

Los paisajes forestales prepirenaicos: delimitación y análisis cartográfico del grado de afección por incendio forestal.

R. Montorio Llovería⁽¹⁾, A. García Martín⁽¹⁾, F. Pérez Cabello⁽¹⁾, J. de la Riva Fernández⁽¹⁾

⁽¹⁾Dep. Geografía y Ordenación del Territorio. Universidad de Zaragoza. C/ Pedro Cerbuna, 12. Ciudad Universitaria, 50009 Zaragoza. montorio@unizar.es, algarcia@unizar.es, fcabello@unizar.es, delariva@unizar.es

Resumen

En el presente trabajo se analiza el grado de afección de los distintos paisajes forestales del Prepireneo aragonés en relación con los incendios mayores de 40 ha ocurridos desde principios de la década de los 80. En primer lugar se realiza una cartografía de unidades de paisaje mediante la aplicación de diferentes análisis cluster sobre variables físicas y espectrales (parámetros topográficos, tipos de vegetación, componentes de humedad y verdor derivados de una transformación *Tasseled Cap...*). En segundo lugar se genera una cartografía de áreas incendiadas en el periodo de estudio aplicando el *Normalized Burnt Ratio* (NBR) para cartografiar diferentes niveles de severidad. Finalmente, del análisis de la combinación de ambas cartografías se concluye que los matorrales muestran los menores niveles de impacto por incendio forestal, mientras que los pinares y quejigares densos situados en umbrías de los pisos montano y submontano presentan los niveles de afección más altos.

1. Introducción

En el paisaje pirenaico han tenido lugar importantes transformaciones en las últimas décadas. De entre todos los factores ecológicos, los incendios forestales son uno de los que mejor explican estos cambios. El análisis de este factor se ha visto mejorado considerablemente en las últimas décadas gracias al uso de la teledetección. Entre las técnicas utilizadas destacan las referentes a discriminación de área quemada y las dirigidas a medir la severidad [1] [2].

En el contexto del Prepireneo español es posible identificar paisajes donde la gravedad de incendios es especialmente importante como consecuencia de diversos factores: propiedades de la vegetación, localización fisiográfica, gestión histórica... [3]. La identificación y descripción de estos paisajes es esencial para el análisis del riesgo de incendios y la planificación medioambiental.

Existen dos grandes aproximaciones para clasificar paisajes: humana y biofísica. La segunda

combina variables físicas en unidades de paisaje mediante el uso de procedimientos cuantitativos que agrupan áreas con valores similares de un conjunto de variables cartográficas [4]. Esta aproximación es la utilizada en este trabajo, pues se persigue la identificación de unidades de paisaje naturales.

2. Área de estudio

El área de estudio abarca una superficie de 1457 km² y se localiza en el extremo occidental de la provincia de Huesca. Forma parte de la unidad del Prepireneo Oscense, extendiéndose por las Sierras Exteriores, la Depresión Media Pirenaica e incluyendo las sierras conglomeráticas de la franja más septentrional del somontano oscense. Tiene una gran diversidad de ambientes topográficos con alturas predominantes entre 750-1000 m.

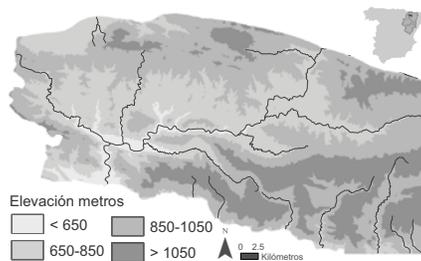


Figura 1: Área de estudio

Se circunscribe a la cuenca media del río Gállego y su clima puede definirse de forma general como de carácter submediterráneo con diferentes grados de continentalidad. Desde el punto de vista biogeográfico aparecen representadas las regiones Mediterránea (subsector Somontano-Aragonés) y Eurosiberiana (subsector Jacetano-Guarense) [5].

3. Metodología

La metodología aplicada está basada en el uso de técnicas cluster e índices de bandas espectrales.

