

ESTUDIO SOBRE LA BONDAD DEL ÍNDICE DE RIESGO DE INCENDIOS FORESTALES UTILIZADO EN LA CAMPAÑA NACIONAL DE APOYO A LA LUCHA CONTRA INCENDIOS.

Inmaculada Cadenas
Antonio Mestre
M^a Teresa Moreno

Servicio de Aplicaciones Meteorológicas. INM

RESUMEN

En este trabajo se presenta un resumen de los estudios de correlación estadística entre los valores diarios de los índices de riesgo meteorológico y los valores de número de incendios y superficie afectada, que se han llevado a cabo en el Servicio de Aplicaciones Meteorológicas en los últimos años. Los resultados de este análisis comparativo hacen posible obtener una evaluación del nivel de bondad del índice de riesgo utilizado a nivel nacional para cada una de las zonas en que se ha clasificado el territorio. Los resultados indican una buena capacidad global de discriminación de la probabilidad de ignición, así como pusieron de manifiesto la conveniencia de mejorar la forma de calcular los valores globales de riesgo, mediante reagrupamiento de las combinaciones de probabilidad de ignición y viento. En función de estos resultados para la campaña del año 2000 se efectuaron algunos cambios en las tablas de cálculo del índice de riesgo global que permiten una distribución más ajustada de estos valores.

1. Introducción

Los valores de determinadas variables meteorológicas, en particular la temperatura, la humedad relativa, el viento, la precipitación y la irradiación constituyen un condicionante básico de la variabilidad temporal del riesgo de ocurrencia de incendios forestales en una zona determinada, por el efecto inmediato de estas variables sobre la humedad de los combustibles vegetales muertos, en especial los finos de menor diámetro, que es donde se inician normalmente los incendios, y que se adaptan casi instantáneamente a las condiciones atmosféricas. Por otro lado, una vez iniciado por cualquier causa un incendio, la dirección y velocidad del viento definen en buena medida el proceso de desarrollo del mismo, la velocidad de propagación y la tasa de energía liberada, en conjunción con otros factores no meteorológicos como la topografía, la humedad y cantidad de combustible vegetal muerto y las características y estado hídrico de la vegetación viva.

Por todo ello, el alcanzar una buena comprensión de las relaciones entre meteorología e incendios y el disponer de un sistema operativo de evaluación y predicción del nivel de riesgo de incendios y de la potencial peligrosidad de los que se inicien, constituye una herramienta fundamental para la toma de decisiones en relación con la planificación, gestión y movilización de los recursos disponibles de lucha contra incendios. Para que esta herramienta sea eficaz, se requiere disponer de un valor numérico que cuantifique, y permita clasificar en tramos de riesgo, el efecto integrado de las variables meteorológicas y climáticas sobre el riesgo de incendios, lo que ha llevado al desarrollo de numerosos métodos de evaluación de índices de riesgo de incendios, basados total o parcialmente en información meteorológica.

En el caso de España, como es conocido, el INM desarrolla desde 1993, en cooperación con la Dirección General de Protección Civil, Dirección General de Conservación de la Naturaleza y los Servicios Forestales de las Comunidades Autónomas, unas campañas específicas de apoyo a la lucha contra incendios que incluyen la confección a nivel nacional por parte de los distintos GPV de predicciones zonificadas para el día de mañana de la probabilidad de ignición y el índice global de riesgo meteorológico, así como la generación de mapas de riesgo previsto que se remiten a los Organismos de la Administración Central del Estado que integran el CECSO de incendios forestales. En estas campañas se utiliza un método de cálculo del índice basado en una adaptación simplificada llevada a cabo por el antiguo ICONA (actual DGCONA del M^o de Medio Ambiente) a partir del sistema de evaluación del riesgo NFDRS (National FIRE Danger Rate System) utilizado operativamente en los Estados Unidos desde la década de los años 80. El método se basa en la obtención de la probabilidad máxima diaria de ignición a partir de los valores previstos para el mediodía de la temperatura y la humedad relativa. Dicha probabilidad de ignición significa desde un punto de vista físico la probabilidad de que al alcanzar una

fuelle de ignición el combustible vegetal fino, con la humedad adaptada a las condiciones de temperatura y humedad relativa previstas, se origine un foco de incendio. El valor final del índice de riesgo, clasificado en 4 niveles: bajo, moderado, alto y extremo, se obtiene a partir de los valores de la probabilidad de ignición y la velocidad de viento prevista, utilizándose distintas tablas de asignación del índice según se califique o no el viento como “especialmente desecante” (INM, 1996; I. Cadenas y otros, 1997).

