

Implementación progresiva de los códigos e índices del Sistema FWI para la predicción y vigilancia meteorológica del riesgo de incendios forestales en España

A. Mestre⁽¹⁾, M. Allúe⁽²⁾, M.F. Lazcano⁽³⁾, C. Peral⁽⁴⁾, R. López-Santamaría⁽⁵⁾

(1) AEMet, Área de Climatología y Aplicaciones Operativas, Madrid, amestreb@aemet.es.

(2) AEMet, Área de Desarrollo y Aplicaciones, Madrid, malluec@aemet.es.

(3) AEMet, Área de Climatología y Aplicaciones Operativas, Madrid, mlazcanom@aemet.es.

(4) AEMet, Área de Desarrollo y Aplicaciones, Madrid, mperalg@aemet.es.

(5) AEMet, Área de Climatología y Aplicaciones Operativas, Madrid. Periodo (2006-2009).

1.- Sistema FWI de códigos e índices meteorológicos para la prevención del riesgo de incendio forestal

Los incendios son uno de los mayores desastres posibles que se pueden producir en la Naturaleza porque transforman temporal o definitivamente los ecosistemas vivos, arrasando con masas arbóreas, de sotobosque y matorral, con animales, y en ocasiones con la vida de seres humanos. Los incendios son causa directa de la degradación física del suelo terrestre y de un cambio drástico en la riqueza vital y visual de los paisajes naturales, lo que conlleva elevados costes económicos, en otras palabras, los incendios generan una gran adversidad y por ello despiertan el mayor interés en el ámbito científico que ha venido desarrollando metodologías multidisciplinares y de informatización de procesos para cooperar en el apoyo logístico de su prevención y vigilancia. La comunidad meteorológica participa en esta tarea con el estudio y explotación operativa de códigos e índices como los del Sistema FWI, de reconocida eficacia operativa a nivel mundial, así como de la generación de productos principalmente gráficos y de su distribución a las Administraciones Públicas responsables.

El Sistema FWI, desarrollado en origen en Canadá, ha conseguido en el último decenio una aceptación creciente,

una estabilidad operativa y un éxito sin precedentes en su aplicación no sólo para la prevención meteorológica del riesgo de incendio forestal sino para su control y vigilancia hasta su extinción (Van Wagner, 1987; Amiro et al, 2004; L. Bugalho y L. Pessanha, (2007); Lawson y Armitage, 2008; Brady et al, 2009; Dowdy et al, 2010). El Sistema FWI está formado por 3 Códigos referidos al contenido de humedad del suelo y sus combustibles, conocidos como FFMC (Fine Fuel Moisture Code o Código de Contenido de Humedad de los Combustibles Finos), DMC (Duff Moisture Code o Código de Contenido de Humedad de la Hojarasca), DC (Drought Code o Código de Sequía), y por 3 Índices referidos al comportamiento del fuego, conocidos como ISI (Initial Spread Index o Índice de Propagación del Fuego), BUI (Build-Up Index o Índice de Combustión) y FWI (Fire Weather Index o Índice Meteorológico de Riesgo de Incendio), además del parámetro derivado DSR (Daily Severity Rating o Razón de Severidad del Fuego), (Fig. 6 a Fig. 11).

La formulación empírica requerida para su obtención incluye variables meteorológicas y variables del contenido de humedad del suelo y de los combustibles depositados en suelo, siempre referidas a las 12 UTC del día de cálculo, (Fig. 1 a Fig. 4); entre ellas, la Temperatura del Aire (2m), la Humedad Relativa (2m), la Precipitación Acumulada (24h) y la

Velocidad del Viento (10m), variables derivadas como la Evapotranspiración Potencial, y parámetros inherentes a los procesos físicos como la Duración Efectiva del Día o la Velocidad de Drenaje.

La eficacia de los códigos e índices del Sistema FWI, y en especial, del definitivo índice FWI, radica en que consiguen expresar la realidad atmosférica y del suelo imperantes en los ecosistemas forestales y conectarla a una dinámica de comportamiento probable del fuego porque en su cálculo absorben información observada el mismo día del cálculo y porque intervienen los códigos e índices del día anterior, dando al proceso un carácter de continuidad retroactiva, es decir, los componentes del Sistema FWI adquieren cualidades y cantidades del tiempo actual y del pasado más reciente, método con el que también demuestran ser capaces de manifestar huellas que proceden de la caracterización climática y geográfica del país en cuestión, e incluso de mostrar efectos debidos a situaciones meteorológicas de mesoescala.

