

## LA CARTOGRAFÍA DE COMBUSTIBLES MEDIANTE TELEDETECCIÓN, COMO BASE PARA LA PLANIFICACIÓN GALICIA DE LA LUCHA CONTRA INCENDIOS FORESTALES.

B.J. Denore (\*), M.F. Vázquez Espí (\*\*)

(\*) Actualmente, Dpto. Física, Universidad de Valencia.

(\*\*) Ibersat, S.A. Araquil, 11. Madrid.

**Palabras Clave:** Teledetección, Incendios Forestales, Modelos de Combustibles, Planificación.

**RESUMEN:** Se está desarrollando una metodología para crear mapas de combustibles a partir de imágenes de satélite. Dentro de la primera fase de esta labor se han analizado cuales son las necesidades de los servicios forestales en materia de cartografía de combustibles. Los requerimientos de estos usuarios potenciales condicionan la planificación de las siguientes fases del proyecto: el desarrollo metodológico y la creación de un sistema de gestión y planificación (FOMFIS).

**ABSTRACT:** A methodology is being developed for the creation of fuel maps based on remotely sensed satellite images. The first phase of this work has consisted in an analysis of the need for the cartographic information of the forest services. Then requirements of these potential users set the framework for the following phases: methodological development and the creation of a forest fire management and fire prevention system (FOMFIS).

### INTRODUCCION

En la actualidad los incendios forestales en la cuenca mediterránea pueden considerarse como uno de los factores de mayor peso en la degradación de los ecosistemas, lo cual conduce a una grave disminución de la calidad ambiental del territorio. Cifras de 4.700.000 Ha. quemadas en España durante el periodo 1961-90 resultan bastante elocuentes. En este sentido, numerosos esfuerzos económicos, humanos y de investigación han sido realizados en aras de la prevención y lucha contra incendios.

Si bien los problemas relacionados con el fuego forestal son de difícil caracterización, no cabe duda de que la cubierta vegetal -junto con otros factores, como los socioeconómicos- resulta clave en los planes de prevención ya que determina la probabilidad de ignición y el comportamiento del fuego.

La disposición y composición de esos combustibles forestales es dinámica y cambiante en periodos de tiempo relativamente cortos, por lo que siendo complicado mantener una cartografía que refleje dichos cambios con la debida periodicidad, resulta absolutamente necesario. Esa cartografía debería actualizar, además, los recursos e información existente en materia de incendios forestales.

### EL PROYECTO FOMFIS

FOMFIS (Forest Fire Management and Fire Prevention System), dentro del ámbito del IV Programa Marco de Investigación y Desarrollo de la DGXII de la Comisión Europea, es un proyecto de I+D que nace como respuesta a la necesidad de realizar una planificación y gestión de los recursos disponibles en materia de prevención de los incendios forestales, integrando para ello criterios técnicos, socioeconómicos y ecológicos.

El objetivo general de FOMFIS es producir un sistema informático que sirva como herramienta, a escala regional, para la planificación y prevención de los incendios forestales. Para ello se integrarán metodologías y tecnologías referentes a la cartografía de combustibles

forestales, análisis de riesgos socio-económicos y modelos probabilísticos orientados a la simulación de incendios.

Como usuarios finales, FOMFIS ha establecido tres organismos europeos implicados en la gestión forestal, circunscritos a cada una de las tres áreas de estudio, entre ellos la Consellería de Agricultura, Ganadería e Montes de la Xunta de Galicia. Cada una de esas regiones representativas de la cuenca mediterránea -Galicia, Aquitania (sur de Francia) y Grecia- tienen unas características particulares con respecto a la problemática de incendios forestales, debido a unas condiciones climáticas, una vegetación y unos factores socioeconómicos específicos para cada una de ellas.

El soporte técnico de FOMFIS descansa sobre seis empresas europeas, cada una de ellas responsable de un área tecnológica. Ibersat, como responsable del área de Teledetección, llevará a cabo la cartografía de combustibles.