3.1. Identificación y cartografía de unidades de paisaje representativas en el área de estudio

Esta tarea se realizó a través de la integración de diferentes variables físicas. Se analizaron las correlaciones entre las variables disponibles, en un SIG generado al efecto, para minimizar la duplicación de información; sobre las variables resultantes se aplicó un Análisis de Componentes Principales (ACP) para detectar las variables más explicativas [4]. Las finalmente seleccionadas fueron: orientaciones, obtenida del Modelo Digital de Elevaciones; *Greenness* y *Wetness*, que han demostrado ser muy sensibles a la humedad y estructura de la vegetación y que fueron obtenidas a través de la transformación *Tasseled Cap* aplicada a una imagen previa a los fuegos [6]; y, finalmente, el propio Modelo Digital de Elevaciones.

El método cluster ISODATA fue usado para obtener áreas homogéneas que pudieran ser asimiladas a unidades de paisaje. Este método utiliza la mínima distancia espectral para formar cluster y fue aplicado en cada una de las variables seleccionadas y, finalmente, en la imagen combinación de todas ellas, después de estratificar el área de estudio en tres pisos bioclimáticos: mediterráneo, submontano y montano.

Los resultados fueron descritos en términos de las cuatro variables explicativas y de la cubierta principal del suelo, información obtenida a partir de la cartografía de usos del suelo generada mediante clasificación supervisada [3]. Los cluster iniciales fueron agrupados hasta las siete unidades finales.

3.2. Identificación y cartografía de áreas quemadas

La cartografía de incendios forestales se realizó empleando una colección de imágenes Landsat TM/ETM+ para el periodo 1984-2002 y para incendios forestales superiores a 40 ha debido a las limitaciones que ofrece la resolución espacial de estas imágenes. Las imágenes fueron georeferenciadas y corregidas radiométricamente (normalización topográfica). Se aplicaron técnicas de análisis visual, como las composiciones 7-4-3 (RGB) principalmente y técnicas de detección de cambios, como la comparación entre los índices de vegetación NDVI prefuego y postfuego.

3.3. Evaluación de la severidad de los incendios

Desde la perspectiva del paisaje puede definirse severidad como el grado de cambio medioambiental causado por el fuego [2]. La medición de este cambio se ha realizado mediante la aplicación de un índice, el ΔNBR (*Normalized Burn Ratio*):

$$\Delta NBR = NBR_{\text{prefuego}} - NBR_{\text{postfuego}} \quad (2)$$

$$\text{donde } NBR = (R4-R7)/(R4+R7) \quad (3)$$

donde R es la reflectividad de cada pixel por banda tras la corrección radiométrica.

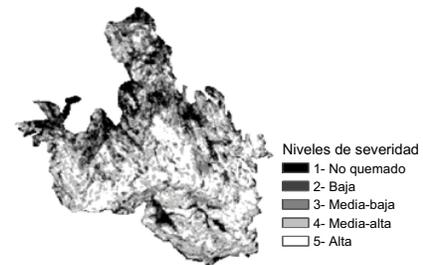


Figura 2: ΔNBR del incendio de la Umbria de la Sierra de Aineto

El índice ΔNBR puede analizarse a corto plazo -cuando la imagen postfuego es inmediata al incendio- o a medio plazo, cuando la imagen postfuego ha dejado transcurrir una estación de crecimiento de la vegetación [2]. Esta última ha sido la perspectiva considerada. Los resultados se han agrupado, siguiendo la propuesta de Key y Benson [2], según se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1: Niveles de severidad

| Nivel de severidad | Intervalo ΔNBR |
|--------------------|------------------------|
| 1- No quemado | -500 a 99 |
| 2- Baja | 100 a 269 |
| 3- Media-baja | 270 a 439 |
| 4- Media-alta | 440 a 659 |
| 5- Alta | 660 a 1300 |

3.4. Descripción de unidades de paisaje en función del impacto y severidad del fuego

Usando técnicas de análisis espacial y tratamientos estadísticos se combinaron las cartografías de unidades de paisaje e incendios forestales. De esta forma, las unidades de paisaje fueron caracterizadas en función del impacto histórico por incendios forestales tanto en valores relativos como absolutos. Con esta información se generó una cartografía de riesgo de incendio, caracterizando posteriormente estas áreas de riesgo en función de la severidad histórica de los incendios forestales ocurridos.

