

INCENDIOS FORESTALES EN ESPACIOS DE FRONTERA.  
ANÁLISIS DE PATRONES ESPACIALES EN PAISAJES DE MONTAÑA DE LA RAYA CENTRAL HISPANO-LUSA\*

115

FOREST FIRES IN BORDER AREAS.  
ANALYSIS OF SPACE PATTERNS IN MOUNTAIN LANDSCAPES OF THE HISPANO-LUSA CENTRAL BORDER

Rocio Blas

Departamento de Arte y Ciencias del Territorio, Universidad de Extremadura (Espanha)  
ORCID 0000-0001-5688-5125 [rblas@unex.es](mailto:rblas@unex.es)

Luciano Lourenço

Departamento de Geografia e Turismo, NICIF, CEGOT e RISCOS  
Faculdade de Letras, Universidade de Coimbra (Portugal)  
ORCID 0000-0002-2017-0854 [luciano@uc.pt](mailto:luciano@uc.pt)

RESUMEN

En este trabajo se han analizado los patrones de ocurrencia de incendios forestales en los paisajes de montaña de la Raya Central Hispano-Lusa. Espacios de frontera donde se conjugan factores físicos similares y sistemas de poblamiento, económicos y de gestión de los bosques diferenciados. La metodología se ha centrado en los puntos de ignición, através de un análisis de agrupamiento (*Grouping Analysis*) se ha obtenido una clasificación del territorio en cuatro grupos bien diferenciados en función de diferentes combinaciones entre el número de incendios y la superficie quemada. Este análisis revela la existencia de patrones que traspasan las fronteras administrativas y agrupan bajo un mismo conglomerado a entidades de uno y otro lado. Los resultados ponen de manifiesto la vulnerabilidad de los espacios de montaña ante el riesgo de incendio, principalmente por su predisposición física, pero también por los procesos demográficos y económicos que generan escenarios similares y relativizan factores como los usos del suelo o la gestión forestal, muy diversa y hasta divergente en uno u otro lado de la frontera.

**Palabras clave:** Incendios forestales, montaña, frontera, estadística espacial, patrones.

ABSTRACT

In this study we analysed the forest fire patterns in the mountain landscapes of the Central Hispano-Lusa border. The methodology focused on analysis of the ignition points. Grouping analysis was used to obtain a classification of the territory into four distinct groups. These groups are differentiated in terms of the combination of the number of fires and the burned area. This analysis shows that there are patterns that cross administrative boundaries. Clusters are formed with authorities on either side of the border. The results show the vulnerability of mountain areas to fire risk, mainly due to their physical predisposition, but also due to the demographic and economic processes that generate similar scenarios. In these scenarios very diverse and even divergent factors on either side of the border, such as land uses or forest management, become relative.

**Keywords:** Forest fires, mountain, border, spatial statistics, patterns.

\* O texto deste artigo foi submetido em 07-08-2018, sujeito a revisão por pares a 18-09-2018 e aceite para publicação em 05-11-2018.

Este artigo é parte integrante da Revista *Territorium*, n.º 26 (I), 2019, © Riscos, ISSN: 0872-8941.

## Introducción

La presencia del fuego en la Cuenca Mediterránea se refleja en la existencia de una serie de regímenes del fuego en los que los procesos fenológicos y la frecuencia, extensión o intensidad del fuego guardan un estrecho equilibrio (J.K. Agee, 1993, J. Pausas, 2012, J.E. Keeley, 2012). Cualquier variación en esta interrelación supone un aumento de la vulnerabilidad del espacio forestal (IPCC, 2007). Actualmente diferentes procesos de cambio están propiciando la aparición de regímenes del fuego alterados, con mayor frecuencia, extensión o intensidad que superan la capacidad de adaptación y ponen en grave peligro la biodiversidad de estos ecosistemas. Los principales cambios del área de estudio están relacionados con la pérdida de población, el abandono de tierras labradas, el descenso de la cabaña ganadera y la acumulación y continuidad del combustible forestal.

Según la estadística de incendios Forestales que proporciona EFFIS (Forest Fire Information System, EFFIS 2011, 2012 y 2013), en los países de la Europa Mediterránea (España, Francia, Italia, Portugal y Grecia) se registra una media de casi 50 000 incendios forestales anuales, que arrasaron una superficie media de 463 000 ha al año.

En cuanto a la evolución del número de incendios en esta área se percibe en los últimos años una tendencia a la baja, después de alcanzar máximos históricos en la década de los noventa y primeros años del siglo XXI, momento en el que en España se triplicó el número de incendios y en Portugal se multiplicó por diez.

La tendencia ascendente en el número de incendios en España y Portugal, que llega a alcanzar más de 25 000 y 35 000 siniestros anuales respectivamente, muestra, no obstante, una desaceleración desde 2005. Aunque estos últimos datos son alentadores, es todavía prematuro afirmar un cambio de tendencia general, puesto que al igual que sucede en el resto de la serie, dependen fundamentalmente de las condiciones climáticas.

