heart rate and thresholds. Medicine Science in Sports Exercise. 29:125-132.

7. Fernández-García, B., Pérez, J., Rodríguez, M., & Terrados, N. (2000). Intensity of exercise during road race pro-cycling competition. Medicine Science in Sports Exercise. 32:1002-1006.

8. Foster, C. (1998). Monitoring

training in athletes with reference to overtraining syndrome. *Medicine Science in Sports Exercise*. 30:1164-1168.

9. Foster, C., Florhaug, J.A., Franklin, J., Gottschall, L., Hrovatin, L.A., Parker, S., Doleshall, P. & Dodge, C. (2001). A new approach to monitoring exercise training. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 15:109-115.

10. Foster, C., Florhaug, J.A., Franklin, J., Gottschall, L., Hrovatin, L.A., Parker, S. Doleshal, P., & Dodge, C. (2001). A New Approach to Monitoring Exercise Training. *Journal Strength and Conditioning Research*. 15:109-115.

■ **Los esfuerzos a intensidades muy altas, aquéllas que se realizan superando el umbral anaeróbico o de fatiga con acumulación de ácido láctico por encima de los 4 mmol/l, se realizan durante un porcentaje de tiempo de esfuerzo en torno al 2,2% (lo que corresponde a unos 5 min por término medio).** ■

11. Foster, C., Hoyos, J., Earnest, C., & Lucía, A. (2005). Regulation of Energy Expenditure during Prolonged Athletic Competition. *Medicine Science in Sports Exercise*. 37:670-675.

12. Gaskill, S.E., Ruby, B.C., Heil, D.P., Sharkey, B.J., Slivka, D., & Lankford, E. (2003). Seasonal changes in wildland firefighters aerobic fitness. *Medicine Science in Sports Exercise*. 35(5) S131.

13. Gaskill, S.E.; Ruby, B.C.; Lanckford, D.E.; Heil, D.P.; Sharkey, B.J.; (2002) " Effect of submaximal VO_2 at the Ventilatory Threshold on



Self-Selected Work Rate during wildland Firefighting". The University of Montana, Missoula.

14. Gilman, M. (1996). The use of heart rate to monitor the intensity of endurance training. *Sports Medicine*. 21:73-79.

15. Gilman, M.B., & Wells, C.L. (1993). The use of heart rates to monitor exercise intensity in relation to metabolic variables. *International Journal Sports Medicine*. 14:339-344.

16. Goldberg, L., Elliot D.L., & Kuehl, K.S. (1988). Assessment of exercise intensity formulas by use of ventilatory threshold. *Chest*. 94(1): 95-98.

17. Hahn, A.G., & Gore, C.J. (2001). The effect of altitude on cycling performance. A challenge to traditional concepts. *Sports Medicine*. 31: 533-557.

18. Heil, D.P. (2002). Estimating energy expenditure in wildland fire fighters using a physical activity monitor. *Applied Ergonomics*. 33: 405-413.

19. Heingenhauser, G.F., Sutton, J.R., & Jones, N.L. (1983). Effects of glycogen depletion on the ventilatory response to exercise. *Journal Applied Physiology*. 54:470-474.

20. Impellizzeri, F.M., Rampinini, E., Coutts, A.J., Sassi, A., & Marcora, S.M. (2004). Use of RPE-based training load in soccer. *Medicine Science in Sports Exercise*. 36:1042-1047.

21. Jeukendrup, A., & Van Diemen, A. (1998). Heart rate monitoring during training and competition in cyclists. *Journal Sports Science*. 16:91-99, 1998.

22. Kales, S.N., Soteriades, E.S., Christophi, C.A., & Christiani, D.C. (2007). Emergencies duties and deaths heart disease among firefighters in the United States. *New England Journal of Medicine*. 356 (12): 1207-1215.

23. Lankford, D.E., Gaskill, S.E., Ruby, B.C., Heil, D.P., & Sharkey, B.J. (2003). Influence of submaximal VO_2 at ventilatory threshold on self-selected work rate during wildland firefighting. *Medicine Science in Sports Exercise*. 35(5) S1: 210.



24. Lawson, L.K., Crown, E.M., Ackerman, M.Y., & Dale, J.D. (2004). Moisture effects in heat transfer through clothing systems for wildland firefighters. *International journal of occupational safety and ergonomics*. 10: 227-238.

25. López Satue, J.; Villa Vicente, J.G.; Moreno Romeo, S.; Ávila Ordás, M.C.; Pernía Cubillo, R.; Mendonca, P.R. (2007). Influencia en las "BRIF, CAR y Retén" de un programa de entrenamiento físico sobre la mejora de la condición física en relación con la salud. Congreso y Exposición Internacional de Protección Ciudadana, Seguridad y Transporte de Emergencias "PROTEC 2007".

26. Lucía, A., Hoyos, J., Carvajal, A., & Chicharro, J.L. (1999). Heart rate response to professional road cycling: the Tour de France. *International Journal Sports Medicine*. 20:167-172.

27. Lucía, A., Hoyos, J., Santalla, A., & Earnest, C. (2003). Tour de France versus Vuelta a España: Which Is Harder? *Medicine Science in Sports Exercise*. 35:872-878.

