

# Influencia del color de los EPIS (Equipos de protección individual) en el confort térmico de los especialistas en prevención y extinción de incendios forestales, bomberos y personal de emergencias.

Linari Melfi .F 1, Vida Manzano. J, 3 Fernández Vicente. C 1, Vidal Salazar.D 1 , Chirosa Ríos. I 1, Alados Arboledas, L 2, Olmo Reyes, F 2, Foyo Moreno. I 2



## Resumen

Las distintas comunidades Autónomas adoptan diferentes modelos de funcionamiento en cuanto a la dirección y coordinación de los incendios forestales. Los dos modelos más utilizados son el “forestalista”, dirigido por consejerías de medio ambiente, ordenación del territorio, etc. y el de “emergencias”, dirigido por consejerías de interior, gobernación, etc.

Este hecho diferenciador desde un punto de vista político, lo es también en los colores que se utilizan en los EPIS (Equipos de Protección Individual), sin que existan razones objetivas que aconsejen la adopción de unos u otros. Así, encontramos EPIS de diferente color según la estructura organizativa que los gestione, por ejemplo principalmente azul y naranja en el caso de emergencias o verde y amarillo en el caso forestal.

Pero el confort térmico del profesional puede verse afectado por el color del EPI, cuestión que no es valorada en su diseño. Con este trabajo se pretende contribuir en este sentido, estudiando la influencia de los diferentes colores en la temperatura corporal del profesional y en los golpes de calor, insolaciones o deshidratación mediante la propuesta de un color para los EPIS que cumpla con dos factores esenciales, visualización y capacidad para proporcionar confort térmico laboral.

La norma ISO 7730 define la Comodidad Térmica como "*aquella condición mental que expresa satisfacción con el ambiente térmico*", definición difícil de convertir en parámetros físicos. No en vano, el ambiente térmico debe ser considerado conjuntamente con otros factores, como la calidad del aire o los niveles de luz y ruido, cuando se evalúa nuestro ambiente de trabajo. Las personas consideran cómodo el ambiente si no existe ningún tipo de incomodidad térmica. La primera condición de comodidad es la neutralidad térmica, cuando una persona no siente ni demasiado calor ni demasiado frío.

Teniendo esto en cuenta, se han sometido muestras de diferentes colores empleados en la confección de EPIS a condiciones ambientales normales de trabajo, analizando la temperatura

---

1 FOREX, Formación y Extinción. C/. Girasol, 20. 18290-El Chaparral (Granada). flinari@hotmail.com  
2 Grupo de Física de la Atmósfera. Centro Andaluz de Medio Ambiente (CEAMA), Junta de Andalucía, Avda. del Mediterráneo s/n, 18006-Granada. fjolmo@ugr.es  
3 Unidad de Acústica Física y Ambiental (UFAFA). Departamento de Física Aplicada, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada. 18071-Granada. jvida@ugr.es

de la prenda y la influencia de los diferentes parámetros ambientales. Para ello, se ha contado con la ayuda del CEAMA (Centro Andaluz de Medio Ambiente) y de la UAFA (Unidad de Acústica Física y Ambiental) de la Universidad de Granada, en colaboración con FOREX, Formación y Extinción.

## Introducción

En la extinción de los incendios forestales es importantísimo afinar todos y cada una de los aspectos que interaccionan en la seguridad del profesional de extinción, los nuevos conceptos de seguridad multidisciplinar hacen vislumbrar que a partir de ahora será importante trabajar en los detalles de la prevención de riesgos laborales.

La Influencia del color de los EPIS en el confort térmico de los especialistas en prevención y extinción de incendios forestales, bomberos y personal de emergencias es sin duda uno de esos detalles que intervienen en la seguridad de los profesionales que nos dedicamos a la extinción de incendios forestales. El hecho diferenciador de la estructura de seguridad de un operativo de extinción de incendios forestales es sin duda aquel que invierte en sus recursos humanos, sin duda que el profesional tenga una sensación térmica lo menos estresante posible es una facultad a tener en cuenta en los EPIS.