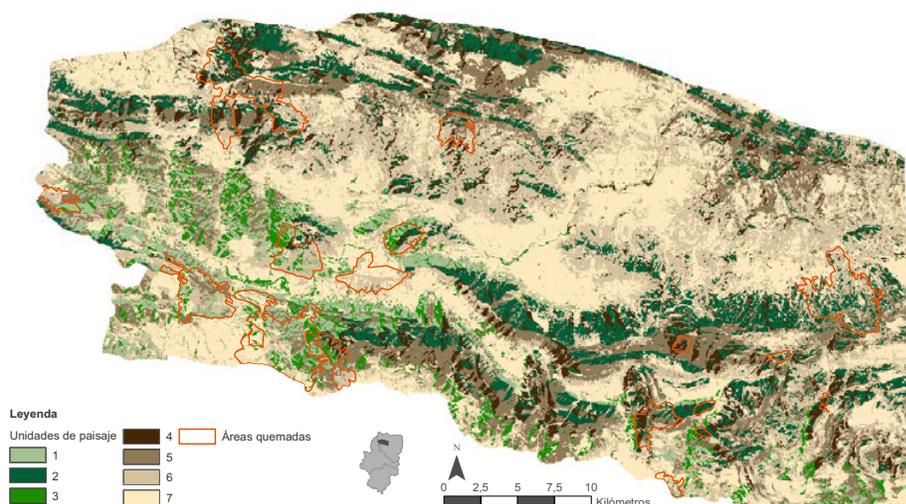


Figura 3: Unidades de paisaje y delimitación de áreas quemadas

4. Resultados y conclusiones

La metodología aplicada ha permitido identificar siete unidades de paisaje:

Unidad 1: Alta densidad de *Pinus nigra* en orientaciones norte del piso mediterráneo.

Unidad 2: Alta densidad de *Pinus sylvestris* en orientaciones norte de los pisos submontano y montano.

Unidad 3: Alta densidad de *P. nigra* y *Quercus rotundifolia* en orientaciones oeste del piso mediterráneo.

Unidad 4: Alta densidad de *Quercus gr. cerrioides*, *Q. rotundifolia*, *P. sylvestris* y matorral en orientaciones oeste de los pisos submontano y montano.

Unidad 5: Alta densidad de *Q. gr. cerrioides*, *Q. rotundifolia* y matorral en orientaciones sur y este de los tres pisos bioclimáticos.

Unidad 6: Densidad intermedia de matorral y *Q. gr. cerrioides* en todas las orientaciones y pisos.

Unidad 7: Baja densidad de matorral y suelo sin vegetación en todas las orientaciones y pisos.

Analizando el impacto de los fuegos se puede concluir que el área de estudio presenta un alto grado de siniestralidad. En el periodo estudiado para este trabajo (1986-2002) se han detectado un total de dieciséis incendios mayores de 40 ha afectando un área de 106,07 km², el 7,28% del total de área de

estudio. La magnitud real de este problema ambiental es incluso más clara teniendo en consideración el porcentaje del área de estudio en el conjunto de la provincia de Huesca (9%).

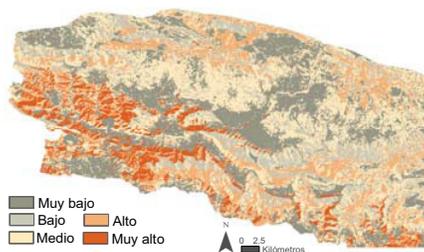


Figura 4: Cartografía del riesgo de incendio en relación con la ocurrencia histórica

La distribución espacial de los incendios forestales permite descubrir diferencias dentro del área. Así, la intensidad de incendios es mayor en el piso mediterráneo que en los pisos submontano y montano, siendo este piso bioclimático el más afectado en términos relativos y absolutos.

Los mayores niveles de impacto y, en consecuencia, los mayores niveles de riesgo se observan en las unidades de paisaje caracterizadas por formaciones de alta densidad. Dentro de ellas

debe ponerse énfasis en el mayor nivel de impacto de los bosques de coníferas (unidades 1 y 3), en comparación con los de frondosas (unidad 5).