En el presente trabajo y, tras la amplia experiencia adquirida a lo largo de las campañas nacionales de predicciones para incendios forestales llevadas a cabo desde hace 8 años, se expresan los principales resultados y conclusiones de una detallada verificación del comportamiento y capacidad de discriminación del índice de riesgo utilizado actualmente que se ha llevado a cabo a lo largo de estos últimos años en el Servicio de Aplicaciones Meteorológicas. Para ello se ha realizado un contraste estadístico entre los valores diarios de la probabilidad de ignición, obtenidos a partir de datos meteorológicos de estaciones representativas de cada zona y los datos de número de incendios y superficie afectada para cada zona, a partir de los datos recibidos de la DGCONA. El objetivo final de este trabajo fue disponer de un análisis detallado del nivel de adaptación de este índice a las características concretas de cada zona, con objeto de buscar la combinación de los parámetros que integran el índice que optimiza la capacidad de discriminación del mismo.

2. Datos utilizados en el estudio y método de contraste estadístico empleado.

El método de trabajo del estudio de bondad del índice se basa en la utilización conjunta, a efectos comparativos de información meteorológica que permite obtener los valores diarios para cada zona de la probabilidad de ignición y el índice final de riesgo y de información sobre los incendios ocurridos cada día. Se ha pretendido que, tanto los datos meteorológicos utilizados como los de incendios forestales, fuesen lo más representativos posibles de cada una de las zonas, y al tiempo se consiguiese la mayor homogeneidad temporal posible en la muestra de estudio.

Sobre la muestra de trabajo se ha llevado a cabo un análisis de la correlación existente entre los valores de la probabilidad de ignición y la ocurrencia y extensión de los incendios. Para ello se ha utilizado como muestra el conjunto de los días incluidos en los períodos veraniegos de campaña (junio-julio-agosto-septiembre) correspondientes al período temporal 1988-1996. Este período se considera suficientemente amplio para dotar de representatividad estadística a la muestra de estudio, y al tiempo se garantiza una homogeneidad suficiente en los datos. Para asegurar esta homogeneidad, no se han considerado datos anteriores a 1988, ya que entonces se utilizaba un sistema de evaluación de la superficie quemada en los incendios distinto al que se ha utilizado a partir de dicha fecha.

El estudio se ha realizado utilizando como unidades geográficas de referencia las zonas para las que se realiza la predicción de los índices de riesgo, según estaban definidas en la campaña de 1996. Para cada zona y día se ha definido un valor promedio de la probabilidad de ignición, que corresponde al que se obtiene al aplicar el método de cálculo de la probabilidad de ignición definido en las tablas a los valores observados de la temperaturas y humedad relativa a las 12 horas en la estación de referencia seleccionada previamente como representativa de cada una de las zonas de estudio. Con objeto de valorar la relación entre índice y ocurrencia de incendios se han generado las series temporales diarias para todo el período de estudio del número de incendios iniciados cada día y de la superficie quemada (Ha) en los mismos. Los parámetros básicos utilizados en el estudio de comparación son el número de incendios por día, la superficie quemada por día y el tamaño medio de los incendios. En el análisis no se ha distinguido entre incendios según las distintas causas de los mismos: rayo, negligencia o intencionados. Los datos de incendios utilizados fueron facilitados al INM por la Dirección General de Conservación de la Naturaleza.

Por otro lado, se ha efectuado un estudio comparativo a nivel diario entre la ocurrencia de incendios y extensión de los mismos y el valor final del índice de riesgo según los 4 estratos definidos. En este caso la complejidad del análisis es mayor dado que para asignar un valor diario al índice hay que utilizar además del valor de la probabilidad de ignición estimado según el método anteriormente indicado, el valor de la velocidad y dirección del viento, así como la consideración de si es o no especialmente desecante, por lo que la muestra de estudio se limitó a dos años, los incluidos en el período 1992-93.