El objetivo principal de este estudio ha sido el análisis de la ocurrencia de incendios forestales en los paisajes de montaña de la Raya Central Hispano-Lusa. Espacios de frontera donde se conjugan factores físicos similares y sistemas de poblamiento, económicos y de gestión de los bosques diferenciados. Los binomios Sierra de Gata - Serra de Malcata y Sierra de San Pedro - Serra de São Mamede a un lado y otro de la frontera son los enclaves analizados en detalle.

Con el fin de analizar los patrones de ocurrencia de incendios forestales en las montañas de la Raya Central Hispano-Lusa se empleó una metodología centrada en el análisis de la densidad e incidencia de los incendios registrados en las estadísticas disponibles. La puesta en común de ambas estadísticas de incendios forestales y la generación de un mapa continuo de puntos de ignición

de incendios forestales a través de la frontera constituye en sí uno de los resultados de los trabajos, puesto que ha supuesto unificar no solo dos fuentes estadísticas, sino también cartográficas.

La identificación de patrones se ha realizado en los espacios montañosos de frontera a través de técnicas de análisis espacial, las cuales permiten evaluar la existencia y naturaleza de los patrones de distribución de la ocurrencia de los incendios forestales (J. Yang *et al.*, 2007; K. Han-Bin *et al.*, 2007; S. A. Drury y T. T. Veblen, 2008; L. Galiana, 2009; G. Pérez-Verdín, 2013 y V. Gajović *et al.*, 2013).

## Material y Métodos

La Raya Central Hispano-Lusa (fig. 1) está constituida por tres provincias españolas (Salamanca, Cáceres y Badajoz) y tres distritos portugueses (Guarda, Castelo Branco y Portalegre). Al ser un espacio transfronterizo, la diversidad en la delimitación de límites administrativos se ha solventado utilizando los límites municipales en España y la delimitación de las freguesías en Portugal (en cierto modo equivalentes a las parroquias españolas) como unidades espaciales. La escala de trabajo en el estudio de casos ha requerido identificar las unidades administrativas de menor tamaño posible, siendo éstas las delimitaciones que territorialmente, no administrativamente, se pueden considerar homólogas, con superficies y configuración similares.

El estudio se ha centrado en los espacios de montaña de esta Raya Central Hispano-Lusa, en concreto en los binomios Sierra de Gata-Serra de Malcata y Sierra de San Pedro-Serra de São Mamede.

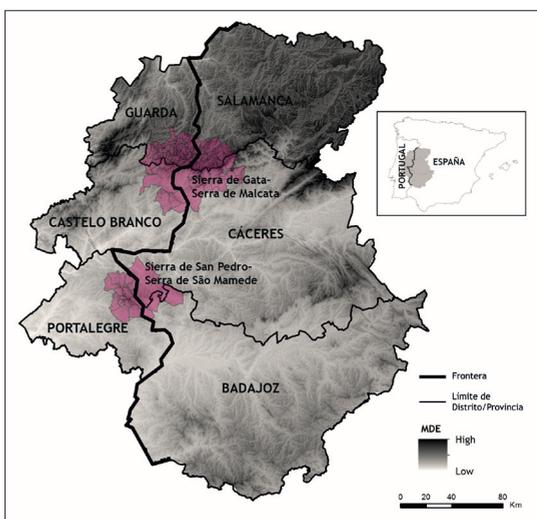


Fig. 1 - Área de estudio: Raya Central Hispano-Lusa (MDE: Modelo Digital de Elevaciones).

Fig. 1 - Location of the study area (MDE: Digital Elevation Model).

La Sierra de Gata - Serra de Malcata se localiza entre las provincias de Salamanca y Cáceres y los distritos de Guarda y Castelo Branco, integrando el sector occidental del Sistema Central. Por su parte la Sierra de San Pedro - Serra de São Mamede constituyen las estribaciones de los Montes de Toledo, y se localizan respectivamente entre las provincias de Cáceres y Badajoz y en el distrito de Portalegre.

La delimitación de las unidades municipales que integran estos paisajes fronterizos de media y baja montaña respectivamente han sido principalmente factores físicos, pero también administrativos: alcanzar 600 o 500 m de altitud, en función del sistema montañosos analizado, cambio altitudinal de más de 300 metros, pendientes de más de 5° (9 % aprox.) y localizados a menos de 25 km de la línea fronteriza (ambos sentidos).

La delimitación de estas características define 97 municipios/freguesías de la Raya Central Hispano-Lusa, constituyendo los casos de estudios en el análisis de la incidencia de incendios en los paisajes de montaña transfronterizos. Estos dos espacios se configuran con 65 freguesías (16 de Portalegre, 40 de Guarda y 9 de Castelo Branco) y 32 municipios (11 de Salamanca, 19 de Cáceres y 2 de Badajoz).

La metodología utilizada se ha fundamentado en el análisis de las series históricas de incendios forestales a uno y otro lado de la frontera, análisis abordados por separado por los autores (L. Lourenço, 2012, R. Blas, 2011), sin embargo no puestos en común, hasta el momento, de forma conjunta. Para ello, una de las principales tareas ha sido la creación de una serie estadística y cartográficamente unificada. La serie analizada en este estudio ha sido elaborada en el año 2016, durante la colaboración entre Departamento de Arte y Ciencias del Territorio de la Universidad de Extremadura y el Departamento de Geografía e Turismo de la Universidade de Coimbra, por ello la disponibilidad de datos se centra en el período 2000-2013. Posteriormente se ha analizado la distribución espacial de la densidad e incidencia de los incendios forestales. El estudio de casos se ha centrado en la identificación de patrones espaciales de la ocurrencia de incendios forestales en los paisajes de esta zona transfronteriza. El uso de tecnologías de información geográfica ha permitido aplicar técnicas de agrupamiento espacial, con las que se analizan no sólo los parámetros estadísticos, sino también su distribución espacial a través de relaciones de vecindad. El *análisis de punto caliente* y el *de agrupamiento* han sido las técnicas geoestadísticas empleadas para ello.

