

CAPÍTULO 13

EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INCENDIOS FORESTALES

Autor

Patricio Pedernera A.

Ingeniero Forestal

patricio.pedernera@umayor.cl

Desde hace bastante tiempo, diversos investigadores en diferentes países se han preocupado de obtener indicadores tendientes a estimar, de alguna manera, los niveles de conflictividad que el problema de la iniciación de incendios representa diariamente dentro de la zona de responsabilidad de un programa de protección.

Producto de este desarrollo, se ha llegado a consenso en que uno de los aspectos importantes que todo indicador de esta naturaleza debe incluir, es la condición de la vegetación (desde el punto de vista de su contenido de humedad), dado que la susceptibilidad a la ignición depende en gran medida de la humedad de los combustibles.

A su vez, la humedad de los combustibles se relaciona directamente con las condiciones meteorológicas prevalecientes en una determinada zona, dado que por sus características fisiológicas los vegetales consumen mayor o menor cantidad de agua (aumentando o disminuyendo su contenido de humedad) en función de las condiciones de temperatura y humedad relativa que se registran en la zona. Una situación similar ocurre en el caso de los combustibles muertos, donde las condiciones ambientales regulan el contenido de humedad de dichos materiales, producto de la higroscopicidad de la madera.

La evaluación permanente de las condiciones meteorológicas, en una zona determinada, permite conocer el estado o condición de la vegetación como indicador de la probabilidad de ignición.

Diversos sistemas se han desarrollado con el objetivo de evaluar los factores condicionantes de la ocurrencia de incendios, el comportamiento del fuego, y los efectos que el fuego puede causar sobre el medio natural. Al respecto, aquellos sistemas que intentan evaluar la probabilidad de ignición se denominan Sistemas de Evaluación del Riesgo de incendios. Por otra parte, aquellos sistemas que toman en consideración, además del riesgo, las características del comportamiento del fuego en caso que un incendio prospere, las dificultades para el control y los daños que el fuego causará, se denominan Sistemas de Evaluación del Grado de Peligro de Incendios Forestales (Dentoni y Muñoz, 2003).

Los sistemas de evaluación del riesgo y/o peligro de incendios se componen de índices, cada uno de los cuales es un indicador del efecto de un determinado factor a la probable ocurrencia, el comportamiento y los efectos de un incendio.

Los sistemas más simples se componen de un único índice que toma en cuenta sólo el efecto de algunas variables meteorológicas para proveer información sobre la probabilidad de ignición, suponiendo la existencia de una fuente de ignición.

Existen también otros tipos de índices que operan sobre el comportamiento de una variable única, y que se utilizan para complementar los sistemas de evaluación del grado de peligro. Así, se encuentran los índices de sequía, que evalúan la disponibilidad de agua o estado de los combustibles, y los índices de estabilidad que permiten conocer las condiciones de estabilidad atmosférica.

Otros sistemas más complejos incorporan relaciones entre las variables del tiempo meteorológico, el estado de los combustibles y el comportamiento del fuego, para producir indicadores que proporcionan una medida cuantitativa de las dificultades para el control (en términos de las características del frente de llamas) y del daño o impacto potencial que el incendio puede causar (Dentoni y Muñoz, 2003).

Los sistemas de evaluación del grado de peligro son herramientas imprescindibles para la planificación de las actividades de prevención, posibilitando la identificación de áreas donde es necesario efectuar reducción de combustibles y del momento más adecuado para realizarlas. También permiten decidir la asignación de recursos antes y durante el desarrollo de las temporadas de incendios, y ofrece una alternativa para evaluar con mayor objetividad la eficiencia de las medidas de prevención y de las técnicas de supresión aplicadas.

13.1. EVALUACIÓN DEL GRADO DE PELIGRO

La preocupación por tratar de estimar la probabilidad de ignición en áreas determinadas, para tomar con la suficiente anticipación las medidas tendientes a minimizar los daños que puede causar el fuego, ha sido enfrentada de diversas maneras en diferentes países.

En el hemisferio norte, y de acuerdo a las causas que originan los incendios, en varios países se han desarrollado sistemas basados en un índice único como el Índice de Nesterov (Nesterov, 1949), el Índice de Tellysin y el Índice Meteorológico Francés. En todos estos casos la idea es relacionar el estado meteorológico con la probabilidad de inicio de incendios, considerando, casi exclusivamente, variables meteorológicas como predictoras de la probabilidad de ignición.

