

PROYECTO CREIF: “FACTORES CONDICIONANTES DEL RENDIMIENTO DEL PERSONAL ESPECIALISTA EN EXTINCIÓN DE INCENDIOS FORESTALES”

Jorge López Satué. *Licenciado en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte.*

El Personal Especialista en Extinción de Incendios Forestales se caracteriza por desempeñar su trabajo en unas condiciones muy adversas desde el punto de vista del rendimiento físico, ya que se ve expuesto a una serie de condicionantes tales como las altas temperaturas, la inhalación de humo, la larga duración del esfuerzo, etc. que influyen negativamente en su capacidad de trabajo. Por ello, la empresa TRAGSA, en colaboración con la Fraternidad Muprespa y la Universidad de León y con apoyo del Área de Incendios de la Dirección General para la Biodiversidad (MMA) y de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, están desarrollando un proyecto de I+D+i que persigue la mejora en la seguridad y de la condición física en relación con la salud ante el esfuerzo físico desarrollado por el Personal Especialista en Extinción de Incendios Forestales (P.E.E.I.F.).



Dicho proyecto, de forma global, diferencia 4 grandes áreas de estudio:

1) Análisis y medición del tipo de esfuerzo físico desarrollado por el P.E.E.I.F. Para ello se van a desarrollar las siguientes tareas:

- Estudiar el gasto energético durante la extinción de incendios forestales mediante la aplicación de pulsómetros y acelerómetros triaxiales.
- Cuantificar el estrés térmico al que se ve sometido el P.E.E.I.F. durante el desempeño de su trabajo mediante sensores térmicos internos o ingeribles.
- Analizar la intensidad metabólica del esfuerzo alcanzada durante la extinción a través del estudio de la concentración de ácido láctico en sangre.
- Estudiar y registrar el grado de deshidratación alcanzada durante la extinción de Incendios Forestales.
- Cuantificar el daño muscular.
- Registrar las concentraciones de CO y O₂ existentes durante la extinción de Incendios Forestales.

2) Análisis y valoración de los Equipos de Protección Individual (E.P.I.).

Para ello se realizarán las siguientes tareas:

- Valorar la confortabilidad de los E.P.I. a través de cuestionarios de confort.
- Evaluar las repercusiones que sobre el metabolismo tienen los diferentes E.P.I. a través de la realización de pruebas de esfuerzo en condiciones térmicas elevadas.
- Analizar las alteraciones que provocan los diferentes E.P.I. sobre la capacidad de transferencia de calor corporal al medio.

3) Análisis y evaluación biomecánica de las herramientas de extinción, a través de las siguientes tareas:

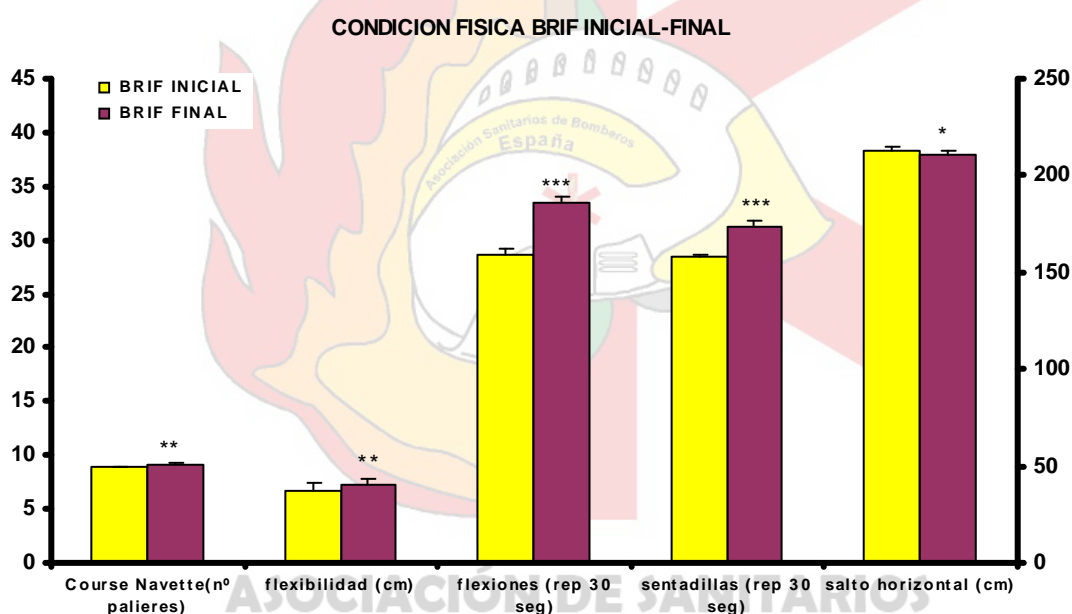
- Estudiar la cinética y cinemáticamente las diferentes tareas de extinción.
- Valorar las distintas formas de llevar a cabo una tarea en los patrones de movimiento y en las fuerzas que soportan los trabajadores.
- Analizar la ergonomía de las diferentes herramientas de extinción aplicadas sobre diversos combustibles.
- Evaluar la ergonomía de la actual mochila 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 las siguientes tareas:

- Evaluar y validar el plan de entrenamiento físico propuesto mediante batería Eurofit modificada.
- Cuantificar las modificaciones en la composición corporal.
- Analizar el grado de fiabilidad y nivel de especificidad de las pruebas de aptitud física utilizadas como criterio de selección.

Resultados Preliminares

- Un programa de entrenamiento físico de 3 meses de duración conlleva mejoras sustanciales en la condición física general del P.E.E.I.F.



Figura

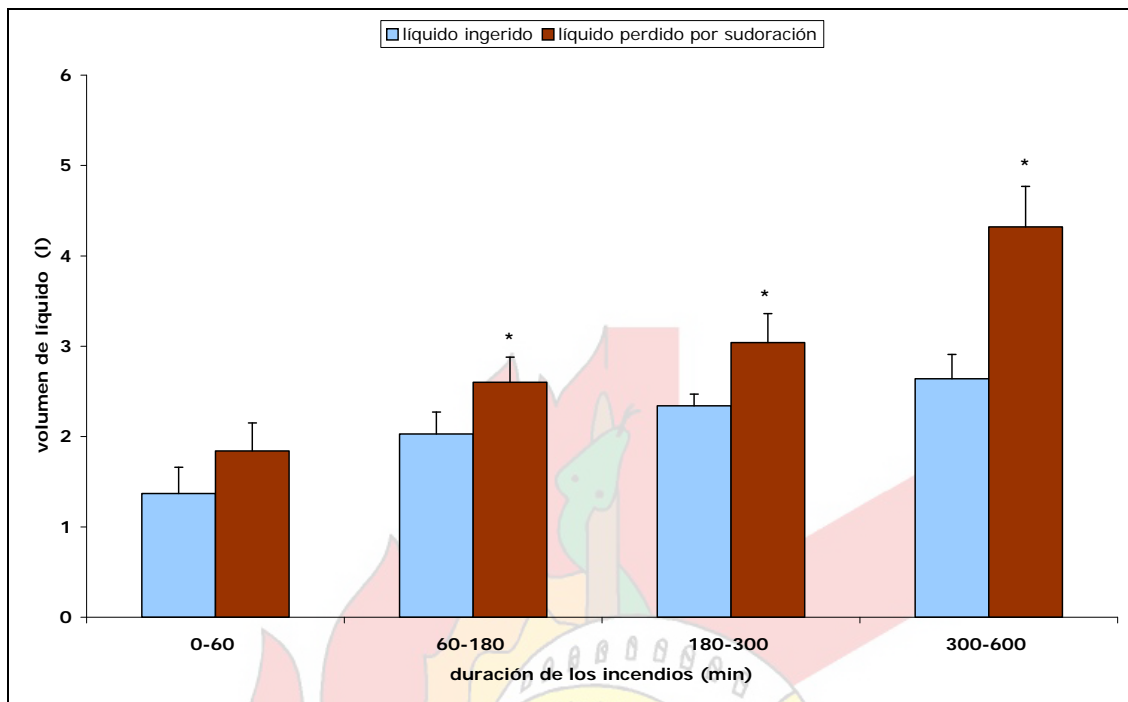
1.- Comparación de los valores obtenidos en batería EUROFIT antes y después del periodo de entrenamiento, Valores expresados como media±E.E.M. (* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0,001$).