#### *Creación de serie histórica y cartografía unificada*

Una vez delimitada y caracterizada la zona de estudio se procedió a recopilar y unificar la información estadística y cartográfica sobre la ocurrencia de

incendios forestales, tanto en la zona de estudio, como en los sistemas analizados (Sierra de Gata-Serra de Malcata y Sierra de San Pedro-Serra de São Mamede).

El Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA) del Gobierno de España, a través de la Dirección General de Desarrollo Rural y Política Forestal configura la Estadística General de Incendios Forestales (EGIF) desde el año 1968, en el que la LEY 81/1968, de 5 de diciembre, sobre Incendios Forestales, introdujo la recogida sistemática y normalizada de los datos referentes a cualquier conato o incendio forestal que se produjera en el territorio español. Esta base de datos está configurada por la información recogida en los Partes de Incendios Forestales, en los que se recogen los datos del incendio, así como, desde 1998, las coordenadas del punto de ignición.

En Portugal, el área de Defesa da Floresta Contra Incêndios del Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas (ICNF) proporciona información detallada para el análisis de la evolución y distribución de los incendios.

El proceso de recopilación de los datos y la disponibilidad de los mismos varía entre ambos países, mientras que en Portugal el acceso y descarga de los datos y cartografía es abierta a través del portal del ICNF (<http://www.icnf.pt>), en España se requiere un proceso de registro de la solicitud y aprobación del acceso a los datos. Sin embargo, las restricciones en el acceso del caso español permiten finalmente acceder a una base de datos relacional en formato Microsoft Access con la Estadística General de Incendios Forestales (EGIF) completa y unificada, lo que difieren sustancialmente de las tablas por periodos bianuales en formato Microsoft Excel que facilita el ICNF.

Por lo tanto, los procesos de la integración de los datos y la elaboración de una serie histórica unificada han supuesto toda una serie de transformaciones de formatos y unión de tablas.

La información alfanumérica disponible en cada una de las estadísticas también es variable, pudiendo unificar los siguientes atributos para la mayoría de los registros: identificador único, país, código, provincia/distrito, municipio, freguesía (solo en Portugal), coordenada X, coordenada Y, superficie arbolada quemada, superficie no arbolada quemada y la superficie total forestal quemada.

En cuanto a la base cartográfica, existen también diferentes realidades a ambos lados de la frontera. En Portugal se encuentra disponible la cartografía de los perímetros de áreas incendiadas mayores de 10 ha que facilita el ICNF en formato 'shapefile' y de forma conjunta para el periodo 2000-2008 y anualmente hasta 2013, en el momento de la toma de datos. En cambio, en España la cartografía de perímetros de incendios forestales no está

normalizada, en Extremadura (provincias de Cáceres y Badajoz) existe una base cartografiada de perímetros de incendios mayores de 300 ha, elaborada en parte por el Servicio de Lucha y Prevención de Incendios Forestales de la Junta de Extremadura (Plan INFOEX) y por el Grupo de Investigación en Desarrollo Sostenible y Planificación Territorial (DESOSTE). La provincia de Salamanca, por su parte, carece de este tipo de recursos cartográficos.

Teniendo en cuenta las limitaciones que presenta la cartografía de perímetros, se ha optado por elaborar una cartografía de ocurrencia de incendios mediante las coordenadas reflejadas en las diferentes estadísticas, pertenecientes en el caso español a los puntos de ignición, y en el caso portugués a la freguesía afectada o al punto de ignición. Las limitaciones en la exactitud de las coordenadas del punto de ignición, en ocasiones referenciado a núcleos de población o al centroide de la unidad administrativa, no ha posibilitado el análisis puntual de los datos.

Esta cartografía puntual, del año 2000 al 2013, cuenta con la ventaja de que permite reflejar todo el área de estudio y un mayor número de siniestros que los cartografiados en los perímetros (15 325 puntos de ocurrencia de incendios mayores de 1 ha en la cartografía de puntos, frente a las 8 076 áreas mayores de 10 ha de la cartografía de perímetros), aunque cuenta con la limitación de no poder aumentar el análisis a una escala mayor de la que impone la delimitación de las freguesías.

Este proceso se ha fundamentado en la recopilación de cartografía de límites administrativos de uno y otro lado de la frontera y en su integración mediante procesos de transformación de proyecciones y ajuste de polígonos espúreos ('slivers'), como resultado se han obtenido varias cartografías unificadas en el sistema de referencia ETRS89 Huso 29: cartografía de distritos y provincias, y cartografía de municipios españoles y freguesías portuguesas.