La Agencia Estatal de Meteorología (AEMet) ha desarrollado un conjunto de procesos informáticos para establecer la operatividad del Sistema FWI en España, en primer lugar obteniendo la Calibración estadística previa del índice FWI, (Alexander, 1994), un requisito fundamental para su interpretación a escala píxel pues traduce los valores del índice FWI, según la clasificación de nivel de alarma, dando el Nivel de Riesgo de Incendio Forestal correspondiente (Bajo, Moderado, Alto, Muy Alto o Extremo). La Calibración previa, caracterizada por ser estable en el tiempo mientras no se implemente en el proceso otra más adecuada y precisa, representa la obtención del vector de valores umbral de la clasificación, único para cada punto de grid.

2.- Implementación progresiva del Sistema FWI

- **Periodo (2006-2009):** Calibración estadística previa del índice FWI para España Peninsular e Illes Balears con el Modelo HIRLAM, [área HNR; 0.05°; 47.367 puntos de grid; hasta (H + 36)]; datos de 134 estaciones Red AEMet y de datos de número de incendios y área ardida; periodos estivales junio-octubre (1996–2006)]. Primera serie gráfica operativa del Sistema FWI (H + 24) en el año 2007.

- **Periodo (2010-2012):** Validación estadística [índices FWI, BUI, ISI; 47.367 puntos de grid; contraste con 12.000 incendios; percentiles (número de incendios, área ardida); periodos (2008-2009)]. Prolongación de los periodos de predicción a (H + 48) y (H + 72) con el Modelo HIRLAM [área ONR; 0.16°; hasta (H + 72)] en el año 2012.

- **Periodo (2013-2014):** Calibración estadística previa del índice FWI para Canarias, y primera serie gráfica del Sistema FWI en el año 2013. Actualmente, se halla en estudio una nueva Calibración.

3.- Variables meteorológicas que intervienen en el cálculo numérico de los códigos e índices del Sistema FWI

3.1.- Temperatura a 2 m (°C)

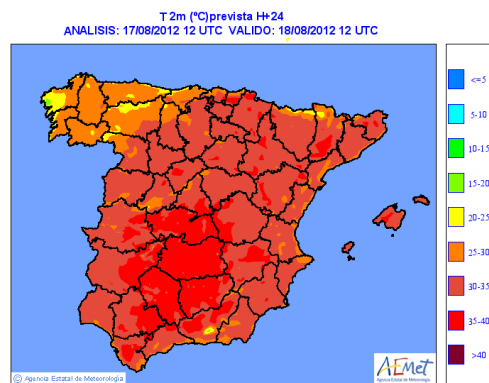


Fig. 1.- Mapa de Temperatura (2m), (HIRLAM-HNR, 0.05°, previsto H + 24, 17-08-2012)

3.2.- Humedad Relativa a 2m (%)

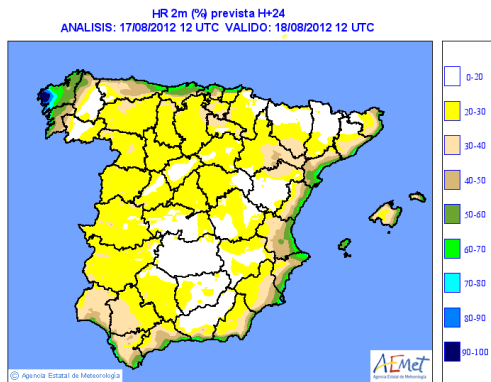


Fig. 2.- Mapa de Humedad Relativa (2m), (HIRLAM-HNR, 0.05°, previsto H + 24, 17-08-2012)

3.3.- Precipitación acumulada en las últimas 24 horas (mm)

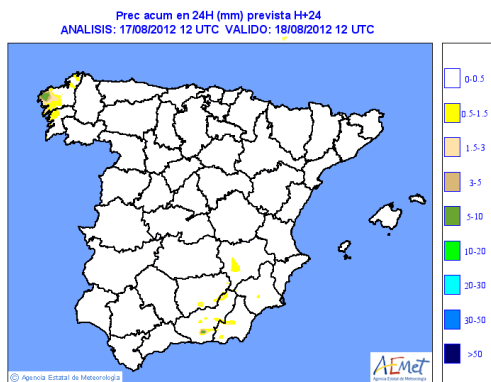


Fig. 3.- Mapa de Precipitación acumulada (24h), (HIRLAM-HNR, 0.05°, previsto H + 24, 17-08-2012)