- El entrenamiento aeróbico desempeña un papel fundamental en la preparación física del P.E.E.I.F, debido a los grandes volúmenes de trabajo que realizan en torno al umbral aeróbico durante la extinción de los incendios forestales.

- La realización de ejercicio físico por parte del P.E.E.I.F es beneficioso para la mejora de la eficacia laboral y para la mejora de las condiciones de seguridad individual.

- Gracias al registro de los líquidos ingeridos durante la extinción de incendios forestales por parte del P.E.E.I.F. así como la cuantificación del peso corporal antes

y después del incendio, se han podido registrar sudoraciones de hasta 8 litros, lo que implica niveles de deshidratación elevados y por tanto, el avituallamiento debe ser considerado de vital importancia dentro de este sector.



Figura

2.- Volumen de líquido ingerido y perdido por sudoración en distintos tipos de incendios. Valores expresados como media±E.E.M. *, diferencias significativas entre ambos líquidos en los tipos de incendios, ($p < 0.05$).

- Tras la comparación de los valores obtenidos en la prueba del banco con la prueba de esfuerzo, se puede afirmar que dicha prueba no es fiable ni específica. Recientemente, y en base a los estudios realizados, se ha escogido una adaptación del Pack Test americano como prueba física de selección del P.E.E.I.F. en la comunidad de Castilla-La Mancha y en las B.R.I.F. (Brigadas de Refuerzo de Incendios Forestales).

ASOCIACIÓN DE SANITARIOS
DE BOMBEROS DE ESPAÑA

- Los estudios realizados constatan que el personal con más de 5 años de experiencia en el sector presentan un mejor comportamiento frente a la extinción (menor frecuencia cardiaca) debido principalmente a la mayor aclimatación al medio y a la mayor capacidad de autorregulación frente al desempeño de sus labores.

- En incendios de larga duración el coste energético puede llegar a las 5000 kcal, por lo que se recomienda administrar complementos nutricionales.

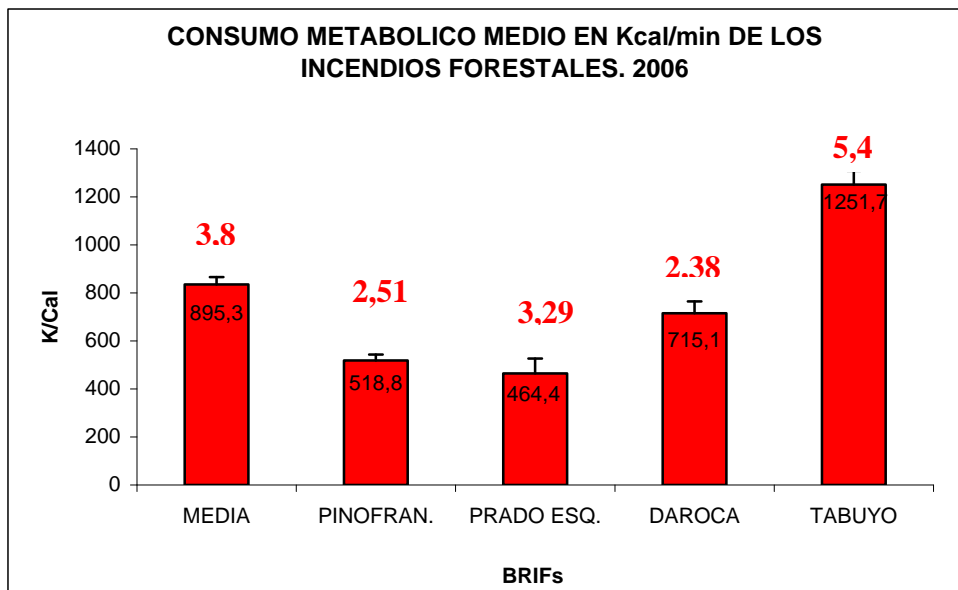


Figura 3.- Consumo metabólico medio (Kcal/min) en los diferentes incendios forestales 2006. Valores expresados como media±E.E.M.