El proceso final ha sido la obtención de los datos y estadísticas de incendios correspondientes a cada unidad administrativa. Se ha calculado la densidad, o sea, el número de incendios por hectárea, y la incidencia, que corresponde a la superficie quemada por hectárea, valores que han supuesto la base del análisis geoestadístico.

#### *Análisis de punto caliente, 'Hot Spot Analysis (Getis-Ord Gi\*)'*

El análisis de punto caliente permite identificar agrupaciones de entidades espaciales donde los valores de densidad e incidencia de los incendios forestales, para una entidad dada y su vecindad, se sitúan por encima o por debajo de la desviación estándar, obteniendo así puntos calientes ('Hot Spot') o puntos fríos, es decir agrupamientos con municipios y/o freguesías con valores altos, rodeados de entidades también con valores altos, o viceversa.

Este análisis, aplicado a través de la herramienta 'Hot Spot Analysis' del software ArcGIS de ESRI, calcula el estadístico  $G_i^*$  de Getis-Ord (A. Getis y J. K. Ord, 1992), para cada entidad espacial, a partir de un conjunto de datos ponderados asociados a ellas. Esta herramienta funciona examinando el valor de la variable dentro del contexto de sus entidades vecinas; si el valor de una función es alto y los valores de sus vecinos son también altos, ésta se identifica como parte de un punto caliente. Las puntuaciones  $z$  (desviaciones estándar) y los valores  $p$  (probabilidad) resultantes indican dónde se agrupan espacialmente las entidades con valores altos o bajos. Una entidad con un valor alto no necesariamente es un punto caliente estadísticamente significativo, pues para ello una entidad debe tener un valor alto y también estar rodeada por otras entidades con valores altos. La suma local para una entidad y sus vecinos se compara proporcionalmente con la suma de todas las entidades; cuando la suma local es muy diferente de la esperada y esa diferencia es demasiado grande como para ser el resultado de un proceso aleatorio, se obtiene como consecuencia una puntuación  $z$  estadísticamente significativa (por encima de 0,10), o sea, un punto caliente (ArcGIS Resource Center, 2015).

#### *Análisis de agrupamiento / 'Grouping Analysis'*

Esta herramienta analiza las entidades espaciales y sus características localizando agrupaciones/conglomerados naturales en los datos y cartografiando la asignación de cada entidad a uno de los grupos identificados. Para ello es necesario identificar el número de grupos que se pretendan crear y las restricciones espaciales que tienen que cumplir los conglomerados. El algoritmo genera una serie de agrupamientos en los que todas las entidades, dentro de cada grupo, sean lo más parecidas posibles, y en los que los grupos sean lo más diferentes posibles entre sí. La similitud de las entidades se basa en el conjunto de atributos y en las restricciones espaciales establecidas.

Cuando se especifican restricciones espaciales ('contiguity edges only', 'contiguity edges corners', 'delanay triangulation', matriz de pesos espaciales, etc.), el algoritmo usa un gráfico de conectividad (árbol de expansión mínima) para encontrar agrupaciones naturales (ArcGIS Resource Center, 2015). Por el contrario, cuando no se especifican restricciones espaciales se utiliza un algoritmo de valores medios  $K$  (' $K$ -means'), en el que las entidades en el mismo grupo tienen una relación de proximidad y cada entidad es vecina de por lo menos otra entidad en el grupo. Las relaciones de vecino más cercano se basan en un valor entero ( $K$ ), que identifica la cantidad de vecinos a analizar, siendo éste por defecto 8 vecinos (ArcGIS Resource Center, 2015).

El análisis genera una nueva capa con la asignación de cada entidad a agrupaciones/conglomerados y un

informe analítico de los mismos, en el que se incluyen la estadística básica, el valor  $R^2$  y diferentes gráficos de cajas. Los valores  $R^2$  más elevados indican que la variable divide las entidades en agrupaciones/conglomerados de forma más eficaz, cuanto más alto sea el valor  $R^2$  mejor es la variable en la discriminación entre entidades.

## Resultados y discusión

Uno de los resultados más destacados de este estudio es la obtención de un mapa continuo de incendios forestales en el área de estudio: la Raya Central Hispano-Lusa. Se ha unificado la cartografía de 15 325 puntos de ocurrencia de incendios mayores de 1 ha, ocurridos entre el año 2000 y 2013 (fig. 2). Estos datos a su vez han constituido la base para una serie de mapas de diagnóstico basados en delimitaciones administrativas; la densidad y la incidencia de incendios forestales por municipio/freguesía.

La densidad de los incendios forestales en el área de estudio presenta una distribución con dos claros polos: el distrito de Guarda (Portugal) y el norte la provincia de Cáceres (España), con valores extremos respectivamente en Fornos de Algôdres, Celorico da Beira, Gouveia, Meda y Figueira de Castelo Rodrigo, en el distrito de Guarda, y Aldeanueva de la Vera y Cuacos de Yuste, en la comarca de la Vera, y Navaconcejo y Piornal, en el Valle del Ambroz en la provincia de Cáceres. Por otra parte, se observan densidades medias en el distrito de Castelo Branco y en el Sistema Central Cacereño.