También, en algunos países del Hemisferio Sur (Brasil, Argentina) se ha intentado abordar el mismo problema analizando correlaciones entre variables meteorológicas y la ocurrencia y magnitud de los incendios que se han registrado en dichas áreas (Dentoni y Muñoz, 2003).

Sin embargo, los resultados obtenidos en su aplicación no han sido suficientemente satisfactorios, por cuanto en algunas regiones la iniciación de incendios depende, además del estado de la cubierta vegetal, de la acción del ser humano como el agente que aporta la energía necesaria para provocar la ignición.

Quizás, los sistemas de evaluación del grado de peligro más desarrollado corresponden a aquellos construidos e implementados en Estados Unidos y Canadá. En este caso, los sistemas pertenecen a herramientas complejas que relacionan varios indicadores entre sí, para entregar respuestas globales o específicas, para diferentes factores que explican el comportamiento del fuego, la probabilidad de ignición y los daños que los probables incendios puedan causar.

El sistema Nacional de Evaluación del Peligro de Incendios de Estados Unidos (Deeming *et al.*, 1978), comenzó a desarrollarse en 1958. Desde

entonces, y hasta 1978, se elaboraron y probaron los distintos elementos que lo componen.

Este sistema, se basa en los siguientes principios:

- a) Considera solamente el fuego inicial, suponiendo que el comportamiento no es errático y que no hay coronamiento.
- b) Es un indicador de aquella parte del trabajo potencial de contención que puede atribuirse al comportamiento del fuego.
- c) Asume que la longitud de llamas de la cabeza del incendio, está directamente relacionada con las dificultades de contención causadas por el comportamiento del fuego.
- d) Evalúa las condiciones más críticas para una región determinada, empleando observaciones meteorológicas correspondientes a aquellas horas en las que se considera que el peligro de incendios es más alto, en espacios abiertos, en las exposiciones más secas.
- e) Proporciona índices que tienen interpretación física en lo que respecta a la ocurrencia y al comportamiento, los que pueden ser empleados en forma conjunta o independiente para facilitar un análisis flexible de las complejidades de planificación del control.
- f) Relaciona linealmente a los distintos índices que lo componen, con el aspecto del comportamiento del fuego que cada uno de ellos evalúa.
- g) Emplea observaciones meteorológicas diarias para evaluar el peligro diario y valores pronosticados para generar indicadores de peligro de incendios futuros para grandes áreas.

Como variables de entrada, este sistema considera una serie de variables que tienen que ver con la condición meteorológica (temperatura, velocidad y dirección del viento, precipitación acumulada, nivel de actividad eléctrica, humedad relativa); otras que tienen que ver con el riesgo causado por rayos y por la actividad humana; y otras que se relacionan con la localización espacial y temporal para el área a la cual se le está calculando los indicadores de riesgo y peligro.

Como salidas principales, el sistema proporciona los siguientes indicadores:

- a) **Índice de Riesgo por Rayos y por Causas Humanas.** Permite la activación de los sistemas de detección a su máximo alcance (cuando alguno de los indicadores es alto), y también posibilita instruir a las operaciones de detección para que concentren su accionar en los cinturones de riesgo por causa de rayos o por causas humanas.

- b) **Índice de Quema.** Es un indicador de la cantidad de energía que el incendio liberará hacia el medio ambiente. Se emplea para obtener el tiempo necesario para lograr la contención del incendio, sin que éste supere una superficie determinada. Por otra parte, se utiliza para decidir la forma o método de ataque.

- c) **Índice de Carga.** Integra los resultados obtenidos por todos los demás índices, y se emplea como un indicador del nivel en el que deben mantenerse las fuerzas de supresión en un área de protección, para poder manejar las situaciones potenciales de incendios.

Por su parte, el Canadian Forest Fire Danger Rating System (Van Wagner, 1987) comenzó a desarrollarse en 1968, sistema que está formado por cuatro subsistemas que entregan información sobre el mismo número de componentes del comportamiento del fuego:

- 1) **Índice Meteorológico de Peligro de Incendios.** Considera el efecto de los factores meteorológicos, medidos en estaciones meteorológicas a las 12:00 horas, en el comportamiento del fuego.