Tabla 2: *Impacto de los incendios en las unidades de paisaje*

| Código | Área quemada (km ²) | % superficie quemada por unidad |
|--------|---------------------------------|---------------------------------|
| 1 | 8,24 | 12,62 |
| 2 | 10,63 | 6,97 |
| 3 | 7,15 | 12,63 |
| 4 | 8,42 | 8,20 |
| 5 | 20,00 | 8,42 |
| 6 | 34,49 | 7,93 |
| 7 | 17,14 | 4,21 |
| Total | 106,07 | 7,28 |

Las formaciones mixtas de frondosas, coníferas y matorral de la unidad 4 tienen un nivel de riesgo intermedio. Nivel en el que también se incluyen las formaciones intermedias de matorral con frondosas de la unidad 6, la unidad con un porcentaje más alto del total del área quemada.

Los niveles de riesgo más bajos se observan en las formaciones de *P. sylvestris* de la unidad 2, la única excepción de las unidades de paisaje de alta densidad y, finalmente, en las unidades de paisaje con formaciones de baja densidad de matorral o suelo sin vegetación (unidad 7).

El análisis de la severidad realizado muestra un dominio del nivel de severidad medio (Figura 5).

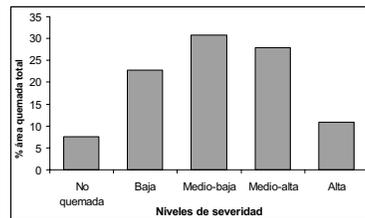


Figura 5: *Niveles de severidad*

Caracterizando las unidades de riesgo en función de la severidad de los incendios que han tenido lugar, se observa lo siguiente:

Los incendios que afectan a las áreas de escasa densidad vegetal (unidad 7), caracterizadas por un riesgo muy bajo, presentan unos niveles de severidad bajos.

Las formaciones de densidad intermedia de la unidad 6, con riesgo medio, se ven afectadas por severidades de incendio medio-bajas.

Dentro de las unidades de alta densidad las formaciones de *P. nigra* (unidades 1 y 3) y las formaciones mixtas de frondosas y matorral (unidad 5), con riesgo muy alto y alto respectivamente, se ven afectadas por incendios de severidad media. El área de riesgo medio, representada por las formaciones mixtas de frondosas, coníferas y matorral (unidad 4) se ve afectada por severidades medias con relativa importancia de los niveles más altos. Finalmente, las formaciones de *P. sylvestris* de la unidad 2, con riesgo bajo, están afectadas por incendios de severidad alta.

5. Agradecimientos

Este estudio fue financiado por una beca provista por el Gobierno de Aragón con el soporte del Ministerio de Ciencia y Tecnología español a través del proyecto EROFUEGO(REN2002-00133).

6. Referencias

- [1] Chuvieco, E., *Teledetección ambiental: la observación de la Tierra desde el espacio*, Ariel, Barcelona, 2002.
- [2] Key, C.H., and N.C. Benson, "Remote sensing measure of severity, the normalized burn ratio", *Landscape Assessment (LA) Sampling and Analysis Methods*, chapter 3, disponible en *Fire Effects Monitoring and Inventory Protocol* (3 de marzo de 2005) <<http://fire.org/firemon/default.htm>> [consulta: 14 de marzo de 2005].
- [3] Pérez-Cabello, F., *Paisajes forestales y fuego en el prepirineo occidental oscense. Un modelo de reconstrucción ambiental*, Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón, Vol. 33, 2002.
- [4] Fairbanks, D., and G. Benn, "Identifying regional landscapes for conservational planning: a case study from Kwazulu-Natal, South Africa", *Landscape and Urban Planning*, Vol 50, 237-257, 2000.
- [5] Rivas-Martínez y cols., S., *Memoria del mapa de series de vegetación de España*, ICONA, Madrid, 1987.
- [6] Yauth, R.J., and G.S. Thomas, *The Tasseled Cap. A graphic description of the spectral-temporal development of agricultural crops as seen by Landsat*. Symposium of Machine Processing of Remotely Sensed Data, Purdue, 41-51, 1976.