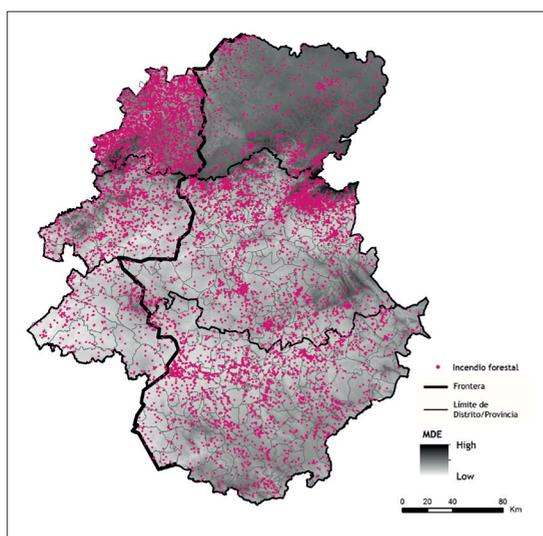


Fig. 2 - Cartografía de incendios forestales (> 1 ha) de la Raya Central Hispano-Lusa (2000 a 2013) (MDE: Modelo Digital de Elevaciones).

Fig. 2 - Cartography of forest fires (> 1 ha) of the Central Hispano-Lusa Border (2000 to 2013) (MDE: Digital Elevation Model).

La incidencia de incendios muestra el porcentaje de superficie quemada acumulada en cada uno de los municipios, respecto a la superficie total. Más de una decena de municipios registra valores por encima del 50%, es decir, que el fuego ha afectado a una superficie equivalente a más de la mitad de la extensión del término municipal: a) Cañamero y Pinofranqueado, en la provincia de Cáceres, y Agallas, en Salamanca; b) Oleiros, Sertã y Vila de Rei, en el distrito de Guarda, Fornos de Algodres, Gouveia, Seia, Guarda y Trancoso, en el distrito de Castelo Branco, y Gavião, en el distrito de Portalegre (fig. 3).

El análisis de casos, centrado en los 97 municipios/freguesías que configuran los sistemas de Sierra Gata - Serra de Malcata y Sierra de San Pedro - Serra de São Mamede, revela un comportamiento antagónico en ambas zonas respecto a la densidad e intensidad de incendios forestales.

Los resultados del análisis de puntos calientes y fríos significativos espacialmente, es decir, agrupaciones que se alejan de la desviación estándar de los valores de su vecindad tanto por encima como por debajo, muestran la localización de las zonas con alta concentración de incendios ('hot spot') en el sistema de Sierra Gata - Serra de Malcata, concretamente entre Valverde del Fresno (provincia de Cáceres) y Penamacor (distrito de Guarda) y puntos fríos en los municipios de Salamanca y del distrito de Portalegre (fig. 4).

En cambio, la incidencia de incendios forestales, es decir el porcentaje de superficie quemada, muestra un conglomerado de puntos calientes en el sistema de Sierra de San Pedro - Serra de São Mamede (fig 4), con especial incidencia en Valencia de Alcántara (provincia de Cáceres) y en Beirã y Santo António das Areias (en el municipio de Marvão, del distrito de Portalegre). Este punto caliente tiene su explicación en el gran incendio forestal que arrasó en 2003 gran parte de esta zona transfronteriza, un incendio que se inició en Portugal, con gran parte de su recorrido por España y que volvió a adentrarse en Portugal por Marvão.

Se identifican así dos agrupamientos significativos; una zona de altas densidades y una zona de alta incidencia. También es muy claro un conglomerado de punto frío de los municipios de Salamanca, tanto en la densidad como en la incidencia.

Finalmente, el resultado del análisis de agrupamiento ('Grouping Analysis') establece cuatro grupos representativos que concretan los resultados del análisis anterior (fig. 5): 1) baja densidad - baja incidencia, 2) alta densidad - media incidencia, 3) media densidad - alta incidencia y 4) alta densidad - alta incidencia.

Los grupos 1 y 3 no tienen una componente espacial significativa, siendo los de baja densidad e incidencia