- 2) **Sistema accesorio de humedad de los combustibles.** Considera tres indicadores que permiten evaluar la condición o estado de humedad de los combustibles. El primero de ellos es el Código de Humedad de los combustibles finos, que permite evaluar el contenido de humedad de la hojarasca y de otros combustibles finos; el segundo es el Código de Humedad del Mantillo, que evalúa el mismo aspecto, pero esta vez referido a la condición de humedad de la materia orgánica profunda y compacta; y finalmente se considera el Código de Sequía, que permite medir el efecto acumulado de la sequía en la condición de la vegetación.

- 3) **Índice de propagación inicial.** Indica la velocidad de propagación que el fuego puede alcanzar.
- 4) **Índice de Combustible Disponible.** Brinda una estimación de la carga de combustible disponible para la propagación del fuego, proporcionando una indicación de la cantidad de energía que un incendio puede liberar hacia la atmósfera.

El sistema del índice meteorológico de peligro de incendios resume, en una sola cifra, los efectos combinados del resto de los componentes. Es un buen indicador de la actividad del fuego y se emplea como medida general del peligro con propósitos administrativos (Van Wagner, 1987).

En Australia también se emplean indicadores para evaluar el riesgo y el peligro de incendios forestales. La investigación se inicia en la década de los '60, con un enfoque destinado a la evaluación del peligro de incendios en pasturas y bosques de Eucaliptus en Nueva Gales del Sur. En la década de los '80 se introdujeron cambios en los sistemas utilizados debido a ciertas deficiencias en la predicción del comportamiento del fuego. Para resolver estas deficiencias se tendió a incorporar modelos de comportamiento del fuego desarrollados en diferentes países, sin haber sido probados previamente en Australia (Dentoni y Muñoz, 2003).

En 1988, el Consejo Forestal Australiano convoca a una conferencia en Canberra, de la que se concluye la necesidad de emplear modelos de comportamiento del fuego científicamente validados, en combinación con Sistemas de Información Geográfica para lograr una adecuada representación del comportamiento del fuego en distintos tipos de vegetación y terrenos.

Los sistemas que actualmente se utilizan, desarrollados sobre la base de las conclusiones de dicha conferencia, se componen de índices que se relacionan directamente con la probabilidad de ignición, la velocidad de propagación y las dificultades de supresión, en diferentes tipos de pastizales y bosques específicos, y proporcionan una base para la explicación del comportamiento del fuego en dichas unidades de vegetación.

La base del sistema está en el cálculo del contenido de humedad de los combustibles finos y de los combustibles pesados, datos que son derivados de la temperatura del aire y de la humedad relativa (combustibles finos). Para los combustibles pesados el contenido de humedad es determinado, empleando el Índice de Sequía de Keetch-Byram.

13.2. EVALUACIÓN DEL GRADO DE PELIGRO EN CHILE

En 1987, y sobre la base de algunas investigaciones realizadas por las Universidades de Chile y Austral, se sientan las bases de un programa nacional de investigación para el manejo del fuego (Julio, 1987). Dentro de las líneas de investigación propuestas, se incluye la evaluación del grado de peligro de incendios forestales.

A partir de las prioridades definidas en las líneas de investigación propuestas, Julio (1990) propone un índice global de riesgo y 15 índices específicos para las zonas que en mayor grado eran afectadas por incendios forestales en la época. Para ello, se realizó un trabajo de investigación cuya zona de trabajo correspondió a la totalidad del territorio comprendido entre la V y la X regiones de Chile.

La delimitación de las 15 zonas de riesgo consideró la evaluación de variables como la Pluviometría media de otoño, primavera y verano; la temperatura media y la máxima de enero; la nubosidad media anual; el número de meses secos anuales; la humedad relativa media de enero; la densidad de incendios forestales; la densidad poblacional; la distribución general de la vegetación; y la distribución general de la topografía. La unidad de superficie de referencia correspondió a la carta par de letras del sistema GEOREF.

