

# Cartografía de combustibles de alta resolución mediante integración de clasificación orientada a objetos y técnicas geoestadísticas.

Galera Madero, Juan Ignacio<sup>1</sup>, Ramírez Cisneros Joaquín<sup>2</sup> y Fernández Manso, Alfonso<sup>1</sup>.

## Resumen

El avance de la resolución en los productos de teledetección ha evolucionado junto a unas necesidades de cartografía de modelos de combustibles más precisas. La fusión de datos geográficos provenientes del mapa forestal nacional a las clasificaciones de imágenes de alta resolución, permiten mejorar los resultados de la cartografía de modelos de combustibles. El producto generado se adecua a las necesidades actuales en la gestión de incendios forestales. Se obtienen unos datos operativos para su empleo en planes de prevención, o bien para la alimentación de simuladores de comportamiento del fuego y también es útil para una posterior evolución de áreas quemadas.

En el presente artículo se muestran los resultados de la aplicación en una zona del noroeste peninsular de una metodología para la generación de cartografía de combustibles a partir de la combinación de clasificación orientada a objetos sobre ortofotografía multispectrales y datos geográficos del mapa forestal nacional. El presente trabajo se encuentra dentro del ámbito del proyecto PREVIEW RISK del VI Programa Marco de la Unión Europea.

## Introducción

La vegetación y sus restos se consideran combustibles con el propósito de estimar su comportamiento ante los incendios. Los modelos de combustible definen las maneras de propagación del fuego a través de las diferentes coberturas de la superficie terrestre. Existen cuatro diferentes aproximaciones para estimar los combustibles: reconocimiento en terreno, fotointerpretación, clasificaciones por métodos de teledetección y modelos biofísicos (Keane, et al 2001).

En el campo de la teledetección pasiva los métodos empleados para la elaboración de cartografía de combustibles han consistido principalmente la creación de diferentes clases de vegetación con similares características de comportamiento frente al fuego, para una posterior asignación de los respectivos modelos de combustible. El empleo de datos auxiliares como modelos digitales del terreno y sus derivados (mapas de pendiente e iluminación) mejoran la precisión en la determinación de cartografía de modelos de combustibles. (Riaño D. et al, 2002).

A pesar de todos los esfuerzos por la determinación de cartografía de combustibles, todavía existe la necesidad de establecer una metodología precisa (Van

---

<sup>1</sup> Grupo de Investigación IPR (Ingeniería y Planificación Rural), Universidad de León. Campus de Ponferrada, Avd. Astorga s/n 24400 Ponferrada, León.

<sup>2</sup> Tecnosylva, sl. CEEI León, Pol.Ind de León. 24231 – Onzonilla – León.

Wagtendonk, 1997) Hasta ahora los trabajos en teledetección pasiva se han basado en las características espectrales de las imágenes y el empleo de datos auxiliares. A través de un análisis orientado a objetos, existen nuevos parámetros a tener en consideración en los procesos de clasificación. Las formas, las relaciones contextuales entre los objetos y una jerarquía en la clasificación son herramientas adicionales que el análisis orientado añade a las clasificaciones para aumentar las capacidades del conocimiento remoto de la superficie terrestre.