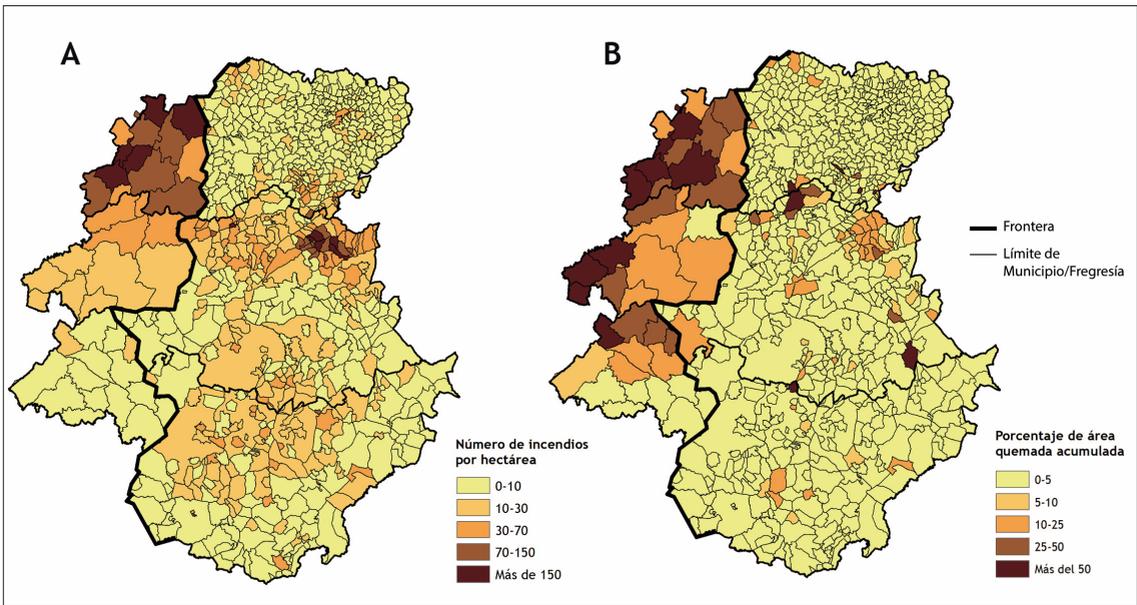


Fig. 3 - Densidad (A) e incidencia (B) de incendios forestales por municipio, entre 2000 y 2013.  
 Fig. 3 - Density (A) and incidence (B) of forest fires by municipality, between 2000 and 2013.

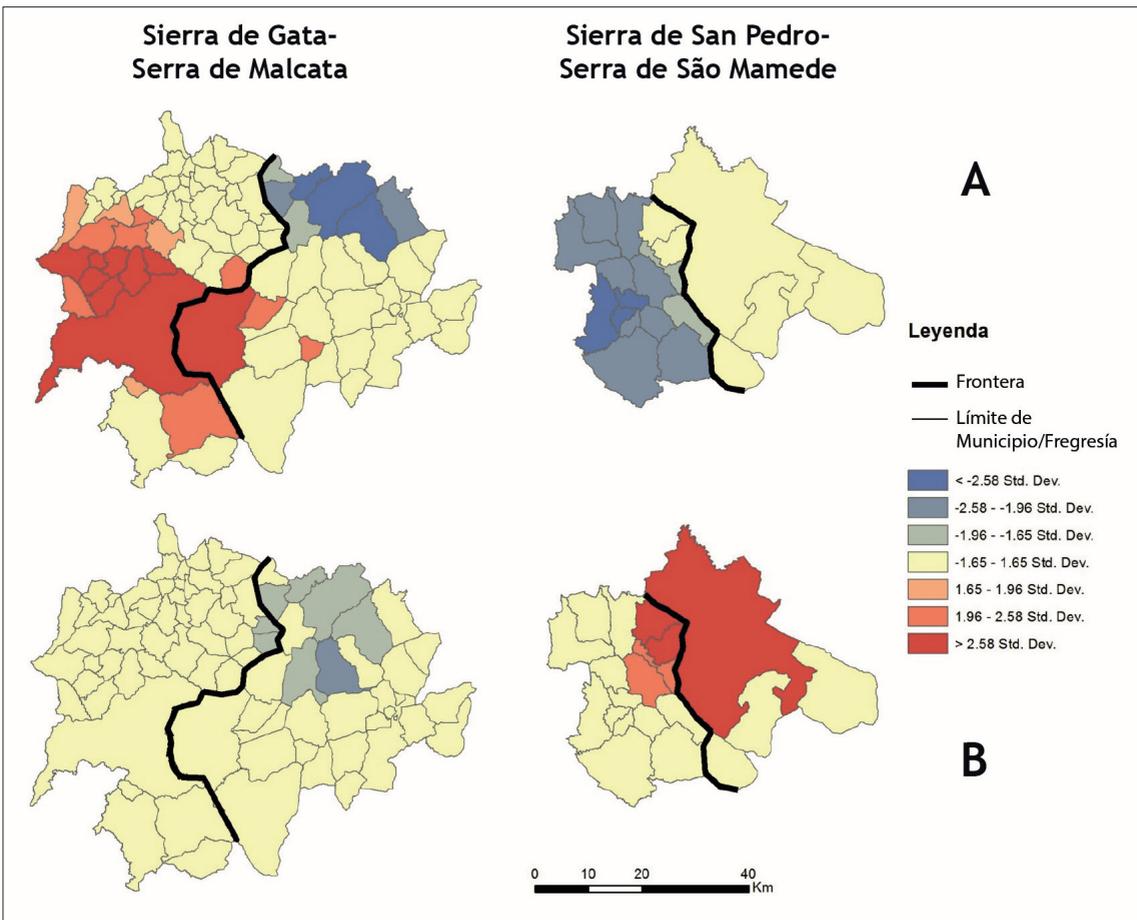


Fig. 4 - Análisis de punto caliente: A- Densidad (nº incendios/ha); B- Incidencia (% superficie quemada acumulada), entre 2000 y 2013.  
 Fig. 4 - Hot Spot Analysis: A- Density (number of fires/ha); B- Incidence (cumulative % of burnt area), between 2000 and 2013.