Debido a las características específicas de la población que se analiza se decidió que, tanto para la comprobación de la bondad del índice global de riesgo de incendios como de la capacidad de

discriminación de la probabilidad de ignición se utilizarían tests estadísticos de contraste de hipótesis de tipo no paramétrico. El test de Kruskal-Wallis, que se utiliza para contrastar la hipótesis de que distintas muestras de observaciones proceden de una misma población a partir de la comparación de medias y varianzas de dichas muestras, ha sido empleado para contrastar la hipótesis de igualdad de las poblaciones de número diario de incendios y superficie diaria quemada, agrupadas según el criterio de que el valor correspondiente de la probabilidad de ignición fuese superior o no a un determinado umbral, todo ello para cada una de las zonas de estudio. Así mismo se contrastó la hipótesis de igualdad en las poblaciones de valores de la probabilidad de ignición correspondientes a los días en los que se ha producido o no algún incendio. La distancia de Malahanobis ha sido también utilizada para medir la capacidad de discriminación de la probabilidad de ignición y del valor final global del índice. Para ello se calcula para cada zona la distancia entre las subpoblaciones de días agrupados según que el valor del índice sea mayor o menor que un valor de corte prefijado.

Con independencia de la evaluación de la capacidad del índice meteorológico para distinguir los días potencialmente peligrosos, por aplicación de los métodos estadísticos citados, otro aspecto que se ha analizado con detalle en estos trabajos es la forma de la distribución estadística para cada una de las zonas de la población de valores diarios de los índices agrupados en estratos de riesgo y, en especial, el porcentaje de días en los que el índice alcanza valores de riesgo extremo, dado que a efectos de su utilización práctica para la toma de decisiones interesa que este porcentaje no sea ni demasiado elevado, por la pérdida de eficacia que se produce, ni demasiado infrecuente.

3. Principales resultados del estudio de evaluación de la capacidad de discriminación del índice.

En la tabla 1 se han indicado de forma muy sintética los resultados globales para el conjunto de las zonas de estudio de los resultados de la comparación entre los valores de la probabilidad de ignición, que se asignan a cada zona según el método descrito, y las variables número diario de incendios, superficie afectada y extensión media del incendio.

Datos de incendios en función de los valores de la probabilidad de ignición.						
P(ignición)	Nº de días	Nº incendios.	Superficie Quemada (Ha)	Número medio de incendios por día.	Superficie media diaria quemada. (Ha/día)	Tamaño medio de los incendios (Ha).
0	0	-	-	-	-	-
10	205	40	170	0,20	0,8	4,3
20	4479	1678	13440	0,37	3,0	8,0
30	10609	7438	52556	0,70	5,0	7,1
40	23149	23476	185828	1,01	8,0	7,8
50	13363	10584	173929	0,79	13,0	16,4
60	9840	9050	170434	0,92	17,3	18,8
70	6436	4704	161822	0,73	25,1	34,4
80	3046	2326	174171	0,76	57,2	74,9
90	681	594	63659	0,87	93,5	107,2
100	195	179	31342	0,92	160,7	175,1

Tabla 1: Datos de número de incendios, superficie afectada y tamaño medio de los mismos en función de la probabilidad de ignición. Muestra de estudio formada por los datos de incendios y meteorológicos correspondientes al período 1988-1996 (meses de junio a septiembre), para el total de 85 zonas.

A la vista de los resultados indicados en la tabla general se observa que, si se considera el conjunto de todas las zonas, el valor de la probabilidad de ignición máxima diaria está claramente relacionado con la

superficie total diaria quemada y el tamaño medio de los incendios iniciados un día determinado, por lo que desde este punto de vista, la probabilidad de ignición se significa como un índice con una buena capacidad de discriminación a nivel global de los días de riesgo elevado. En el caso de la variable “número diario de incendios” la correlación es buena hasta valores de la probabilidad de ignición del 40%-50%, pero para valores más altos se produce la saturación de este índice. En los trabajos llevados a cabo en el SAM se han confeccionado tablas similares a la descrita pero con datos desglosados para cada una de las 85 zonas, con objeto de llevar a cabo el estudio comparativo sobre muestras de datos que sean homogéneos. En general, a nivel de zona concreta, la probabilidad de ignición se muestra como una variable muy adecuada para discriminar los días peligrosos por su buena correlación con la superficie diaria afectada, si bien en conjunto se puede afirmar que se obtienen mejores resultados en zonas costeras que en zonas del interior, correspondiendo a las zonas de la región de Galicia los valores más altos de correlación entre probabilidad de ignición y número de incendios y a las zonas de Cataluña y Murcia la mejor correlación entre probabilidad de ignición y superficie afectada por los incendios. Los resultados menos ajustados se aprecian en las zonas de las comunidades de Extremadura y Castilla y León.