El siguiente estudio ha concluido su fase preliminar, nos encontramos en su fase de desarrollo y toma de datos, habiendo terminado la segunda experimentación, solo falta para concluir la 3 experimentación que se llevará a cabo a finales del mes de julio y que revelara datos aun más interesantes.

El confort térmico de los profesionales de extinción de incendios forestales es otro factor que influye en la seguridad y rendimiento del operativo.

Estamos intentando simular las condiciones reales a las que se enfrentan los profesionales de extinción en diferentes situaciones atmosféricas. Así mismo los ensayos se hacen con los mismos tejidos que se utilizan habitualmente en la confección de los equipos de protección individual.

## **Metodología e instrumental empleados**

Los ensayos con las muestras de tejido fueron realizados en la terraza del Centro Andaluz de Medio Ambiente (CEAMA) en Granada durante un período de dos horas. Para ello, se emplearon un espectro radiómetro LICOR LI1800 cuya descripción se detalla más adelante, un termómetro de infrarrojos y los datos proporcionados por los instrumentos del propio CEAMA para la caracterización de las condiciones atmosféricas en el momento de realizar las medidas. Dicha información se muestra resumida en la Tabla 1, junto con la fotografía de ojo de pez para la determinación de las condiciones de nubosidad del cielo, figura 1, una vista general del dispositivo experimental montado al efecto, figura 2, y el termómetro de infrarrojos empleado para la determinación de las temperaturas, figura 3.

<b>Presión (hPA)</b>	<b>Velocidad del viento (m/s)</b>	<b>Dirección predominante</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Humedad relativa (%)</b>
950	0,8 – 2,2	Oeste	15,83 – 19,68	37,8 – 29,13

**Tabla 1**—*Condiciones atmosféricas durante el periodo de medida..*



**Figura 1**—*Condiciones de nubosidad mediante objetivo fotográfico ojo de pez.*



**Figura 2**—*Dispositivo de medida experimental. Terraza del CEAMA, Granada.*



**Figura 3**—Termómetro de infrarrojos para la determinación de la temperatura de las muestras de tejido.

### Espectro radiómetro LICOR LI1800

El espectro radiómetro LICOR LI1800 es un instrumento portátil que emplea un monocromador simple para la medida de la irradiancia global en determinadas bandas. Nosotros hemos empleado este instrumento para realizar medidas desde los 300 hasta 1100 nanómetros en intervalos de 1 nanómetro. Las principales especificaciones técnicas del LICOR LI1800 se muestran en la Tabla siguiente:

Entrance optic	PTFE (Teflon) cosine diffuser
Quantity measured	Irradiance
Grating, groove mm <sup>-1</sup>	800
Slit dimensions (nm)	0.5
Filter trip point (nm)	299, 348, 418, 558, 678, 775, 938
Wavelength range, nm	300-1100
Resolution (FWHM), nm	6.25
Sampling step, nm	1
Detector	Silicon Photodiode
Calibration Standard	1800-02L/ORL815

**Tabla 2**—Principales características técnicas del espectrorradiómetro LI 1800.

Los miembros del Grupo de Física de la Atmósfera realizan calibraciones periódicas del espectrorradiómetro, según procedimientos normalizados, estimándose que el error de las medidas de irradiancia solar es inferior al 5%. No obstante, este error depende de la región espectral considerada, siendo como máximo del 20% en la región del UVB y de un 5% en la región del visible e infrarrojo próximo. A partir de los 1100 nanómetros, el error puede aumentar debido a la sensibilidad del instrumento a la temperatura externa (Martinez-Lozano et al., 2003; Estellés et al., 2006)

En la figura siguiente, figura 4, se muestra el espectrorradiómetro situado en el lugar de las medidas con el ordenador que lo gestiona.



**Figura 4**—Espectrorradiómetro LICOR LI1800 en el lugar de las medias.

### **Desarrollo de la experiencia.**

Las muestras de tejido suministradas por los fabricantes, todas de igual composición según normas de seguridad al efecto, se sometieron a un período de adaptación a las condiciones del lugar de los ensayos (figura 5), procediendo a determinar la temperatura de las mismas en diferentes momentos durante el período

de medición (figura 6). En la Tabla siguiente se muestran las temperaturas de cada uno de los tejidos, en su cara expuesta al sol y en la cara interna. Estas temperaturas son el resultado de promediar las diferentes medidas realizadas durante el tiempo que duró la experiencia. También se muestra la temperatura del suelo.