Respecto de la Información Meteorológica, se recolectaron datos sobre temperatura del aire, humedad relativa, precipitación y velocidad del viento. Aunque se había considerado la recolección de antecedentes sobre nubosidad, radiación solar y evaporación; no se pudo incorporar estas variables debido a que no todas las estaciones meteorológicas contaban con datos completos o confiables.

Para la evaluación de la sequía se elaboró un indicador que permitiera conocer la condición de la vegetación en cuanto a su contenido de humedad y a la consecuente susceptibilidad a la ignición o inicio de incendios forestales. La determinación del factor de sequía consideró el estudio de 94 eventos de precipitación de variadas intensidades y registradas en diferentes sectores del área de estudio, entre los meses de noviembre y abril en el período 1985-1988.

Cada uno de estos eventos fue relacionado con la ocurrencia de incendios forestales en los días siguientes del respectivo sector, para obtener una función que asociara la cantidad de agua caída con la condición de la vegetación en días posteriores.

La estacionalidad puede ser definida como los períodos o lapsos, durante una temporada, donde la ocurrencia tiende a presentar una determinada intensidad, debido al efecto conjunto de factores como condición climática, estado general de la vegetación y tipo o nivel de actividad humana (Brown y Davies, 1973).

En este caso, para evaluar la estacionalidad se consideraron el riesgo generado por las actividades humanas durante el transcurso de la temporada y la condición esperada de la vegetación como consecuencia de su estado fisiológico independientemente del efecto de las precipitaciones de verano. Sin embargo, ante la ausencia de antecedentes cuantitativos que permitiesen la elaboración de una fórmula, se siguió un procedimiento cualitativo cuyos coeficientes fueron seleccionados a partir de correlaciones con los respectivos promedios de la ocurrencia para el total del período en estudio. De acuerdo con esto, lo más adecuado era el empleo de una escala de 1 a 3 a un nivel de significancia de 0,001.

Las pruebas estadísticas efectuadas, demostraron que la función que representaba con una mayor confiabilidad el riesgo de incendios forestales en Chile, era una regresión lineal múltiple con cinco variables independientes: temperatura, humedad relativa, velocidad del viento, factor de sequía y factor de estacionalidad.

Por medio del análisis de la distribución de los resultados del índice, aplicado para el total del área de estudio, y para las cuatro temporadas consideradas, se establecieron cinco categorías de riesgo (Extremo, Alto, Medio, Bajo y Nulo) para calificar los puntajes obtenidos en la aplicación de la fórmula.

Aunque las pruebas de validación otorgaron una suficiente confiabilidad a los índices desarrollados, de acuerdo con las palabras del autor del estudio, no pueden ser considerados como definitivos (Julio, 1990). Esta afirmación se basa en el hecho que para algunas de las variables incluidas en el índice, no se contó con información absolutamente satisfactoria, debido a que o la información no era completa, o simplemente no se contaba con ella en particular respecto de la evaluación de la estacionalidad.

Al respecto, cabe mencionar que en el caso de la sequía, se contaba con antecedentes sobre la evaluación del contenido de humedad de la vegetación (Bahamóndez, 1983). Sin embargo, en cuanto a la incidencia del ser humano en la ocurrencia de incendios no se encontró ningún estudio publicado con anterioridad, de modo que dichos antecedentes sólo fueron incluidos en forma provisoria en el índice. Esta situación se mantiene hasta la actualidad.

Correa (1998) realiza una evaluación del índice de riesgo en la V Región, concluyendo que los resultados que entrega la aplicación del índice en la quinta región tienen una buena correlación con los montos de ocurrencia registrados en el período analizado (1990/91 a 1995/96).

Sin embargo, en la ejecución de su estudio el autor detecta algunas distorsiones que afectan indudablemente la confiabilidad de los resultados del índice; entre ellos, errores de digitación, problemas en la delimitación espacial de las áreas de cobertura de las estaciones meteorológicas empleadas para evaluar el índice, y alguna incidencia de incendios de origen intencional (factor de estacionalidad). Por otra parte, indica que los procedimientos de cálculo y uso del índice en la Quinta Región no eran adecuados, lo que afectaba directamente a la relación entre los valores del índice y la ocurrencia real registrada.

La conclusión final de dicho estudio indica que la baja confiabilidad atribuida al índice de riesgo radica en problemas en los procedimientos de cálculo, descartando errores en los coeficientes o diseño general de las ecuaciones.

