

## RESULTADOS Y EVALUACIÓN ESTADÍSTICA DE UN MÉTODO AUTOMÁTICO DE DETECCIÓN DE SUPERFICIES FORESTALES QUEMADAS EN CATALUÑA (PERIODO 1975-93).

R. Díaz-Delgado<sup>(1)</sup>, R. Salvador<sup>(1)</sup>, J. Valeriano<sup>(1)</sup>, X. Pons<sup>(1,2)</sup>

<sup>(1)</sup>Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals. CREAM. Fac. Ciències. Universitat Autònoma de Barcelona. Bellaterra, 08193. Barcelona. España.

<sup>(2)</sup>Departamento de Geografía de la U.A.B. Bellaterra, 08193. Barcelona. España.

**RESUMEN:** Se presentan los mapas resultado del proceso automatizado de detección de superficies forestales quemadas en Cataluña durante el periodo 1975-93. Este mapa permite la localización geográfica de cada uno de los incendios además del nivel de recurrencia de fuegos. Se ofrece una matriz de confusión elaborada en base a los inventarios de incendios forestales realizados por diferentes administraciones. En ella se muestran los errores de omisión y comisión del método, así como una estimación del error asociado a la superficie detectada como incendio.

### INTRODUCCIÓN

Una vez aplicado el método desarrollado por R. Salvador *et al.* [1] sobre la totalidad de imágenes del sensor MSS del satélite Landsat adquiridas, se planteó como objetivo la elaboración a modo de resultado, de una representación cartográfica completa de las superficies forestales incendiadas. De igual forma se pretendió evaluar estadísticamente la validez del método mediante los inventarios de incendios disponibles, realizados a cargo de las administraciones competentes en cada periodo. Así, estos datos fueron empleados como verdad terreno a efectos de elaborar la matriz de confusión de imágenes clasificadas [4] [5], en la que figuran los errores de omisión y de comisión, que reflejan el porcentaje de acierto global de las zonas detectadas como incendios forestales por el método empleado. Por último, se realizó una comparación entre las superficies estimadas por el método de detección y aquellas inventariadas por el antiguo ICONA, a fin de determinar el error global en la estima del total de superficie quemada.

### REPRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS.

Las áreas en las que se produjo una disminución significativa del NDVI dentro de los umbrales establecidos como adecuados para las zonas incendiadas (ver [1]), fueron almacenadas en formato digital raster. A cada mancha de incendio se le atribuyó una categoría que corresponde al intervalo de tiempo recogido entre las dos imágenes de satélite utilizadas para la comparación del NDVI en función de los distintos umbrales (método de los umbrales superior e inferior denominado A, y método del umbral iterado denominado B). Así, a modo de ejemplo, las superficies

quemadas detectadas entre las imágenes del 27 de Junio de 1975 y el 24 de Julio de 1975 poseen el atributo carácter 19750627\_19750724. En consecuencia, la fecha exacta de inicio del incendio, así como su duración son variables desconocidas. Todas las zonas clasificadas como fuegos fueron almacenadas en un total de 54 imágenes binarias y 152 categorías (fechas de comparación) diferentes (ver figura 1).

A continuación, se procedió a elaborar una imagen sinóptica en la que figuraran todas las manchas correspondientes a superficies quemadas para el periodo máximo considerado, entre el 27/VI/75 y el 9/VI/93. Teniendo en cuenta el fenómeno de recurrencia de incendios en la misma área, se ideó un procedimiento mediante el cual, aquellas superficies que solaparan como consecuencia de otro incendio posterior, adquirirían como categoría la frecuencia de fuegos ocurridos sobre la superficie afectada. De esta manera, en el caso de un segundo fuego, el área de intersección adquiere categoría 2, de análoga forma a una suma aritmética y así sucesivamente. Como resultado se obtuvo una imagen clasificada de zonas forestales quemadas (superiores a 30 ha) y no quemadas, y las frecuencias de incendio de cada zona afectada representadas con una paleta de color para ambos métodos empleados (ver figura 2). Este tipo de representación pretende facilitar la tarea inmediata a desarrollar, que consiste en la caracterización del régimen de fuegos de Cataluña. Esta disposición de los datos permite el cálculo del área quemada total acumulada y el grado de recurrencia en el intervalo de tiempo considerado, factores imprescindibles a la hora de ajustar un modelo de frecuencia de incendios adecuado [2].

### ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS.

#### Errores de omisión y comisión de la metodología empleada.

Los inventarios de incendios disponibles para el periodo considerado provienen de dos fuentes. Por un lado, el ICONA que acumuló los datos entre los años 1968 y 1982, y que por lo tanto recoge parte del estudio, y por otro el Departamento de Agricultura, Ganadería y Pesca (DARP) de la Generalitat de Cataluña, que asumió las competencias desde 1982 hasta nuestros días. *Datos ICONA (29/VI/75-22/XI/82).* Los incendios se contabilizaron en base a la superficie afectada (tanto

forestal como no forestal), la fecha de inicio, la provincia en la cual tuvo lugar y las causas del incendio. Esta disposición sólo permite la comparación de áreas acumuladas por provincias, y el nº de incendios por provincia o para toda Cataluña.

**Datos DARP (30/1/83-4/11/93).** La superficie de las diferentes cubiertas afectadas se contabiliza por cada municipio, así como la fecha de inicio, aunque se consideran únicamente los focos de inicio de fuego.

La matriz de confusión para imágenes clasificadas presenta las clases de referencia reales en las filas, y en las columnas las categorías deducidas de la clasificación [3]. En este caso, la verdad terreno corresponde con los incendios inventariados por el DARP (los únicos identificables a nivel de municipio) y las categorías a las superficies clasificadas como quemadas. Mediante consulta sobre un vector topológicamente estructurado de los límites municipales, se localizaron aquéllos que correspondían con los registrados por el DARP. Cada zona quemada verdadera fue marcada con un vector de etiquetas, en base al cual se discriminaron las no registradas por el método desarrollado, de las inventariadas por el DARP y se obtuvieron las superficies comitidas. Paralelamente, se contabilizaron los incendios no detectados por el método empleado, considerados por lo tanto como errores de omisión. Para el cálculo del porcentaje se tuvieron en cuenta como referencia el nº de incendios y el área inventariada por el

DARP. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 1.

Puede observarse que en líneas generales el método más adecuado es el B, que utiliza el umbral iterado, limitando en gran medida la comisión en forma de incendios, de áreas en las que se producen fenómenos fenológicos de carácter regular [1]. El porcentaje de acierto de omisión se mantiene en una magnitud similar al porcentaje de acierto de omisión del método del umbral mínimo (A).

Este porcentaje de acierto disminuye en función del área como puede observarse en las gráficas 1 y 2 (para el método B). Los fuegos de mayor tamaño son bien determinados por la metodología utilizada. Para el método B por ejemplo, el porcentaje de acierto de omisión cae por debajo del 80 % a partir de incendios de superficie igual a 200 ha.

Errores en la estima del área.

Los datos recogidos por el ICONA durante la primera parte del periodo analizado, también fueron contrastados con los resultados obtenidos. En este punto, debe reseñarse la existencia de una laguna en la adquisición de datos por parte del ICONA durante el año 1979 en la provincia de Tarragona, por lo que la superficie quemada será con seguridad mayor.

Se calculó la superficie total quemada por provincias y se confrontó con la obtenida por el ICONA. Los resultados se exponen a continuación en la tabla 2.

**Tabla 1 :** Nº absoluto y porcentaje de acierto de zonas quemadas identificadas por el método A (umbrales inferior y superior) y el método B (umbral iterado). Nº total de incendios DARP = 328. Área mínima considerada = 30 ha.

	Método A	Método B
Nº Incendios omitidos	175 (53,35%)	143 (43,60%)
Nº Incendios añadidos	391 (80,80%)	358 (95,73%)

**Tabla 2 :** Superficie total quemada (ha) y porcentaje de acierto respecto al área por provincias en Cataluña. Área mínima considerada = 30 Has.