## Objetivos

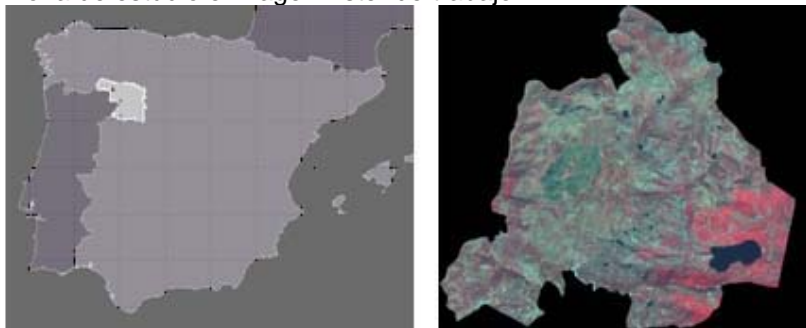
El objetivo principal de este artículo es evaluar la posibilidad de utilizar la combinación de datos geográficos ya existentes, con imágenes satelitales. Se pretende aplicar la información geográfica referenciada producida por diversos organismos. En concreto para este artículo se han empleado datos de MFE (Mapa forestal nacional), y como complemento a las zonas agrícolas no representadas en el MFE se han utilizado datos del SIGPAC (Sistema de información geográfica de parcelas agrícolas). Con estas dos coberturas se parte de una buena información de los lugares donde se producen y se desarrollan los incendios forestales. Junto con la información vectorial, la información raster empleada para este estudio ha sido una imagen del sensor ASTER (Advance Space-borne Thermal Emission and Reflection Radiometer).

El segundo objetivo es establecer unos parámetros para la generación de cartografía de modelos de combustible a través del empleo de modelos de clasificación difusa para la toma de decisiones a la hora de interpretar la superficie terrestre.

## Zona de estudio

La zona de estudio (*figura 1*) se sitúa en el parque natural de Sanabria provincia de Zamora. Posee una superficie aproximada de 22000 hectareas y su modelo glaciar ha creado una gran cantidad de lagos. Los bosques más abundantes en el entorno del lago principal son el roble melojo o rebollo (*Quercus pyrenaica*), también existen Acebos (*Ilex aquifolium*) y Alisos (*Agnus glutinosa*). A medida que ganamos altura el bosque se mezcla con matorrales, lo más abundantes son los escobonales (*Cytisus*). En las partes de alta montaña debido a los constantes incendios, rebrotan algunos rebollos, sin embargo, el brezo y los piornos son la vegetación más abundante por estas alturas. El ganado habita los pastos que se distribuyen a lo largo de todo el parque.

Figura 1—Zona de estudio e imagen Aster de trabajo.



## Metodología

### **Preprocesamiento:**

Se realizó una fase de preprocesamiento tanto para la imagen satelital como para la cartografía SIG (sistema de información geográfica).

La revisión y validación topológica de las coberturas fue necesaria para una correcta generación de los polígonos. Finalmente las capas vectoriales fueron rasterizadas para poder introducir las dentro del proceso de análisis orientado a objeto.

Para la fase de preprocesamiento de la imagen Aster se empleó una rectificación polinómica de primer orden con un remuestreo bilineal. Se utilizaron puntos provenientes de la cartografía 1:10.000 de la Junta de Castilla y León. La resolución espacial de la imagen final fue de 15 metros con tres bandas incluyen el infrarrojo. La imagen fue capturada en septiembre de 2003.

### **Modelos de combustibles**

No existe todavía una estandarización de las claves de modelos de combustible, sin embargo, la clave más empleada hasta el momento es la conocida como la clave NFFL, estándar o bien con el nombre del autor que los describe Anderson (Anderson 1982). Sin embargo para la península ibérica son diversos los documentos que describen las claves para determinar los modelos de combustible NFFL (Gómez de los Bueis, 2000). Mencionar en este apartado que la identificación e interpretación de los modelos de combustible como bien señala Keane (Keane, et al 2001), depende en cierta medida de una valoración personal.

En la zona de estudio se determinó la siguiente clasificación en lo que concierne a la vegetación y se adoptó su correspondencia con la clave de modelos de combustible NFFL (*tabla1*).