**Figura 5**—Muestras de tejido en reposo para su aclimatación a las condiciones del entorno.



**Figura 6**—Determinación de la temperatura en la cara expuesta al Sol..

<b>COLOR Muestra</b>	<b>Temperatura externa (°C)</b>	<b>Temperatura interna (°C)</b>
<b>AMARILLO</b>	17,03	16,1
<b>CELESTE</b>	22,63	21,5
<b>AZUL</b>	34,17	35,1
<b>NARANJA</b>	20,50	19,1
<b>VERDE</b>	25,13	26,5
<b>SUELO</b>	20,65	

**Tabla 3**—Temperaturas medias de los diferentes tejidos para la cara expuesta al Sol (externa) y para la cara no expuesta al Sol (interna).

Para determinar la irradiancia global solar transmitida por cada tejido, y caracterizar así la capacidad de cada tela para proporcionar mayor ó menor confort térmico al profesional que usa el EPI confeccionado con ella, se realizaron medidas con el LICOR LI1800 con tela y sin tela. Una de estas medidas puede observarse en la figura 7.

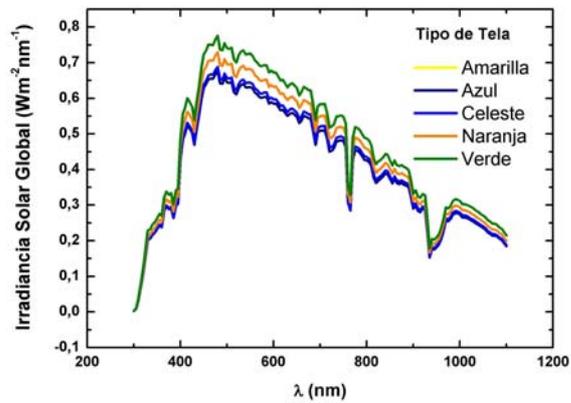


**Figura 7** Instantes en la determinación de la irradiancia global transmitida por el tejido de color NARANJA..

### **Resultados experimentales**

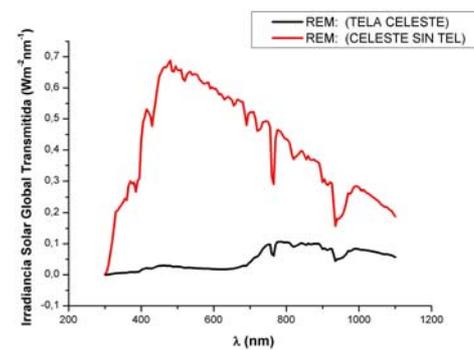
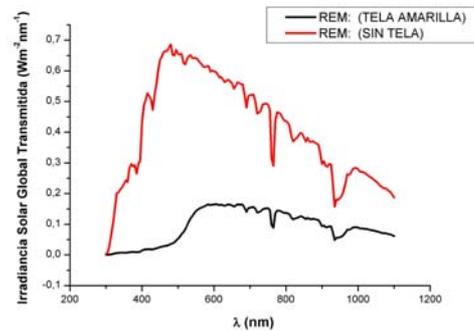
De la medida de los espectros solares y de la irradiancia global transmitida por cada uno de los tejidos, podemos analizar el comportamiento de cada muestra en cuanto a su capacidad de transmisión del calor procedente de las condiciones ambientales y de la exposición al sol.