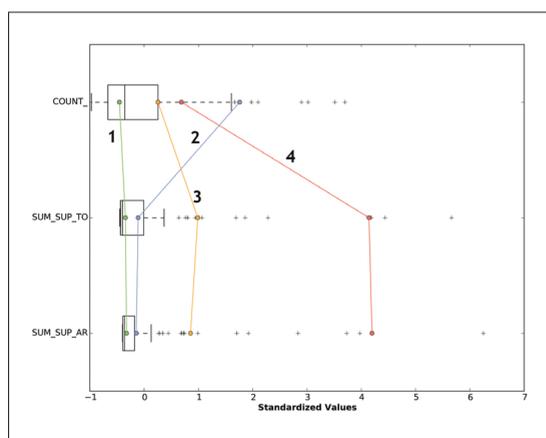


Fig. 5 - Diagrama de cajas paralelo. Análisis de agrupamiento.

Fig. 5 - Parallel boxplot. Grouping Analysis.

los más numerosos, con los valores medios. Los municipios/freguesías del grupo 3 son los menos representados y se distribuyen de forma aleatoria. Sin embargo, se destacan los grupos 2 y 4, no sólo por representar comportamientos más extremos, sino por configurar dos agrupamientos espaciales que confirman la existencia de dos patrones transfronterizos de

incendios forestales en los paisajes de montaña de la Raya Central Hispano-Lusa: el patrón de alta densidad y media incidencia del sistema de Sierra Gata - Serra de Malcata y el patrón de densidad media y alta incidencia en el sistema de Sierra de San Pedro - Serra de de São Mamede (fig. 6).

Estos resultados nos muestran dos comportamientos diferentes pero con resultados similares: regímenes del fuego alterados. Alteraciones debidas al aumento de la frecuencia en Sierra Gata - Serra de Malcata, donde la pérdida de población y el descenso de la cabaña ganadera han sido dos factores de cambio decisivos, a lo que hay que añadir las causas de incendios forestales negligentes e intencionadas con fines madereros. Por otro lado, en el sistema de media montaña, Sierra de San Pedro - Serra de de São Mamede, las alteraciones se corresponden con un aumento significativo de la extensión. La continuidad del combustible forestal tanto de forma horizontal, con matorrales, como vertical, con matorrales bajo arbolado, junto con condicionantes meteorológicos extremos (más de 30 °C, vientos de más de 30 km/h y humedad relativa por debajo del 30 %) son los claros desencadenantes del Gran Incendio Forestal de agosto de 2003 que afectó a este espacio transfronterizo y que supuso un drástico cambio de su régimen.

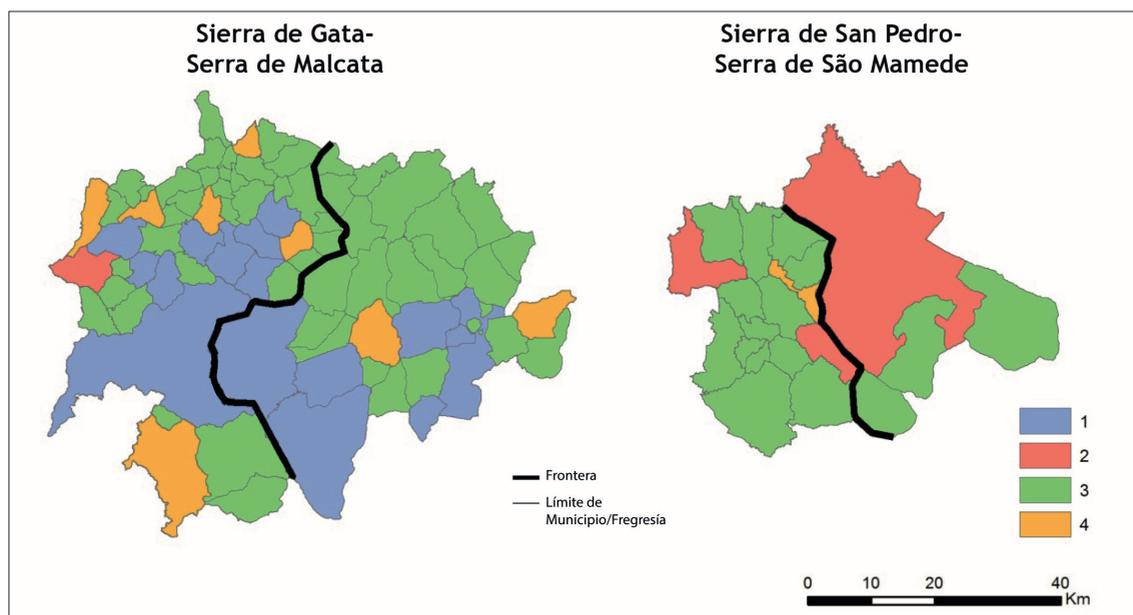


Fig. 6 - Análisis de agrupamiento. Grupo 1: baja densidad - baja incidencia; Grupo 2: alta densidad - media incidencia; Grupo 3: media densidad - alta incidencia; Grupo 4: alta densidad - alta incidencia.

Fig. 6 - Grouping Analysis. Group 1: low density - low incidence; Group 2: high density - average incidence; Group 3: medium density - high incidence; Group 4: high density - high incidence.