## CARTOGRAFIA DE COMBUSTIBLES

Para cartografiar la cubierta vegetal, las imágenes de satélite resultan un recurso de gran interés, debido al comportamiento espectral de la vegetación. Además, y cumpliendo los objetivos antes señalados, la Teledetección resulta de gran ayuda pues permite realizar nuevos inventarios así como actualizar los ya existentes, de forma global y con la periodicidad apropiada.

El comportamiento del fuego está condicionado por la vegetación, la pendiente y el viento. La combustibilidad de las formaciones vegetales depende de tal cantidad de factores (cantidad, forma, distribución, etc.) que el medirlos todos ellos supone un proceso dilatado en exceso. Por ello, desde la década de los 70 hasta nuestros días, han sido numerosos los estudios que han utilizado la Teledetección para generar mapas de formaciones vegetales según su conducta frente al fuego, es decir, modelos de combustibles (Burgan y Rothermel, 1984), estableciendo una tipología para

cada formación según el principal agente propagador del fuego: pasto, matorral, hojarasca, etc.

En el modelo de simulación de incendios, creado por el U.S. Forest Service, se crearon trece modelos combustibles, a cada uno de los cuales le corresponde una determinada intensidad y velocidad de propagación del fuego. Estos trece modelos han sido adaptados por el ICONA a la vegetación española, estableciendo claves visuales interpretativas para cada una de las grandes áreas forestales de la Península Ibérica.

La delimitación del sustrato inferior del bosque -muy importante en la definición de algunos modelos de combustibles - se presenta como el principal hándicap, ya que el sensor registra el flujo proveniente del dosel vegetal, no del sotobosque subyacente, lo que puede inducir a errores. Los trabajos de campo y la información auxiliar deben utilizarse para salvar este inconveniente.

Si bien los estudios realizados hasta la fecha sobre cartografía de combustibles son muy variados y en alguno de ellos se han obtenido muy buenos resultados, aún no se ha establecido una metodología definitiva. Las principales conclusiones que pueden extraerse son:

- Debido al comportamiento espectral de la vegetación, la información multispectral que ofrecen las imágenes de satélite resulta de máximo interés para la cartografía de modelos combustibles.
- La información aportada por variables topográficas (principalmente elevación y orientación), facilita la cartografía de la cubierta forestal.
- La información multitemporal posibilita la discriminación de determinadas formaciones vegetales.
- El uso de un canal de textura puede ayudar a discriminar densidades.
- Cocientes de bandas (índices de vegetación) realzan los patrones forestales en función de la densidad a la

vez que eliminan el efecto de la topografía.

Sobre el algoritmo de clasificación los resultados son menos concluyentes. Los algoritmos más utilizados han sido clasificaciones supervisadas (de máxima probabilidad, principalmente), no supervisadas y mixtas. En función de los resultados obtenidos, ninguno de estos algoritmos aparece como favorito frente al resto.

### **REQUERIMIENTOS DE LOS SERVICIOS FORESTALES**

Dentro del proyecto FOMFIS, se han definido unos requerimientos del usuario de acuerdo con las necesidades reales de cada usuario final, CONAG para el caso de Galicia.

Los mapas forestales tradicionales y de usos del suelo, si bien son muy detallados, carecen de actualizaciones periódicas o éstas son demasiado largas (10 años). Esto es particularmente importante en Galicia, donde tiene lugar un rápido crecimiento y regeneración del combustible dentro de los dos o tres años siguientes al incendio o tala.

Dado que el usuario debe ser capaz de actualizar los mapas de combustibles regularmente (2 años), se usarán imágenes multitemporales lo que, a su vez, permitirá detectar cambios entre dos fechas: áreas quemadas, áreas cortadas, áreas de regeneración significativa y cambios entre uso forestal y no forestal.