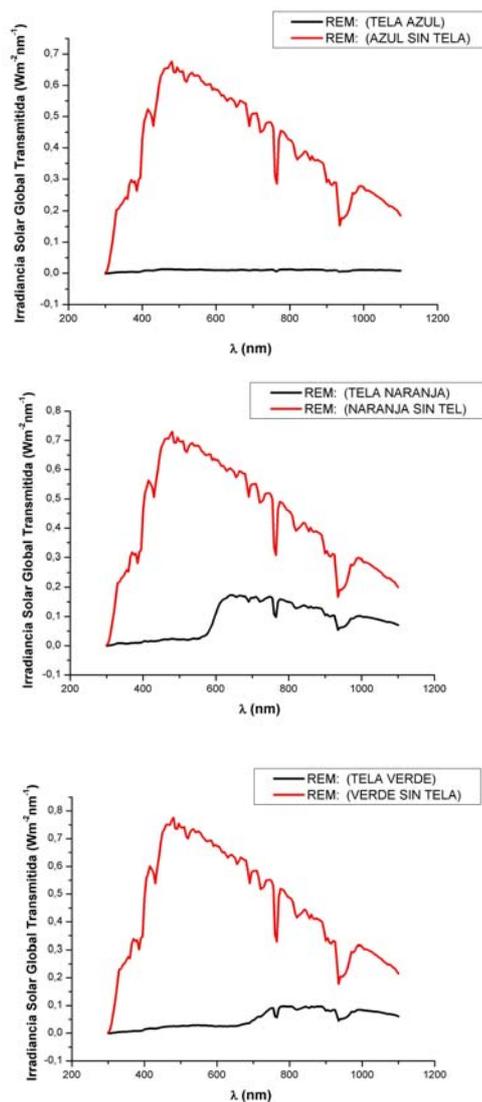
En el gráfico 1 se observa la irradiancia solar global medida antes de cada uno de los ensayos con cada una de las telas. Lógicamente, como las medidas se realizaron durante unas dos horas, la irradiancia solar global no varía mucho de un instante a otro.



**Gráfico 1**—Irradiancia solar global espectral medida antes del ensayo con cada tejido.

A continuación, mostramos la irradiación solar espectral después de atravesar cada uno de los tejidos. En esta serie de figuras, se muestra el espectro solar sin tela y el espectro obtenido con el tejido.

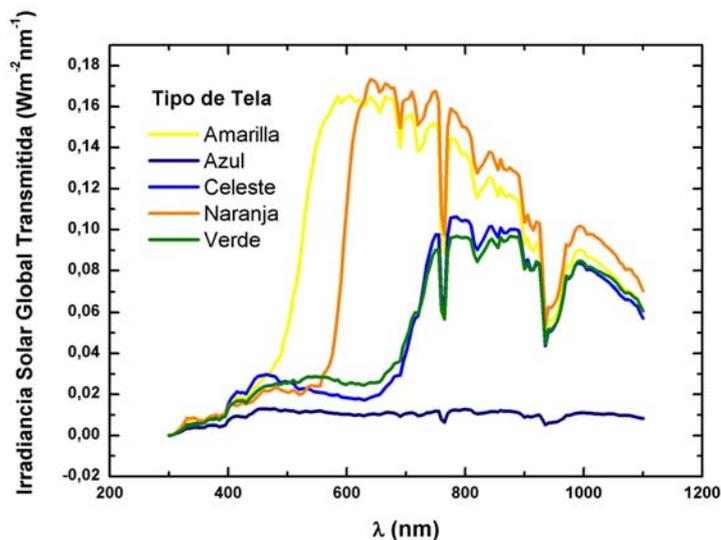




**Gráfico 2**—Irradiancia solar global espectral medida antes y después del ensayo con cada tejido.

Tal y como puede observarse, el resultado obtenido para cada tejido es sensiblemente diferente, encontrando un comportamiento singular en el caso del tejido AZUL, que absorbe casi la totalidad de la irradiancia solar que incide sobre la tela. También observamos cómo los tejidos AMARILLO y NARANJA son los que mayor transmitancia presentan, con diferencia sobre el resto. Así, tendríamos un comportamiento semejante para los tejidos VERDE y CELESTE, cuya transmitancia es inferior al amarillo y naranja, pero superior al azul. En estos casos, la transmitancia es algo mayor para las longitudes de onda por encima de los 600 nm.

En el siguiente gráfico, podemos observar de forma combinada el efecto de cada tejido en la irradiancia global transmitida en cada caso.