- En base a los estudios realizados, se puede equiparar el esfuerzo realizado por el P.E.E.I.F. en determinados incendios con el desarrollado por un ciclista profesional ante una etapa de máxima exigencia.

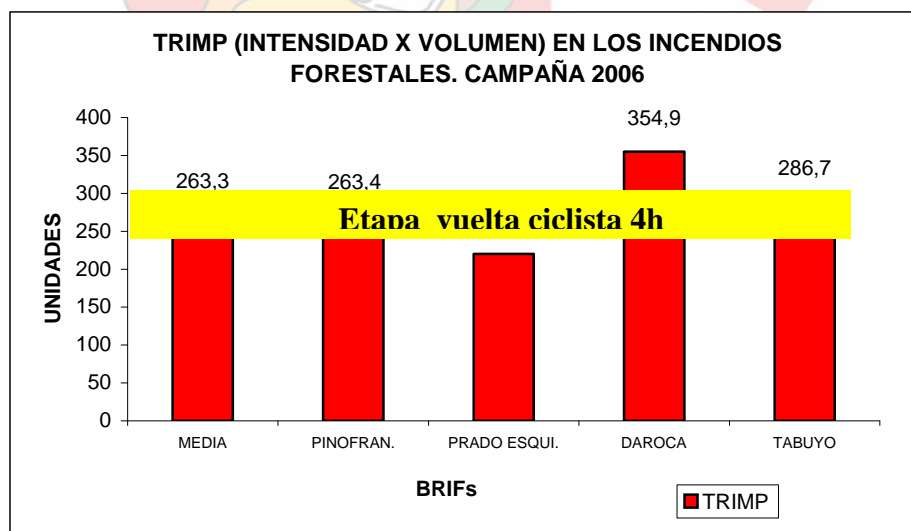


Figura 4.- TRIMP en los diferentes incendios forestales 2006. Valores expresados como media±E.E.M.

Discusión

Son pocos aún los estudios que analizan el esfuerzo realizado por el P.E.E.I.F. ya sea a través de la FC (Apud et al, 1999 y 2002), del coste energético mediante activímetros o acelerómetros (Heil, 2002; Gaskill et al, 2003) o estimando el VO_2 que demanda dicha actividad (Sharkey et al, 1994). El $VO_{2\text{máx}}$ del P.E.E.I.F. objeto de estudio es de $56,7 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, lo que denota que se requiere de una alta capacidad de trabajo físico para soportar este tipo de esfuerzo, siendo similar a los descritos para el P.E.E.I.F. del Forest Service ($49 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, Gaskill et al., 2003; $58,21 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, Lawson et al., 2004), que son profesionales contratados fijos. Recientes trabajos mediante activímetros triaxiales evalúan que el costo energético durante las diferentes actividades a las que tiene que hacer frente el P.E.E.I.F. es de $\sim 2500 \text{ kcal}\cdot\text{día}^{-1}$ (Brent et al., 2002; Heil, 2002) o incluso puede llegar puntualmente a las $6000 \text{ kcal}\cdot\text{día}^{-1}$ (Gaskill et al., 2003), lo que demuestra las altas demandas energéticas a las que tienen que hacer frente el P.E.E.I.F.

Estas altas demandas son muestra de la dureza del esfuerzo que tienen que realizar (Gaskill et al., 2003), la cual a su vez está determinada por la duración y la intensidad del mismo (Foster et al., 2001). En este sentido la duración media de los 79 incendios analizados del año 2006 en las que participaron las BRIF fue de 3h y 45 min, duración similar a muchas de las etapas que realizan los ciclistas en una gran vuelta como la Vuelta Ciclista a España o Tour de Francia (Lucía et al., 1999; Fernandez-García et al., 2000; Rodríguez-Marroyo et al., 2003). La frecuencia cardiaca media de esfuerzo a la que realizan sus tareas el P.E.E.I.F. fue de 117 ppm, alcanzando una frecuencia cardiaca máxima de 169 ppm (el 87.5% de la $FC_{\text{máx}}$ teórica), por lo que las intensidades de esfuerzo o trabajo representan una media del 60,7% de la FC máxima que es capaz de mantenerse durante las casi 4 horas de duración del esfuerzo. A tal efecto se consideran rangos óptimos de intensidad de esfuerzo las comprendidas entre el 55-90% de la FC máxima o el 40-85% de la FC de reserva, siendo las intensidades más idóneas para trabajar con sujetos sedentarios las situadas entre 55-65% de la FC máxima o 40-50% de la FC de reserva (ACSM, 1998).