	Barcelona	Girona	Lleida	Tarragona(*)	Cataluña
ICONA	33682	21647	8559	41317	105205
Método A	18518 (54,97%)	13670 (63,15%)	3899 (45,55%)	26231 (63,48%)	62317 (59,23%)
Método B	17806 (52,86%)	13323 (61,54%)	3653 (42,68%)	30100 (72,85%)	64882 (61,67%)

A primera vista puede apreciarse que existe una subestimación de la superficie a partir de las dos metodologías empleadas. Si bien el método B parece aproximarse más al total del área calculada para toda Cataluña, por provincias es el método A el que determina mejor la extensión de los fuegos salvo para Tarragona (ver gráfico 3). En el caso de Tarragona se alcanza con ambos métodos porcentajes más altos, lo

que puede tener que ver con la falta de datos para el año 1979, ya que así la superficie total de zonas quemadas para esta provincia, sería mayor. En definitiva, estos resultados concuerdan con los diferentes métodos utilizados ya que el que recoge las disminuciones bruscas de NDVI comprendidos entre los umbrales mínimo y máximo, incorpora mayor error de comisión lo que previsiblemente aumenta el área total, y además de

los fuegos reales determina mejor el área real de cada incendio, ya que es mucho más sensible. Sin embargo, el método B procede con más cautela limitando la inclusión de las superficies quemadas, y en consecuencia ajustándose con mayor significación a los datos reales.

## CONCLUSIONES

Este documento es una primera aproximación al análisis de la validez estadística de un método automático para la detección de superficies forestales quemadas en Cataluña. Los resultados obtenidos indican cierta aceptabilidad de la metodología empleada, y señalan puntos críticos en el proceso que pueden ser mejorados. Las superficies quemadas mayores de 200 ha son determinadas por el método A y B en un 80 %. El método A incluye bajadas bruscas del NDVI que en realidad no son fuegos, en un porcentaje total del 17 %. El método B tan sólo lo hace en un porcentaje del 6 %.

Con respecto a la estima del área para el periodo 1975-1982, no se aprecian diferencias notables entre ambos métodos que puedan distinguirse de las superficies que provengan de los errores de omisión y comisión. Para determinarlos se pretende realizar un estudio individual de los incendios registrados por el DARP, con el fin de confrontar el área estimada en el terreno con la determinada por el método a partir de las imágenes de satélite.

Es importante destacar que los errores obtenidos asumen que los datos procedentes de la Administración son más o menos exactos. Esto es obviamente falso, dados los métodos, altamente aproximativos, usados en la mayoría de los casos para determinar el origen y la extensión de los incendios, en especial para fuegos de más de 30 ha, y en zonas internas no quemadas que se suelen subestimar o no apreciar. Es por ello que se sugiere

cautela al interpretar como erróneos los resultados obtenidos a partir de la teledetección, cuando, probablemente deberían ser considerados tan solo como discrepancias respecto a los datos oficiales.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores de esta comunicación desean expresar su agradecimiento al DARP y al ICONA por los inventarios de incendios proporcionados para la evaluación estadística de la metodología desarrollada. Así mismo, agradecemos la financiación del estudio al proyecto CICYT AMB94-0881 del M.E.C.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] R. SALVADOR, X. PONS, J. VALERIANO, J. ROMEU y V. PALÀ "Un método de análisis de los incendios ocurridos en Cataluña durante el periodo 1975-1993 mediante imágenes de satélite". Comunicación en el VII Congreso Nacional de Teledetección. Santiago. 1997.
- [2] E. A. JOHNSON y S. L. GUTSELL "Fire frequency models, methods and interpretations". *Advances in Ecological Research*. 1991. 25 : 239-287.
- [3] E. CHUVIECO "Fundamentos de Teledetección espacial". 1996. Ed. Rialp.
- [4] S. ARONOFF "Classification accuracy: a user approach". 1982. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, vol. 48, pp. 1299-1307.
- [5] M. OWE y J. ORMSBY "Improved classification of small scale urban watersheds using Thematic Mapper simulator data". 1984. *International Journal of Remote Sensing*, vol. 5, pp. 761-767.