Entre 1993 y 1996, el Proyecto “*Diseño y Desarrollo de un Sistema de Prognosis y Gestión para el Control de Incendios Forestales en Chile*” (Proyecto FONDEF FI-13, 1995), cuyo propósito fue el diseño e implementación de una serie de herramientas para apoyar la gestión de la protección contra incendios forestales en Chile, también aborda el problema de la evaluación del Riesgo de Incendios en la zona de trabajo del Proyecto (VII a X regiones).

Aunque los desarrollos alcanzados en este proyecto representan un avance significativo en las herramientas destinadas al apoyo de la toma de decisiones estratégicas y operativas en manejo del fuego, no se realizan modificaciones de fondo al índice de riesgo de incendios. Al respecto, en la implementación del módulo respectivo, sólo se introducen algunas modificaciones para mejorar la expresión espacial de las variables contenidas en el índice de Julio (1990), posibilitando la visualización de mapas de riesgo para el área de interés contenida en el sistema. Las mejoras incorporadas tienen que ver con el ingreso e interpolación de las variables meteorológicas (temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección del viento) para lo cual se emplearon los mapas de los distritos agroclimáticos elaborados por Santibáñez y Uribe (1993) y el módulo de simulación de campos de viento desarrollado en el mismo proyecto (González *et al.*, 1995).

Utilizando un algoritmo de interpolación, incluido en el módulo meteorológico del sistema, se posibilitó la extrapolación de valores para las variables meteorológicas señaladas, para el área de interés, a partir de algunas observaciones puntuales referidas a cada uno de los distritos agroclimáticos existentes en la zona de operaciones y contenidos en la base de datos del sistema.

Por otra parte, algunas compañías privadas también han enfrentado este problema, desarrollando algunas aproximaciones que les permiten definir su nivel o estado de alerta. Sin embargo, aunque estas herramientas han

resuelto el problema del estado de alerta de la organización, no permiten la realización de pronósticos o estimar el grado de peligro para la totalidad del área de responsabilidad, por cuanto se basan casi exclusivamente en el análisis de variables meteorológicas, las que aunque explican la condición de la vegetación, no tienen relación con la probabilidad de inicio de incendios, ni tampoco permiten la estimación de los otros componentes del grado de peligro.

13.3. CONCLUSIONES

Del análisis de los indicadores de grado de peligro de incendios forestales desarrollados en el extranjero y en Chile, se puede observar con claridad que en todos ellos las variables meteorológicas tienen una importancia fundamental, por cuanto son las que determinan la condición o susceptibilidad a la ignición de los combustibles existentes en una zona determinada.

Dentro de ellas, las variables que aparecen en la mayoría de los indicadores corresponden a la precipitación (acumulada), la temperatura del aire, la humedad relativa y la velocidad del viento. Todas ellas tienen una relación directa con la velocidad a la que se produce el proceso de desecación de la vegetación.

Otro aspecto importante, que tiene relación con el mismo punto, tiene que ver con la captura de la información meteorológica. Los sistemas de evaluación del grado de peligro de incendios forestales más desarrollados (Estados Unidos, Canadá) basan la operación de todo el sistema, en los datos capturados por redes de estaciones meteorológicas, las que envían sus datos a centros nacionales de cómputo, donde se realizan los procesos de cálculo necesarios para la elaboración y publicación de cartografía de riesgo y peligro de incendios para la zona bajo responsabilidad de protección de cada servicio.

Aunque en nuestro país se han desarrollado esfuerzos en la línea de generar indicadores para la Evaluación del Grado de Peligro de Incendios, hay que

hacer notar que se registra un atraso de al menos 10 años en el desarrollo de herramientas de evaluación y análisis del tipo que se ha descrito en estas páginas.

Esto se debe, principalmente, a la carencia de datos suficientemente confiables sobre el comportamiento de las variables meteorológicas en diferentes regiones, ante la imposibilidad de contar con una red de estaciones meteorológicas que permita la captura de datos suficientes para desarrollar y ajustar modelos predictivos de la condición de la vegetación.