Intensidad de esfuerzo que conlleva un coste calórico (evaluado directamente mediante los pulsómetros Polar Team) de 895 K/cal de promedio, si bien el rango del coste calórico medio es muy grande en los incendios (desde 229 Kcal hasta 1338 Kcal). Esta intensidad de trabajo mantenida durante los 225 min de duración

promedio de los incendios forestales del año 2006 conlleva un coste calórico medio de 3.8 kcal/min.

Como indicador de intensidad en esfuerzos de larga duración también se utiliza la carga cardiovascular (Apud et al, 1999) que tiene en cuenta la frecuencia cardiaca máxima, la de reposo o basal y la de trabajo o frecuencia cardiaca media (fórmula de Karvonen) (Goldberg et al., 1988). Como prevención de riesgos, Apud et al., (2002) establecen que la carga cardiovascular en el trabajo del P.E.E.I.F. en un entorno de seguridad debe estar entorno al 40% en trabajos continuos de no más de 8 horas de duración respetando el ratio trabajo vs reposo de 3:1. En incendios forestales de más de 3-4 h de duración media se han descrito cargas cardiovasculares del 45% (Apud et al., 2002), de tal forma que a medida que el tipo de incendio sea más intenso, y la temperatura de globo más alta, la carga cardiovascular será mayor, pudiéndose llegar al 70% en temperaturas extremas. El análisis de los 79 fuegos analizados que ocurrieron por la geografía española entre junio y septiembre de 2006, determina que la frecuencia cardiaca promedio de trabajo en los mismos fue 117 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 ligeramente más alta de lo que se podía esperar en función de la duración media de los fuegos analizados.

Esta más alta intensidad de esfuerzo de lo esperado lo confirma el grupo de trabajo del Forest Service de USA (Lankford et al, 2004) al determinar recientemente el coste calórico de esta actividad laboral mediante acelerómetros y/o activímetros, cuantificando que fuegos de 13,5 h de duración conllevan un gasto calórico de 3806.87 kcal-fuego⁻¹ por término medio (lo que implica un gasto calórico de 4729.54 kcal-día⁻¹ para ese trabajador). Incluso el nivel de condición física influye en dicho rendimiento físico, ya que Gaskill et al. (2002) establecieron un gasto calórico medio de 2735 kcal-día⁻¹ si la condición física del P.E.E.I.F. es baja, y de 3425 kcal-día⁻¹ si es alta. Heil (2002) determinan un coste calórico de 2422 kcal-día⁻¹ de actividad 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⁻¹, considerada en la literatura como el límite entre considerarse como una intensidad de trabajo moderada en esfuerzos de muy larga duración. Nuestros resultados, evaluados no con acelerómetros, sino a través del comportamiento de la frecuencia cardiaca, lo cual puede conllevar un porcentaje de error en la estimación calórica menor al 10% en este tipo de esfuerzos (Villa, 2007), es que el P.E.I.I.F. con frecuencias cardiacas medias de 117 ppm, que representan

el 60% de la FC_{max}, conllevan un gasto calórico medio de 835 kcal (Villa et al., 2007), por lo que realizan una intensidad promedio de esfuerzo en incendios de similar duración de 4 kcal·min⁻¹, si bien en algunas B.R.I.F. el promedio ha sido de 5.4 kcal·min⁻¹ (Villa et al., 2007). 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.

Estos datos conducen a pensar que la dureza del esfuerzo del P.E.E.I.F., confirmada por el alto coste energético que implica, parece estar condicionada más por el gran volumen o duración de trabajo que tienen que hacer frente y no tanto por la intensidad que éste parece implicar. De hecho nuestros datos parecen refrendarlo, ya que muestran la importancia del trabajo realizado en la zona de aeróbica o de baja intensidad, en la que permanecen un 82,3% del tiempo total del incendio (~185 min). En este sentido 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). El P.E.E.I.F. objeto de estudio tienen el umbral aeróbico a una intensidad del 46,7% del VO₂máx, intensidad cuyo VO₂ es aún superior al mínimo trabajo físico aconsejado (22.5 ml·kg⁻¹·min⁻¹) para el mismo por el Forest Service (Gaskill 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 que la aptitud física del P.E.E.I.F. de las B.R.I.F. de elite en España supera la mínima condición física requerida. Por ello una mejora a nivel del umbral aeróbico permitiría a los sujetos la adopción de intensidades de trabajo más altas durante la extinción de incendios, adquiriendo 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 una tarea prolongada con una menor intensidad.