Se han confeccionado tablas similares para el contraste del índice global de riesgo que se obtiene a partir de la combinación de los valores de la probabilidad de ignición y de viento, en este caso sólo referidos a los años 1992-93. Estos estudios se han realizado para un total de 17 de las zonas existentes. En la tabla 2 se indican los resultados globales obtenidos sobre el citado conjunto de zonas.

Índice de riesgo	Nº de días	Nº de incendios	Superficie quemada (Ha)	Número de incendios por día	Superficie media quemada por día (Ha)
Bajo (0)	3142	1209	7775	0,38	2,5
Moderado (1)	3050	1323	17424	0,43	5,7
Alto (2)	4207	2786	147897	0,66	35,1
Extremo (3)	292	371	86298	1,27	295,6

Tabla 2: Datos de número de incendios y superficie media diaria afectada en función del valor del índice de riesgo. Muestra de estudio formada por los datos de incendios y meteorológicos correspondientes al período 1992-1993 (meses de junio a septiembre), para un total de 17 zonas.

Según se puede apreciar, la correlación entre los valores de los índices y la ocurrencia de incendios es globalmente bastante buena, pero se observa una excesiva concentración de casos que se incluyen en el estrato de riesgo alto (2) en detrimento del valor extremo, de forma que tan sólo se observa este valor 3 en el 2,7% de los casos. En estos días de riesgo extremo se producen el 6,5% de los incendios y se quema el 33,2% de la superficie total. Si se desciende a nivel de zona concreta, se observa que en determinadas zonas el índice 3 prácticamente no se registra nunca, en tanto que el número de días con índice 2 en los períodos de campaña considerados podía llegar a alcanzar porcentajes de hasta el 81,1%, como sucede en una de las zonas de la comunidad de Castilla-La Mancha (zona 8).

4. Reclasificación del índice de riesgo meteorológico de incendios forestales.

En función de los resultados obtenidos en el estudio de bondad del índice antes expuestos, se decidió analizar en detalle una posible reclasificación de las tablas finales de cálculo del índice de riesgo en función de los valores de probabilidad y viento, con el criterio de conseguir una mejor distribución de los valores del índice según los distintos estratos de riesgo, evitando la excesiva abundancia del índice 2, y al mismo tiempo haciendo máxima la capacidad de discriminación del índice sin modificar las variables que lo componen. Para ello, se efectuó un estudio pormenorizado para cada una de las zonas del conjunto seleccionado compuesto por 17 zonas, del número diario de incendios y superficie afectada en los días incluidos en cada una de las categorías definidas por las parejas de valores de probabilidad de ignición y viento. Se procedió, en función de los resultados de este análisis, a reagrupar estas categorías de forma que se optimizaran los objetivos planteados de buena correlación entre valores del índice y número y extensión de los incendios, máximo número de incendios y superficie afectada concentrados en los días que se agrupen en el estrato superior (valor 3 del índice) y porcentaje razonable de días incluidos en este estrato, en el conjunto de las zonas de trabajo.

En la tabla adjunta (tabla 3) se indica la solución adoptada para reclasificar el índice de riesgo, solución que se incorporó a la campaña del año 2000, por lo que hubo de llevarse a cabo la correspondiente modificación de los programas de obtención del índice.

NO TERRAL					TERRAL				
Antigua	0-9	10-19	20-40	> 40	Antigua	0-9	10-19	20-40	> 40
0-20	0	0	0	1	0-20	0	1	1	2
30-40	0	1	1	2	30-40	1	2	2	3
50-70	2	2	2	3	50-70	2	2	3	3
80-100	2	2	2	3	80-100	2	3	3	3
Modificada	0-7	8-19	20-35	>35	Modificada	0-7	8-19	20-35	> 35
0-20	0	0	1	1	0-20	0	1	1	2
30-40	0	1	1	2	30-40	1	2	2	3
50-60	1	2	2	3	50-60	2	2	3	3
70-100	2	2	3	3	70-100	2	3	3	3

Tabla 3: Comparación entre las tablas antiguas de cálculo del índice de riesgo a partir de los valores de probabilidad de ignición y viento (Km h^{-1}) y las tablas con la nueva clasificación en estratos de riesgo utilizadas en las campañas de 2000 y 2001.