Hoy, en la VIII Región se cuenta con una red de estaciones meteorológicas que permitirá resolver la primera parte del problema del riesgo y peligro de incendios, dado que la captura de datos meteorológicos en tiempo real posibilita la construcción de una base de datos suficientemente amplia (en términos de extensión geográfica y de dispersión de datos) la que en el corto o mediano plazo permitirá la construcción de modelos predictivos para estimar la condición de la vegetación.

La segunda parte del problema (la iniciación de incendios por parte de las actividades o actitudes humanas) puede ser resuelta en una primera aproximación mediante el estudio de la distribución de probabilidades asociada a la iniciación de incendios en la región.

La construcción de una herramienta que permita simular los incendios que se iniciarán durante una temporada en la región, en conjunto con un estimador de la condición de la vegetación, permitirá el desarrollo de un sistema de evaluación del grado de peligro de incendios forestales, actualizado y completo, cuyos resultados pueden ser fácilmente publicados en la Internet como medio de difusión masiva.

13.4. LITERATURA CITADA

Bahamondez, P. 1983. Modelo de tablilla indicadora de evaluación del grado de peligro de incendios forestales. Tesis Ing. Forestal, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile, 53 pp.

Brown y Davis, 1973. Forest Fire Control an Use. Second Edition, Mc Graw Hill, New York, 686 p.

CIFFC. 2002. Glossary of Forest Fire Management Terms. Canadian Interagency Forest Fire Centre. Winnipeg, Manitoba, Canadá, 47 pp.

Correa, L. 1998. Evaluación del Índice de Riesgo de Incendios Forestales para la Quinta región del país. Memoria de Título Ing. Forestal, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile, Santiago, Chile, 98 pp.

Deeming, J. E. 1995. Development of a Fire Danger Rating System for East Kalimantan, Indonesia. IFFM report contract No 1-60134345.

Deeming, J. E; Burgan, R.; Cohen, J. 1978. The National Fire Danger Rating System. USDA Forest Service, General technical Report INT-39. USDA Forest Service, USA.

Dentoni, M; Muñoz, M. 2003. Sistemas de Evaluación de Peligro de Incendios. Plan Nacional de Manejo del Fuego, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Ministerio de Salud y Ambiente, Buenos Aires, Argentina.

González, R.; Kottow, D; Zanotti, I.; Viveros, P. 1995. Modelamiento de Vientos. En: Actas del Taller Internacional sobre Prognosis y Gestión en el Control de Incendios Forestales. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. Pp 205-209.

Julio, G.; 1987. Identificación de líneas y anteproyectos de investigación en manejo del fuego. Inf. Conv. N°116, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral, Valdivia, 28 p.

Julio, G. 1990. Diseño de Índices de Riesgo de incendios forestales para Chile. Revista Bosque 11(2): 59-72. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral, Valdivia.

Julio, G. 1999. Fundamentos de Manejo del Fuego. Manual Docente. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile, Santiago, Chile, 300 pp.

Keetch, J; Byram; G. 1968. Drought Index for forest fire control. USDA Research paper SE-38. Southeastern Forest experiment Station. USA.

Nesterov, V. 1949. Combustibility of the forest and methods for its determination. USSR State Industry Press. USSR.

Pedernera, P; Castillo, M. 2003. Vigencia del Índice de Riesgo de Incendios Forestales en Chile. Actas XX Reunión del Consejo Técnico de Manejo del Fuego. Corporación Nacional Forestal, Temuco, Chile.

Proyecto FONDEF FI-13. 1995. Kitral: Sistema de Prognosis y Gestión para el Control de Incendios Forestales. En: Actas del Taller Internacional sobre Prognosis y gestión en el Control de Incendios Forestales. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. Pp 242-254.

Santibáñez, F.; Uribe, J. 1993. Atlas Agroclimático de Chile. Ministerio de Agricultura, Fondo de Fomento de Investigación Agropecuaria, Corporación de Fomento de la Producción. Santiago, Chile, 99 pp.

Van Wagner, C.E.; 1987. Development and structure of the Canadian Forest Fire Danger Rating System. Canadian Forest Service. TR-35. Ottawa, Canadá.

Viegas, X.; Bovio, G.; Ferreira, A.; Nosenzo, A.; Sol, B. 1999. Comparative study of various methods of fire danger evaluation in southern Europe. International Journal of Wildland Fire 9(4): 235-246.