3.4.- Velocidad del Viento (km/h)

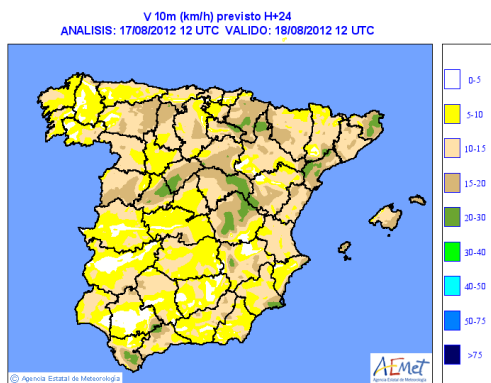


Fig. 4.- Mapa de Velocidad del Viento (2m), (HIRLAM-HNR, 0.05°, previsto H + 24, 17-08-2012)

4.- Calibración estadística previa del Índice FWI

La calibración consiste en la obtención de los valores del índice FWI correspondientes a las clases que resultan de definir los intervalos o rangos delimitados por los valores umbral del índice FWI, valores que se obtienen mediante los percentiles, de carácter único para cada punto de grid del país de aplicación, haciendo uso para ello de una base de datos formada por el conjunto de valores diarios del índice FWI, creados en el caso de España con el modelo HIRLAM, área de aplicación HNR y resolución 0.05°, relativos al periodo de referencia (1997-2006) de los 10 años anteriores a la puesta en marcha operativa.

La calibración de cada punto de grid, y por tanto del área física que representa, debe obtenerse *sine qua non* porque se requiere como paso final de la salida operativa diaria del modelo, es decir, es el requisito por excelencia que debe ser obtenido del modo más objetivo posible, ajustándose a características climatológicas y geográficas, indefectiblemente necesario para poder convertir los mapas del índice FWI en mapas de Nivel de Riesgo Meteorológico de Incendio Forestal (NRMet-IF), es decir, la calibración del área de un píxel va a permitir conectar el valor diario del índice FWI asociado con un concepto de nivel de riesgo o de alarma a preveer, y expresarlo gráficamente según el siguiente código estándar de 6 colores:

- **Clase 1 o Nivel de Riesgo Bajo**

$0 \leq \text{Valor FWI} < \text{Valor umbral 1}$

- **Clase 2 o Nivel de Riesgo Moderado**

$\text{Valor umbral 1} < \text{Valor FWI} < \text{Valor umbral 2}$

- **Clase 3 o Nivel de Riesgo Alto**

$\text{Valor umbral 2} < \text{Valor FWI} < \text{Valor umbral 3}$

- **Clase 4 o Nivel de Riesgo *Muy Alto***

Valor umbral $3 < \text{Valor FWI} < \text{Valor umbral } 4$

- **Clase 5 o Nivel de Riesgo *Extremo***

Valor umbral $4 < \text{Valor FWI} < 100$

5.- Secuencia de obtención de los códigos e índices del Sistema FWI

5.1.- FFMC (*Fine Fuel Moisture Code o Código de Contenido de Humedad de los Combustibles Finos*)

El código FFMC estima el contenido de humedad de materiales combustibles pequeños en superficie hasta 3.8 cm.

- Capa de suelo delgada ≥ 1.2 cm
- Materia orgánica seca ≥ 0.25 Kg/m²
- Código sensible si Pcp ≥ 0.5 mm

Variables meteorológicas de cálculo:

- Temperatura (2m).
- Humedad Relativa (2m).
- Precipitación acumulada (24h).
- Velocidad del Viento (2m).

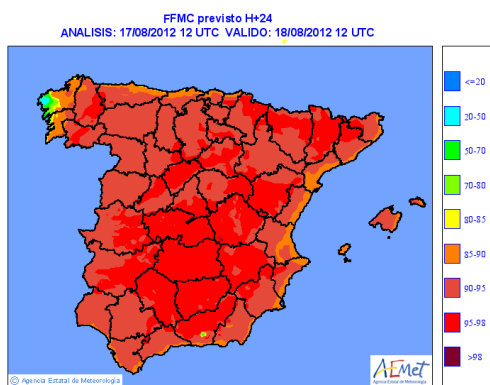


Fig. 5.- Mapa del Código FFMC, (HIRLAM-HNR, 0.05°, previsto H + 24, 17-08-2012)

5.2.- DMC (*Duff Moisture Code o Código de Contenido de Humedad de la Hojarasca*)

El código DMC estima el contenido de humedad de materiales combustibles de tamaño medio, de 3.8 a 7.6 cm.