**Tabla 1**—Clave de modelos de combustible NFFL simplificada para el parque de Sanabria.

Grupo		Descripción	Descripción Parque de Sanabria
Pastos	1	Pasto fino, seco y bajo, que recubre completamente el suelo.	Pastos finos de ganados secos. Pastos de alta montaña.
	2	Como el anterior pero la plantas leñosas dispersas cubren de uno a dos tercios de la superficie,	Pastos abandonados en media montaña con presencia de matorrales.
Matorral	4	Matorral o plantación joven muy densa; de más de 2 m. de altura; con ramas muertas en su interior.	Escobonales superiores a 2 metros de alto.
	5	Matorral denso y verde, de menos de 1 m. de altura	Zona boscosa con helechos y hojarasca. Rebollos jóvenes. Brezales y piornos. Escobonales jóvenes.
	6	Parecido al modelo 5, pero con especies más inflamables o con restos de corta y con plantas de mayor talla.	Mezcla de rebollares y escobonales. Escobonales con restos de corta.
Hojarasca bajo arbolado	9	Parecido al modelo 8, pero con hojarasca menos compacta formada por acículas largas y rígidas o follaje de frondosas de hojas grandes.	Bosque de rebollos maduros.

### **Clasificación orientada a objetos:**

La clasificación orientada a objeto consiste en el procedimiento mediante el cual los objetos de las imágenes son asociados a sus correspondientes clases. El primer paso en la clasificación orientada a objetos es segmentar las imágenes para la obtención de los objetos y además establecer una jerarquía a diferentes escalas. Con esto se pretende definir de la manera más correcta posible los objetos que se quieren clasificar. Se han establecido tres jerarquías a escalas 40, 15 y 10.

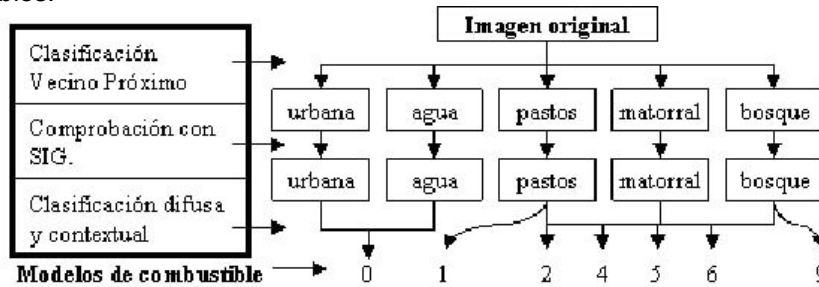
Para comenzar el proceso de clasificación se introdujeron en la escala superior (cuarenta) una serie de polígonos de entrenamiento que definían las siguientes clases: Agua, Urbano, Pasto, Matorral y Bosque. Estos polígonos han sido elegidos a partir de la cartografía temática y de una interpretación visual global de la imagen.

En la *figura 2* se detalla el flujo de trabajo cometido en este trabajo para una clasificación orientada a objetos. En la primera fase, el método del vecino más próximo se empleó como una primera aproximación, para obtener una clasificación a gran escala. Posteriormente la clasificación se fue aplicando a niveles menores.

A medida que la escala se reduce, el número de objetos aumenta, y paralelamente aumenta la cantidad de detalles a interpretar. En la clasificación a menor escala se definieron modelos difusos basados en funciones de pertenencia a través de los parámetros que definen los objetos. Se han empleado las relaciones contextuales entre los objetos, tanto entre los vecinos como entre la jerarquía, los parámetros de forma, y se crearon índices de vegetación además de índices relacionales entre los objetos. Estos índices relacionales nos define, por ejemplo la cantidad de matorrales y bosque que hay en la parcela a modelar. La cartografía SIG

del MFE y SIGPAC se ha empleado para la comprobación en la primera fase de la clasificación a través de un análisis geoestadístico.