Gráfico 1: Porcentaje de Error de Omisión del Método B.

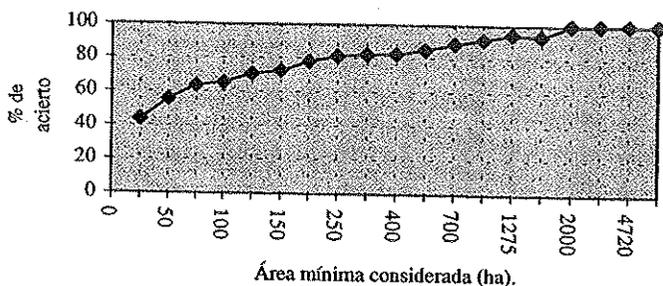


Gráfico 2 : Porcentaje de Error de Comisión del Método B.

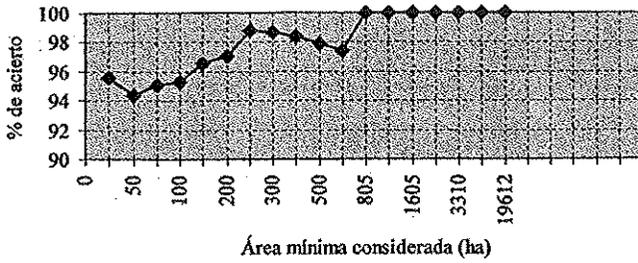


Gráfico 3 : Superficie total quemada por provincia (ha) de Método A y B respecto a ICONA (1975-82)

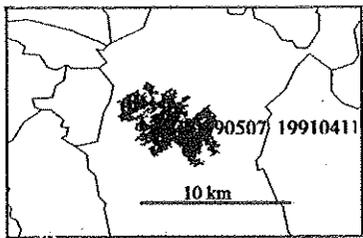
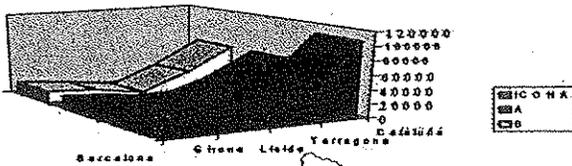


Figura 1 : Incendio del municipio de Tivissa detectado en el periodo comprendido entre el 7 de Mayo de 1989 y el 4 de Abril de 1991. Escala 1:500000. X mín: 296580; X máx: 320160. Y mín: 4535760; Y máx: 4551360

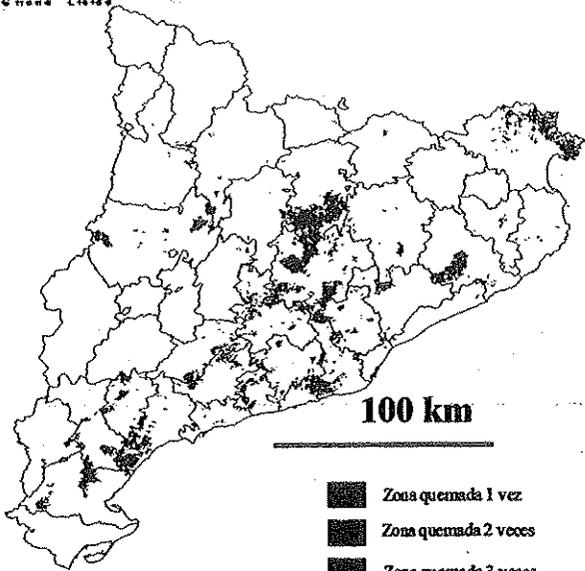


Figura 2 : Mapa de las zonas forestales quemadas en Cataluña y frecuencias de incendios. Periodo 1975-93. Método B.

- Zona quemada 1 vez
- Zona quemada 2 veces
- Zona quemada 3 veces
- Zona quemada 4 veces
- Zona quemada 5 veces

(C13)