- Capa de suelo moderada ≥ 7.0 cm
- Materia orgánica seca ≥ 5 Kg/m²
- Código sensible si Pcp ≥ 1.5 mm

Variables meteorológicas de cálculo:

- Temperatura (2m).
- Humedad Relativa (2m).
- Precipitación acumulada (24h).
- Duración efectiva del día (h).

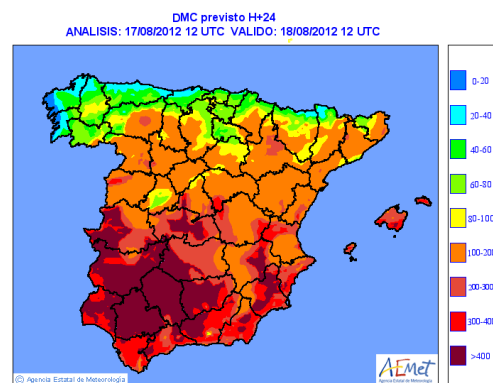


Fig. 6.- Mapa del Código DMC, (HIRLAM-HNR, 0.05°, previsto H + 24, 17-08-2012)

5.3.- DC (*Drought Code o Código de Sequía*)

El código DC estima el contenido de humedad de materiales combustibles de tamaño grueso, de 12.7 a 17.8 cm.

- Capa de suelo profunda ≥ 18.0 cm
- Materia orgánica seca ≥ 25 Kg/m²
- Código sensible a periodos largos de sequía (≥ 52 días)
- Código sensible si Pcp ≥ 2.8 mm

Variables meteorológicas y parámetros principales de cálculo:

- Temperatura (2m).
- Precipitación acumulada (24h).
- Duración efectiva del día (h).
- Evapotranspiración Potencial (mm).

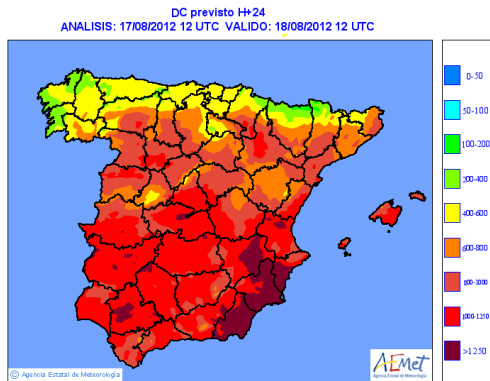


Fig. 7.- Mapa del Código DC, (HIRLAM-HNR, 0.05°, previsto H + 24, 17-08-2012)

5.4.- ISI (Initial Spread Index o Índice de Propagación Inicial)

El índice ISI estima la velocidad de propagación de un incendio en terrenos llanos cuando se trata de material combustible fino o pequeño.

Variables principales que intervienen:

- Código FFMC (día D - 1).
- Velocidad del Viento (2m).

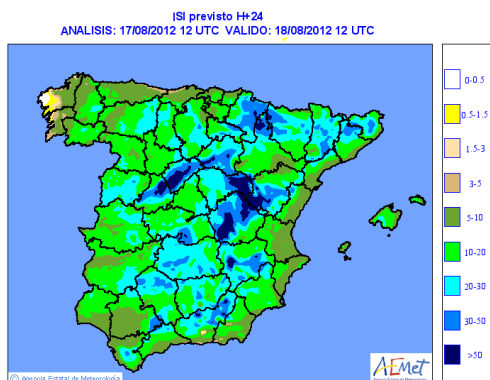


Fig. 8.- Mapa del Índice ISI, (HIRLAM-HNR, 0.05°, previsto H + 24, 17-08-2012)

5.5.- BUI (Build-Up Index o Índice de Combustible Disponible)

El índice BUI estima el material combustible total disponible, de tamaños medio y grueso, de 3.8 a 17.8 cm, para la combustión y para la propagación del fuego.

Variables principales que intervienen:

- Código DMC (día D - 1).
- Código DC (día D - 1).