En nuestro trabajo no se ha podido establecer el ratio trabajo vs descanso (Apud , 2002), ni cuantificar los periodos de descanso o de disminución del ritmo de esfuerzo en función de la rotación técnica establecida, por lo que se ha de estimar que entre un 20-25% del tiempo la frecuencia cardiaca de esfuerzo es inferior a 80 ppm (frecuencia cardiaca de descanso o reposo). Por ello debe adquirir más realce el tiempo de esfuerzo a intensidades anaeróbicas o muy altas (un 2,4%, es decir 4,5 min) o a intensidades altas o entre umbrales (un 14,7%, es decir 33 min); es decir

una quinta parte del tiempo de trabajo (unos 40 min) el esfuerzo realizado es de una intensidad que difícilmente se puede mantener en el tiempo. Por ello se hace necesario analizar la influencia de la duración del incendio en la intensidad de esfuerzo realizada.

Nuestros resultados reflejan que la mayor duración de los incendios conlleva un aumento del porcentaje y el tiempo de trabajo en la zona aeróbica o de moderada intensidad, 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 observado en esfuerzos de resistencia de larga duración como el ciclismo (Lucía et al., 1999). En este sentido se ha observado una disminución progresiva de los porcentajes de trabajo en la zona de intensidad alta a medida que aumenta la duración del incendio y un estancamiento del porcentaje de trabajo en la zona de muy alta intensidad.

Es decir salvo en los incendios de corta duración, que tienden a abordarse con una mayor intensidad o esfuerzo, parece existir un mecanismo autoregulatorio que establece el ritmo de trabajo prolongado, cercano al umbral ventilatorio VT1 o aeróbico, que conlleva que el 77.7% del tiempo de trabajo medio (171 min de media) 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 esfuerzos, 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, sea del 17.8% (lo que corresponde a unos 35 min por término medio). Y que a muy altas intensidades, aquellas que se realizan superando el umbral anaeróbico o VT2 o umbral de fatiga con acumulación de ácido láctico por encima de los $4 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$, estén a un porcentaje de tiempo entorno al 2.4% (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 (210 min), llegándose a trabajar continuamente en 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 reside en el fenómeno de “teleoanticipación” (Ulmer, 1996). La “teleoanticipación” está condicionada por la experiencia previa de los sujetos y por la duración de las actividades a realizar (Ulmer, 1996). Este mecanismo regularía-anticiparía los cambios metabólicos y la energía total gastada de los sujetos con el fin de obtener el mejor rendimiento y evitaría la obtención de cargas de trabajo (TRIMP) excesivamente elevadas (Lucia et al., 2003).

Ahora bien, quedaría por delimitar si es más duro el trabajo del P.E.E.I.F. en incendios que le impliquen mucha intensidad pero poca duración, o aquellos fuegos que por su larga duración les condiciona una autorregulación a una menor intensidad. Es decir, la dureza que conlleva el ejercicio físico puede estar influenciada por la intensidad o la duración del mismo. Existe en la literatura un parámetro que permite cuantificar la dureza o la carga del trabajo físico englobando tanto la intensidad como la duración, este parámetro es el TRIMP (volumen \times intensidad) (Foster, 1998, Foster et al., 2001). El TRIMP medio alcanzado en nuestro estudio fue de \sim 265. Este TRIMP es similar al obtenido en deportistas de ultraresistencia muy entrenados (Lucia et al., 1999); así se han obtenido TRIMPs de \sim 300-400 en las distintas etapas que conforman una vuelta ciclista, de \sim 500 en carreras de atletismo de 50 km, de \sim 200 en carreras de atletismo de 20 km, de \sim 300 en una maratón (Lucia et al., 2003; Foster et al., 2005).