Otra limitación que presentan los inventarios forestales existentes para el propósito de FOMFIS, es que las clases corresponden a asociaciones vegetales y que éstas, lógicamente, no consideran el comportamiento del fuego. Es decir, en una clase pueden estar incluidas masas forestales con muy diferentes propiedades combustibles, mientras que masas con propiedades similares pueden estar incluidas en clases del inventario totalmente distintas debido a su diferente composición de especies. Este problema hace que los inventarios tradicionales sean particularmente inapropiados para la simulación de incendios forestales. Por

ello se pretende realizar un inventario de la vegetación que categorice la vegetación en términos de modelos de combustible, es decir, clases en donde el comportamiento del fuego pueda ser considerado uniforme.

Estas clases no deben estar sujetas a una mera interpretación visual de los campos de entrenamiento. Más aún, FOMFIS debe correlacionar la leyenda forestal existente (asociaciones y especies) con los modelos combustibles presentes en cada zona. En este sentido, como se ha apuntado anteriormente, se cuenta con los trece combustibles de BEHAVE adaptados a la Comunidad Gallega - aunque sólo se han discriminado diez de ellos- por lo que los métodos de clasificación de las imágenes estarán encaminados a diferenciar esas diez clases.

Si bien en el entorno ambiental de Galicia resulta apropiado seguir la metodología anteriormente descrita, no ocurre lo mismo en el caso de Grecia, donde es cuestionable que los trece modelos de BEHAVE puedan ser adaptados para reflejar con exactitud su entorno forestal y caracterizar el comportamiento del fuego.

Un sistema alternativo ha sido sugerido, en el cual los 5 ó 7 modelos BEHAVE relevantes en Grecia (o tres clases más amplias de pastos, matorral y arbolado) son subdivididos según la variación continua de factores como altura y cobertura vegetal. La caracterización de los modelos se logra por medio de relaciones lineales entre la biomasa activa y estos factores.

El más importante requerimiento de los usuarios gira en torno a una información fiable y actualizada sobre el estado de la vegetación, de tal forma que le pueda servir como base para sus actividades de planificación. Si bien el usuario está interesado en los valores forestales - sociales, económicos y ambientales- su prioridad principal son las pautas de comportamiento del fuego forestal. Consecuentemente, necesita una cartografía de combustibles referida al comportamiento del fuego, lo así llamados modelos combustibles.

## CONCLUSIONES

Una vez analizados estos requerimientos (clases que corresponden a unidades con comportamiento uniforme frente al fuego, capacidad de actualización y evaluación de cambios, escalas en torno a 1:50.000, mapas que sirven como entrada de modelos de simulación), haber revisado el desarrollo tecnológico y considerando la oferta actual de datos de satélites se ha planteado el desarrollo metodológico de un sistema informático que permitirá a los usuarios encargados de la gestión forestal crear y revisar sus propios mapas de combustible. En base a ello, se indentificarán una serie de tratamientos sobre la imagen (filtros, correcciones radiométricas, clasificaciones, análisis SIG) con los cuales crear un mapa de combustibles, de tal forma que ofrezca la máxima fiabilidad y requiera la mínima intervención por parte del usuario. Una vez diseñada esta metodología se procederá a crear un módulo de software para integrar en FOMFIS.

La escala de trabajo será 1:50.000 a nivel comarcal, mientras que a nivel provincial y regional escalas menores (1:100.000, 1:200.000) pueden ser más manejables. Estas escalas resultan apropiadas para los sensores que se van a utilizar. No obstante, existe la posibilidad de trabajar a escalas mayores si la tecnología, el coste y los datos lo permiten en un futuro próximo.

Según estas conclusiones, Ibersat pretende usar imágenes procedentes de diferentes sensores (Landsat TM y Spot HRV) de forma multitemporal, junto a información auxiliar, a fin de definir una metodología operativa de modelos combustibles. Junto a estas variables diversos métodos de clasificación serán también evaluados. El objetivo final será la consecución de una cobertura global y periódica del territorio con un coste dinero/tiempo razonable.

## REFERENCIAS

Burgan, R.E. y Rothermel, R.C. (1984). *BEHAVE. Fire behavior prediction and fuel modelling system - Fuel subsystem*. Gen. Tech. Rep. INT 167. USDA. Forest Service.