**Figura 2**—Clasificación orientada a objetos para la determinación de modelos de combustibles.



## Resultados y Discusión

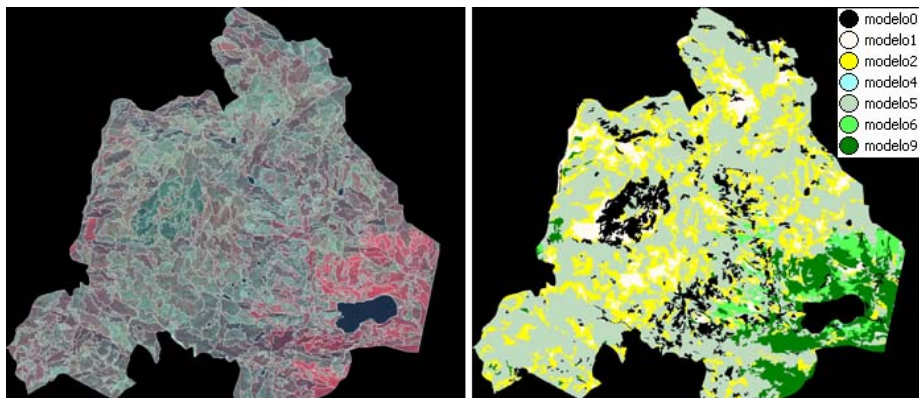
Este proceso de trabajo es una primera aproximación en la pretensión de definir una metodología precisa y eficaz para la determinación de modelos de combustible. El principal problema radica en el establecimiento de una correcta clasificación difusa a partir de las funciones de pertenencia. La decisión de los múltiples parámetros relacionales y aritméticos a introducir en las funciones de pertenencia que definen el modelo difuso para clasificar los objetos, no es una tarea fácil de interpretar.

Otro problema encontrado es la cantidad de tiempo que necesita el software para gestionar la cantidad de objetos, especialmente si empleamos parámetros de textura.

Sin embargo, permite una precisa definición de objetos de modelo de combustible cero, es decir, objetos corta fuegos a través de la información contextual.

El presente artículo es un estudio preliminar, donde se muestra la metodología 1 que se está llevando para la determinación de modelos de combustible. Es importante destacar que la valoración de la metodología debe pasar por una determinación de la precisión a través de la medición de una serie de puntos reales en terreno.

**Figura 3**—Objetos y cartografía de combustibles obtenida a través de clasificación orientada a objetos.



## Conclusiones

El presente trabajo describe las siguientes conclusiones:

- Una metodología para la determinación de cartografía de combustibles a través de la combinación de análisis digital de las imágenes y de datos auxiliares SIG.
- La capacidad de trabajar a diferentes escalas y con información contextual es una característica importante a la hora de establecer y gestionar una clasificación de combustibles.
- La necesidad de establecer unos parámetros estándares que describan las funciones de pertenencia puede ser una herramienta útil, comparable en cierta manera a la existencia de firmas espectrales.

## Referencias bibliográficas

- Anderson, H.E., 1982. **Aids to determining fuel models for estimating fire behavior**. General Technical Report INT-122, United States Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station, Ogden, UT. 26 p.
- Arroyo, L. A., S. P. Healey, W. B. Cohen, D. Cocero, and J. A. Manzanera, 2006. **Using object-oriented classification and high-resolution imagery to map fuel types in a Mediterranean region**, J. Geophys. Res., 111, G04S04, doi:10.1029/2005JG000120.
- Gómez de los Bueis, J., 2000. **Defensa del Monte: Modelos de combustibles en la comarca del Bierzo**. www.tecnosylva.com.
- Keane, R., Burgan, R., and Wagtendonk, J., 2001 **Mapping wildland fuels for fire management across multiple scales: Integrating remote sensing, GIS, and biophysical modeling**. International Journal of Wildland Fire , 10 , 301-319.
- Riaño, D., Chuvieco, E., Salas, J., Palacios-Orueta, A. and Bastarrika, A., 2002. **Generation of fuel type maps from Landsat-TM images and auxiliary data in Mediterranean ecosystems**. Canadian Journal of Forest Research (32), pp. 1301-1315
- Van Wagtendonk, J. W., 1999. **Use of thematic mapper imagery to map fuel models**. Proceedings 13th Conference on Fire and Forest Meteorology. International Association of Wildland Fire, Fairfield, WA.