El TRIMP medio alcanzado por el P.E.E.I.F. en cada una de las 4 agrupaciones de incendios en función de su diferente duración fue significativamente superior en todos ellos a medida que la duración del mismo era mayor: 47.29 para los de menos de 1h de duración; 141,29 para los de 1-3h; 274 para los de 3-5 h; y 488 para los de 5-10h. Este último dato representa aproximadamente la totalidad de la carga de entrenamiento semanal de corredores aficionados (\sim 400 TRIMP por semana), la mitad de la carga de entrenamiento semanal de los corredores de élite keniatas (\sim 800 TRIMP por semana) y 1/3 del entrenamiento semanal de ciclistas profesionales (\sim 1000-1500 TRIMP por semana) (Foster et al., 2005). En este mismo sentido, y como indicador de dureza del esfuerzo, se ha identificado en ciclistas profesionales una tolerancia máxima en vueltas ciclistas de tres semanas de duración de 2000 TRIMP por semana (Foster et al., 2005). Atendiendo a los datos de nuestro estudio es posible que el P.E.E.I.F. se acerque o incluso sobrepase la

carga de entrenamiento semanal referenciada en la literatura para deportistas de élite o profesionales si aumenta la frecuencia de los incendios.

Conclusión

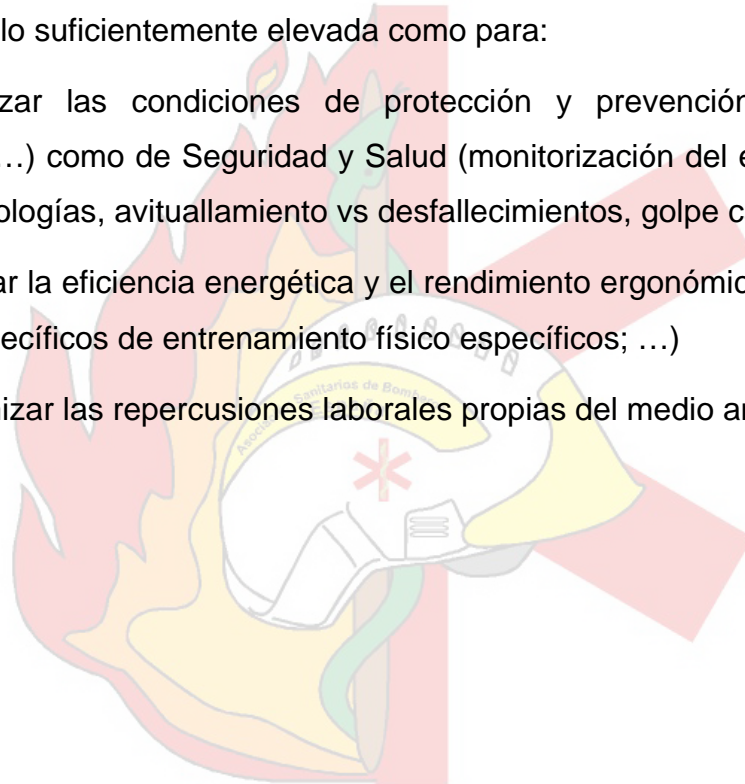
- El entrenamiento mejora la capacidad de trabajo físico en relación con la salud en los 3 niveles de especialización analizados, y en cualquier grupo de edad, lo que permite afrontar en mayores condiciones de eficiencia y seguridad el trabajo.

- El coste energético, la intensidad y dureza con el que se enfrenta el P.E.E.I.F. a los fuegos es lo suficientemente elevada como para:

- Optimizar las condiciones de protección y prevención (E.P.I., fatiga, deshidratación,...) como de Seguridad y Salud (monitorización del esfuerzo con uso de nuevas tecnologías, avituallamiento vs desfallecimientos, golpe calor, ...)

- Mejorar la eficiencia energética y el rendimiento ergonómico para afrontarlo (programas específicos de entrenamiento físico específicos; ...)

- Minimizar las repercusiones laborales propias del medio ambiente hostil.



**ASOCIACIÓN DE SANITARIOS
DE BOMBEROS DE ESPAÑA**