El mismo estudio de correlación entre los valores del índice de riesgo y los incendios producidos citado anteriormente (tabla 2) se ha llevado a cabo sobre la misma muestra con la nueva clasificación del índice. En la tabla 4 se indican los resultados obtenidos. Se aprecia que se mantiene, como se pretendía, la buena correlación entre el valor del índice y la ocurrencia de incendios y, sobre todo, la extensión de los mismos, mientras que ha aumentado el porcentaje de días con valor 3, que pasa del 2,7% al 7,2% de los casos. El porcentaje de incendios producidos en días en los que se observa el índice 3 pasa del 6,5% al 15,7%, mientras que la superficie afectada pasa del 33,2% en el anterior método de clasificación al 62,6% en el método actual. Respecto de la distribución de valores del índice para las distintas zonas, se ha observado una sensible reducción de los valores 2 en las zonas de ambas mesetas en las que se producía un número elevado de días con este valor; por ejemplo en la zona de Castilla- la Mancha el porcentaje de días con valor 2 pasa, sobre la misma muestra, del 81,1% al 48,8%, en tanto que el porcentaje de días con índice 3 sube del 3,1% al 9,5%.

Índice de riesgo	Nº de días	Nº de incendios	Superficie quemada (Ha)	Número de incendios por día	Superficie media quemada por día (Ha)
Bajo (0)	2611	969	5164	0,37	2,0
Moderado (1)	4681	2064	22079	0,44	4,7
Alto (2)	2639	1812	69643	0,69	26,4
Extremo (3)	777	899	162157	1,16	208,7

Tabla 4: Datos de número de incendios y superficie media diaria afectada en función del valor del índice de riesgo con el nuevo criterio de clasificación del mismo.

5. Conclusiones

Los estudios llevados a cabo sobre una amplia muestra de datos meteorológicos y de incendios forestales para el conjunto de las zonas en que se ha clasificado el territorio nacional a efectos de predicción del índice de riesgo de incendios forestales, indican un buen ajuste en general entre los valores de la probabilidad de ignición y la ocurrencia de incendios y, sobre todo, la extensión de los mismos. En el caso de los valores finales del índice obtenidos a partir de los valores de la probabilidad de ignición y el viento, los resultados indican que se mantiene un buen nivel de correlación entre dicho índice y los incendios que se producen en dichos días, pero la capacidad de discriminación del índice se reduce notablemente debido al excesivo número de días de las campañas de incendios en los que el índice se sitúa en el valor 2, situación que se produce sobre todo en las zonas del interior peninsular. Con objeto de mejorar la capacidad de discriminación del índice final de riesgo, se ha procedido a reclasificar el mismo a partir de una modificación de las tablas con las que se obtiene el índice. Los resultados de los estudios de bondad del índice después de los reajustes llevados a cabo, indican una clara mejoría en la capacidad

del mismo para distinguir entre los distintos estratos de riesgo, sobre todo entre los valores alto y extremo. La inclusión en el índice de una componente de tipo climático, de lenta variación, relacionada con el estado hídrico de los suelos y de la vegetación viva supondrá una mejora en el mismo y se plantea como una de las actuaciones prioritarias para ser llevada a cabo de cara a próximas campañas por parte del Servicio de Aplicaciones Meteorológicas.

Referencias:

Cadenas, I; Mestre, A; Moreno, T. Estudio sobre la bondad del ajuste del ajuste de incendios forestales utilizado en la campaña nacional. Informe final del estudio. SAM. INM, 1999.

INM. Normativa de la campaña nacional de apoyo meteorológico a la lucha contra incendios forestales. 1996.

Moreno, T. Modificación de los intervalos de probabilidad de ignición y viento en el índice de riesgo de incendios forestales . Informe final del trabajo. SAM. INM, 2000.