

## Tesis doctorales

---

**Título:** *Caracterización pluriescalar del régimen de incendios y la regeneración post-fuego mediante índices espectrales derivados de sensores Landsat. Aplicación en espacios protegidos (N. O. España).*

**Autor:** Francisco Javier LOZANO LLANOS

**Lugar:** León

**Fecha:** Junio, 2007

**Directores:** Estanislao DE LUIS CALABUIG y Susana SUÁREZ SEOANE

Los incendios son una perturbación determinante de la estructura y dinámica de muchos sistemas ecológicos, entre los que se encuentran los paisajes mediterráneos. En el Noroeste de la Península Ibérica, la alta frecuencia de incendios es un problema ambiental que debería abordarse desde un punto de vista espacialmente explícito, caracterizando la relación entre la vegetación y el fuego mediante el análisis del riesgo de incendios, la delimitación de zonas quemadas y el estudio de la recuperación vegetal tras la perturbación. Estos análisis deben seguir un enfoque pluriescalar que permita evaluar esa relación a varios niveles de organización. Para poder alcanzar este objetivo son de gran utilidad e interés la Ecología del Paisaje (por su interés en la heterogeneidad espacial y temporal, la escala y la organización jerárquica de los sistemas naturales) y la Teledetección (como fuente de datos continua en el espacio con alta resolución temporal y espacial que permite obtener productos cartográficos). La problemática de los incendios es aún mayor cuando las zonas afectadas tienen un alto valor ambiental, por lo que la zona de estudio de esta tesis doctoral está comprendida por tres espacios naturales del Noroeste de la Península: el Espacio Natural de la Sierra de Ancares (León), el Parque Natural del Lago de Sanabria y Alrededores (Zamora) y el Parque Natural de Arribes de Duero (Salamanca y Zamora).

Como primer paso, se generó una cartografía de incendios (mayores de 5 hectáreas) de los tres espacios naturales en la década 1992-2002 utilizando imágenes de los sensores Landsat TM y ETM+. La cartografía, basada en la variación temporal de los valores del índice NBR, obtuvo una fiabilidad total del 88% (error de comisión del 10%, error de omi-

sión del 14%) y permitió caracterizar el régimen de fuego para las zonas de estudio: (i) en las zonas de Sanabria y Ancares se observó una alta recurrencia de incendios (hasta 4 quemadas en 10 años) y periodos de retorno de tres y cinco años; (ii) en cambio, en Arribes la ocurrencia de incendios fue mucho menor. Los siguientes análisis se realizaron en el P. N. del Lago de Sanabria y Alrededores, elegida como zona piloto por la alta frecuencia de incendios y por la gran disponibilidad de información ambiental digital. Se abordó a continuación la estimación del riesgo de incendios de manera espacialmente explícita, siguiendo un enfoque uniescalar (mediante regresión logística) y pluriescalar (árboles de clasificación-CART). Los índices espectrales (se consideraron los siguientes índices espectrales: NBR, NDVI, NDMI, TCW y TCG) fueron útiles para detallar el patrón espacial estructural de riesgo que definen las variables ambientales "estáticas" (a la escala temporal del estudio): la topografía, la accesibilidad y el tipo de vegetación predominante. También se consideró una variable informativa sobre la historia de fuego, es decir el periodo transcurrido desde el último incendio. La pendiente fue la variable más determinante de la probabilidad de ocurrencia a las escalas espaciales más groseras, mientras que a escalas más finas son necesarias más variables para estimar la probabilidad de ocurrencia de incendios. El índice NBR y, en menor medida, el índice TCW, obtuvieron los mejores resultados. A partir de los algoritmos obtenidos se derivaron modelos espaciales de la probabilidad de ocurrencia para cada año considerado.

Se estudió igualmente la recuperación vegetal tras el fuego de la comunidad vegetal de brezal (la

más afectada por el fuego en la zona de estudio) utilizando los cinco índices espectrales considerados en los análisis anteriores. Para evaluar numéricamente la relación entre esos índices y el estado de la vegetación, se realizó un muestreo de campo de los siguientes parámetros estructurales en un total de 555 puntos: cobertura total y altura máxima de la vegetación, porcentaje de suelo descubierto y la riqueza de especies. TCW fue el índice espectral que mejor estimó los parámetros muestreados. En todos los casos las correlaciones entre índices y parámetros estructurales fueron significativas (según el análisis GLM realizado), excepto en el caso de la riqueza de especies, siendo la cobertura total el que mayor grado de ajuste presentó. Se estudió también la evolución temporal de los valores de los índices tras el fuego en función de la recurrencia de incendios a la escalas de observación de píxel y mancha (cada uno de los incendios identificados). Para ambos niveles se identificaron tres fases en la dinámica de los valores de los índices, que se corresponden con fases en la recuperación de la vegetación: (i) aumento intenso y rápido en los dos primeros años tras el fuego, (ii) aumento gradual y lento entre el tercer y octavo año y, posteriormente, (iii) equilibrio dinámico. En la zona de estudio, la recurrencia de incendios no afectó a la capacidad de regeneración de las comunidades de brezal, estima-

da mediante el estudio de los valores de los índices espectrales. Mediante un análisis de regresión, se evaluó la influencia sobre los valores de los índices de la precipitación, la topografía y el estado de la vegetación en años previos, siendo este último el grupo de variables más determinante, si bien la precipitación fue relevante en los primeros estadios sucesionales. Los valores del índice TCW fueron los que presentaron mejor ajuste con los tipos de variables consideradas, en especial entre el tercer y octavo año tras el fuego.

Por último, se realizó un estudio piloto que combinó los índices espectrales con índices ecológicos (diversidad y uniformidad) para el análisis del proceso de recuperación de la vegetación tras el fuego al nivel de la mancha del paisaje. Los valores continuos de los índices fueron agrupados en clases, calculándose el valor de los índices ecológicos antes y después de la perturbación para varias manchas del paisaje. Se identificaron dos dinámicas de regeneración: anual (el valor de los índices ecológicos sólo varía el año del incendio y el posterior a la perturbación) y bianual (los índices ecológicos varía el año de la perturbación y los dos siguientes). El uso de imágenes de los sensores Landsat permitió caracterizar a varias escalas el patrón espacial generado por los procesos de perturbación-regeneración debidos al fuego.