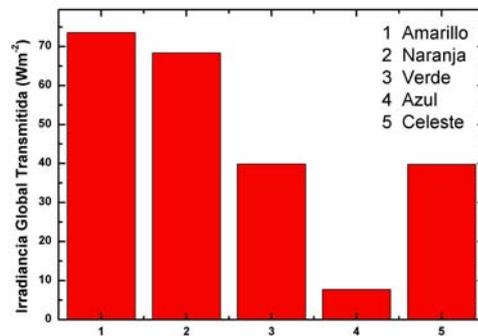
**Gráfico 3**—Irradiancia solar global espectral transmitida por cada tejido.

Según puede observarse, los tejidos amarillo y naranja aparecen como los más frescos, y así se confirma por las medidas de temperatura mostradas en la Tabla 3, siendo los únicos tejidos para los que la temperatura apenas llega a los 20 °C, tanto la cara expuesta al Sol como la no expuesta, como consecuencia de que dejan pasar un gran cantidad de energía solar que no llegan a retener.

Por otro lado, observamos el comportamiento de los tejidos celeste y verde, cuya transmitancia ocasiona que la temperatura de ambas caras oscile de 20 a 25 °C, tal y como se muestra en la Tabla 3. Por esta razón, estos dos tejidos serían más cálidos que los anteriores y proporcionarían una mayor temperatura corporal al profesional que los usara.

Finalmente, el tejido azul destaca por una transmitancia prácticamente nula en todas las longitudes de onda, lo que explicaría los casi 35 °C en su cara expuesta al sol y en la no expuesta, tal y como se muestra en la Tabla 3, como consecuencia del poder de absorción que tiene este color.

Finalmente, en el siguiente gráfico mostramos la integración de los espectros anteriores, obteniendo así el valor total de la irradiancia solar transmitida. Tal y como puede observarse, encontramos que la tela azul llega a transmitir hasta siete veces menos que la tela amarilla o naranja, lo que evidencia que es un tejido poco recomendable desde el punto de vista de la fabricación de EPIS, por la alta posibilidad de que se produzcan situaciones de incomodidad térmica.



**Gráfico 4**—Irradiancia solar global transmitida, valor integrado, para cada tela.

## Conclusiones

Tal y como han evidenciado las pruebas realizadas a los diferentes tejidos, todos con la misma composición y en las mismas condiciones, el color AZUL aparece como el menos recomendable desde el punto de vista del confort térmico que pueda generar en condiciones normales de uso. Su capacidad para absorber la radiación solar es muy alta y genera por ello elevadas temperaturas tanto en la cara exterior del tejido como en la interior.

En un segundo grupo encontramos los tejidos de color VERDE y CELESTE, con un comportamiento muy semejante espectralmente y unos valores de transmitancia que les lleva a transmitir la mitad que el siguiente grupo de tejidos. Por esta razón, son tejidos que proporcionarán una temperatura corporal menor que el color azul, pero mayor que los dos colores que aparecen como los más aconsejables para el diseño de EPIS: el color AMARILLO y el NARANJA.

## Referencias bibliográficas

- Martínez-Lozano, J. A., M.P. Utrillas, R Pedrós, F. Tena, J.P. Díaz, F.J. Expósito, J. Lorente, X. De Cabo, V. Cachorro, R. Vergaz, and V. Carreño, Intercomparison of spectroradiometers for global and direct solar irradiance in the visible range, *J. Atmos. Ocean Tech.*, 20, 997-1010, 2003.
- Estellés, V., Utrillas, M.P, Martínez-Lozano, J.A., Alcántara, A., Alados-Arboledas, Olmo, F.J., L., Lorente, J., de Cabo, X., Cachorro, V., Horvath, H., Labajo, A., Sorribas, M.; Díaz, A.M., Díaz, J.P., Silva, A.M., Elías, T., Pujadas, M., Rodríguez, J.A., Cañada, J. and Y. García. Intercomparison of spectroradiometers and Sun photometers for the determination of the aerosol optical depth during the VELETA-2002 field campaign. *Journal of Geophysical Research*, 111 (D17), D17207, doi: 10.1029/2005JD006047, 2006.