28. Maw, G.J., Boutcher, S.H., & Taylor, N.A. (1993). Ratings of perceived exertion and affect in hot and cool

environments. *European Journal Applied Physiology*. 67: 174-179.

29. McInnis, K., & Balady, G.J. (1994). Comparison of submaximal exercise responses using the Bruce versus modified Bruce protocols. *Medicine Science in Sports Exercise*. 26: 103-107, 1994.

30. Montain, S.J., Coyle, E.F. (1992). Influence of graded dehydration on hyperthermia and cardiovascular drift during exercise. *Journal Applied Physiology*. 73: 1340-1350.

31. Rixon, K.P., Rehor, P.R., & Bembien, M.G. Analysis of the assessment of caloric expenditure in four modes of aerobic dance. *Journal Strength and Conditioning Research*. 20: 593-596, 2006.

32. Rodríguez-Marroyo, J.A, García López, J., Avila, C., Jiménez, F., Cordova, A., & Villa Vicente, J.G. (2003). Intensity of Exercise according to Topography in Professional Cyclists. *Medicine Science in Sports Exercise*. 35:1209-1215.

33. Ruby, B.C., Shriver, T.C., Zderic, T.W., Sharkey, B.J., Burks, C., & Tysk, S. (2002). Total energy expenditure during arduous wildfire suppression. *Medicine Science in Sports Exercise*. 34(6): 1048-1054.

34. Satue López, J.; Villa Vicente, J.G.; Rodríguez Marroyo, J.A; García López, J.; Moreno romeo, S.; Ávila Ordás, M.C.; Pernía Cubillo, R. (2007). 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. IV Conferencia Internacional sobre Incendios Forestales. Sevilla.

35. Sharkey, B. (1999) "Wildland Firefighter Health and Safety. Recommendations of April 1999 Conferen-

■ **Conocer y cuantificar la alta intensidad de esfuerzo del P.E.E.I.F. en los diferentes tipos de incendios forestales permite optimizar las condiciones de protección y prevención de riesgos laborales, mejorar la eficiencia energética y el rendimiento ergonómico, y garantizar y minimizar las repercusiones laborales propias de un medio ambiente hostil.** ■

ce". USDA Forest Service: 22-25.

36. Ulmer, H.V. (1996). Concept of an extracellular regulation of muscular metabolic rate during heavy exercise in humans by psychophysiological feedback. *Experientia* 52: 416-420.

37. Vélez, R. (2000). La Defensa contra Incendios Forestales. Ed McGraw-hill/Interamericana de España, S.A.U.

38. Villa Vicente, J.G.; López Satue, J.; Rodríguez-Marroyo, J.A.; Moreno Romeo, S.; Ávila Ordás, M.C.; Pernía Cubillo, R. (2007). Análisis del coste energético y de la dureza del trabajo de extinción de incendios forestales. Congreso y Exposición Internacional de Protección Ciudadana, Seguridad y Transporte de Emergencias "PROTEC 2007". León.

39. Villa Vicente, J.G.; López Satue, J.; Juan García López; Mendonca P. R.; Pernía Cubillo, R. (2007). El entrenamiento físico como método de prevención de riesgos laborales en el Personal Especialista en Extinción de Incendios Forestales (P.E.E.I.F.). 5º Congreso Internacional de Prevención de Riesgos Laborales. Santiago de Chile.

■ **El trabajo físico del P.E.E.I.F. durante la extinción de incendios se realiza a una intensidad de esfuerzo que es lo suficientemente alta como para conllevar un elevado coste energético, y que se corresponde a una carga de trabajo que requiere y exige de una buena condición física para afrontarla con las suficientes garantías y con el menor riesgo para la salud.** ■

■ **Conocer y cuantificar la alta intensidad de esfuerzo del P.E.E.I.F. en los diferentes tipos de incendios forestales permite optimizar las condiciones de protección y prevención de riesgos laborales, mejorar la eficiencia energética y el rendimiento ergonómico, y garantizar y minimizar las repercusiones laborales propias de un medio ambiente hostil.** ■

40. Winder, W.W., Hagber, J.M., Hickson, R.C., Ehsani, A.A., & McLan, J.A. (1980). Time course of sympathoadrenal adaptation to endurance exercise training in man. *Journal*

Applied Physiology. 45: 370-374.

41. Wolski, L.A., McKenzie, D.C., & Wenger, A.H. (1996). Altitude training for improvements in sea level performance. Is there scientific evidence of benefit?. *Sports Medicine*. 22:251-263.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la total confianza y desinteresada participación en este proyecto, del P.E.E.I.F. contratado por TRAGSA, que voluntariamente está participando activamente en el estudio, trabajando en los incendios portando aparatos científicos de medida, sometiéndose a analíticas específicas, desplazándose al laboratorio de la Universidad de León en

su tiempo libre, etc., así como el apoyo de la Dirección General para la Biodiversidad del Ministerio de Medio Ambiente y de la Junta de Comunidades de Castilla- La Mancha.

DIRECCIONES PARA CORRESPONDENCIA:

TRAGSA: Santos Martín, M^a Inmaculada (isantos@tragsa.es); López Satué, Jorge (jlopez12@tragsa.es)

Fraternidad Muprespa: Montalbán Peña, Javier (jmontalban@fraternidad.com)

Universidad de León: Villa Vicente, José Gerardo (jg.villa@unileon.es)