### Conclusiones

Los análisis realizados confirman la existencia de patrones espaciales de incendios forestales en áreas

de montaña transfronterizas de la Raya Hispano-Lusa. Estos patrones se caracterizan por la alteración del equilibrio entre los procesos fenológicos y la frecuencia y extensión de los incendios forestales. Estos regímenes

alterados del fuego, con una mayor densidad o incidencia de incendios, ponen en grave peligro la biodiversidad de estos ecosistemas y suponen un aumento de la vulnerabilidad del espacio forestal.

Se demuestra además que estas alteraciones no entienden de fronteras administrativas, puesto que los patrones espaciales alterados constituyen agrupamientos que incluyen municipios y freguesias de ambos lados de la Raya. Esto indica que los procesos de cambio que han dado lugar a este tipo de alteraciones son comunes a estos espacios de montaña; la pérdida de población, el abandono de tierras labradas, el descenso de la cabaña ganadera, la acumulación y continuidad del combustible forestal, entre otros, son algunos de los factores que definen estos paisajes.

Las técnicas de análisis espacial utilizadas han sido capaces de establecer patrones y comportamientos similares en las entidades geográficas analizadas, aportando un punto de vista novedoso y enriquecedor, al incorporar la componente espacial a los análisis y obtener resultados que van más allá de los valores meramente estadísticos.

Los resultados obtenidos ponen de manifiesto el aumento de la vulnerabilidad de los espacios de montaña transfronterizos ante el riesgo de incendio. No solo por los condicionantes físicos, sino cada vez más por procesos demográficos, económicos y territoriales que generan escenarios similares a ambos lados de la frontera y relativizan factores como los usos del suelo o la gestión forestal, muy diversa y hasta divergente en uno u otro lado. Es por ello que las políticas de prevención y extinción de incendios de los países vecinos deben converger en estos espacios de interconexión. Las líneas de investigación futuras se centrarán en el análisis del contexto territorial y socioeconómico de ambos espacios, así como en el mantenimiento de la serie de datos transfronteriza unificada. El aumento del conocimiento sobre la evolución y distribución de los incendios, así como del estado de los montes, es esencial para reducir la vulnerabilidad de estos espacios donde tanto el número de incendios como la superficie quemada presentan valores alterados a ambos lados de una frontera naturalmente inexistente.

#### Referencias bibliográficas

Agee, J. K. (1993). *Fire ecology of Pacific Northwest forests*. Island Press, Washington, DC.

Arcgis Resource Center (2015). ArcGIS Desktop Help 10.1. Environmental Systems Research Institute (ESRI). Redlands, CA, USA, 2011. <http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.1/index.html> (acceso en septiembre de 2015).

Blas, R. (2011). *Los Incendios Forestales en Extremadura: Análisis Espacio-Temporal (1968-2005)*. Cáceres.

Drury, S. A. y Veblen, T. T. (2008). Spatial and temporal variability in fire occurrence within the Las Bayas Forestry Reserve, Durango, Mexico. *Plant Ecology* 197, 299-316.

EFFIS (2011, 2012 y 2013). Forest Fires in Europe, Middle East and North Africa. *Annual Fire Reports*. European Commission, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability.

Gajović, V. y Todorović, B. (2013). Spatial and temporal analysis of fires in Serbia for period 2000-2013. *Journal of the Geographical Institute, Jovan Cvijic, SASA*, Volume 63, Issue 3, 297-312.

Galiana, L. (2009). Caracterización de los Escenarios del Fuego en España. *5º Congreso Forestal Español*. Ávila.

Getis, A. y Ord J.K. (1992). The Analysis of Spatial Association by Use of Distance Statistics. *Geographical Analysis* 24.

Han-Bin, K., Woo-Kyun, L., Myoung-Soo, W., Kyo-Sang, K., Myung-Bo L., Sang Chu, L (2007). *Spatial and temporal pattern of the human-caused forest fire occurrences in Korea*. Department of Forest Environment, Korea Forest Research Institute. Korea University, Seoul, Korea.

IPCC (2007). Climate Change 2007: Climate Change Impacts, Adaptation and Vulnerability. *Working Group II Contribution to the Intergovernmental Panel on Climate Change Fourth Assessment Report*. Cambridge University Press, Cambridge.

Keeley, J. E. (2012). *Fire in mediterranean ecosystems: ecology, evolution and management*. Cambridge University Press, Cambridge.

Lourenço, L., Bento-Gonçalves, A., Vieira, A., Nunes, A., Ferreira-Leite, F. (2012). Forest Fires in Portugal. Portugal: Economic, Political and Social Issues, Edited by: Bento-Gonçalves, António José and Vieira, António Avelino Batista. *European Political, Economic, and Security Issues. Global Political Studies*. Hauppauge New York. Nova Science Publishers.

Pausas, J. (2012). *¿Qué sabemos de? Incendios Forestales*. CSIC, Madrid.

Pérez-Verdín, G., Y-S Kim, Hospodarski, D., y Teclé, A. (2013). Análisis espacio-temporal de la ocurrencia de incendios forestales en Durango, México. *Madera y bosques*, 19 (2), 37-58. Instituto de Ecología AC.

Yang, J., He, H. S., Shifley, S. R., & Gustafson, E. J. (2007). Spatial patterns of modern period human-caused fire occurrence in the Missouri Ozark highlands. *Forest Science* 53(1), 1-15.