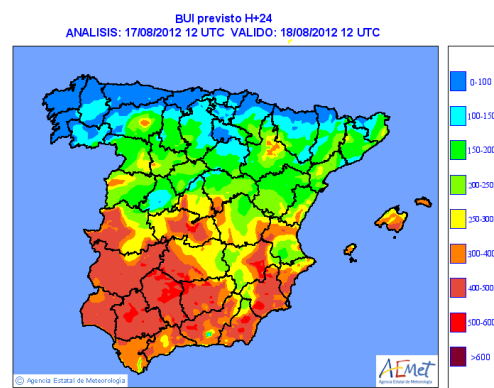


Fig. 9.- Mapa del Índice BUI, (HIRLAM-HNR, 0.05°, previsto H + 24, 17-08-2012)

5.6.- FWI (Fire Weather Index o Índice Meteorológico de Incendio Forestal)

El índice FWI estima la probabilidad de ignición de un incendio teniendo en cuenta el contenido de humedad de cualquier material combustible, la extensión probable de un posible incendio y la dificultad asociada a su extinción.

Variables principales que intervienen:

- Índice ISI (día D - 1).
- Índice BUI (día D - 1).

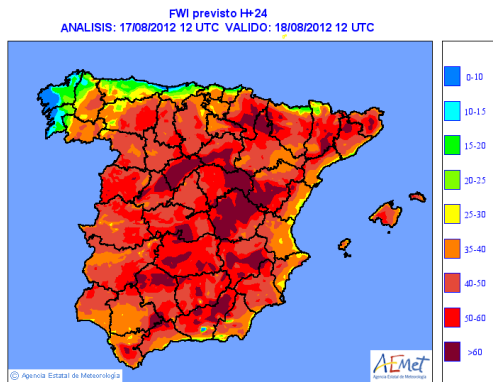


Fig. 10.- Mapa del Índice FWI, (HIRLAM-HNR, 0.05°, previsto H + 24, 17-08-2012)

5.7.- NRMet-IF (Nivel de Riesgo Meteorológico de Incendio Forestal)

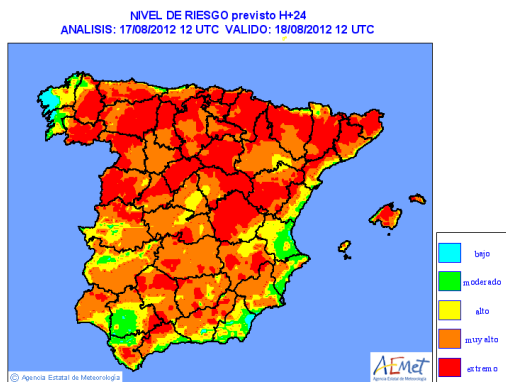


Fig. 11.- Mapa del Nivel de Riesgo Meteorológico de Incendio Forestal, (HIRLAM-HNR, 0.05°, previsto H + 24, 17-08-2012), disponible en la página web [<http://www.AEMet.es/>]

Referencias

- Alexander, M. (1994)**, 'Proposed revision of fire danger class criteria for forest and rural areas in New Zealand'. National Rural Fire Authority, New Zealand. Circular 1994/2.
- Amiro, B.D. et al. (2004)**, 'Fire weather index system components for large fires in the Canadian boreal forest'. CSIRO Publishing, *International Journal of Wildland Fire*, 13, 391-400.
- Bugalho, L. y Pessanha, L. (2007)**, 'The Forest Fire Index (ICRIF). Operational processing and validation'. 4th International Wildland Fire Conference.
- Brady, M. et al. (2009)**, 'Report on the international workshop on advances in operational weather systems for fire danger rating'. GOF-C-GOLD Project Office, Northern Forestry Centre, Canada. Report No. 36.
- Dowdy, A.J.; Mills G.A., Finkle, K. y de Groot, W. (2010)**, 'Index sensitivity analysis applied to the Canadian Forest Fire Weather Index and the McArthur Forest Fire Danger Index'. *Meteorol. Appl.*, 17, 298-312.

- Lawson, B.D. y Armitage, O.B. (2008)**, 'Weather Guide for the Canadian Forest Fire Danger Rating System'. Canadian Forest Service, Northern Forestry Centre.
- Van Wagner, C.E. (1987)**, 'Development and structure of the Canadian Forest Fire Weather Index System'. The Canadian Forestry Service. Forestry Technical Report N° 35.