

# ANÁLISIS REGIONAL DE LOS FUEGOS EN ESPAÑA Y SU RELACIÓN CON LA SEQUÍA

Virginia Carracedo Martín, Concepción Diego Liaño y Domingo Rasilla  
Álvarez  
*Universidad de Cantabria\**

## RESUMEN

La evolución reciente de los incendios forestales en España ha estado condicionada por la combinación de factores humanos y naturales. El colapso de la sociedad rural tradicional ha sido considerado una de las causas de la gran magnitud de los incendios hasta los 90. A partir de esta fecha el panorama se transforma por la mayor implicación de los poderes públicos en las labores de extinción de incendios.

Esta influencia humana enmascara la relación entre incendios forestales y condiciones atmosféricas. Existe una clara relación entre la magnitud e intensidad de las sequías y la variación interanual de la superficie quemada, aunque es mucho más estrecha con anterioridad al año 1995; además, el impacto de la sequía sobre los incendios no afecta por igual a todas las regiones de España.

**Palabras clave:** Incendios forestales, sequía, Península Ibérica.

A regional analysis of wildfires in Spain in relation with drought

## ABSTRACT

The recent evolution of forest fires in Spain has been influenced by human and natural factors. The large amount of burned surfaces during the 70's and 80's has been attributed to the collapse of the traditional rural society; however, since 1995 the trend reversed because of the deeper implication of the government authorities on fire suppression activities.

Such human influence hides the links between forest fires and atmospheric mechanisms. A clear relationship has been established between the magnitude and intensity of the drought and the interannual variability of the burned surface, although it is stronger before 1995; besides, the impact of drought upon forest fires does not affects equally to the whole Spain.

**Keywords:** forest fires, drought, Iberian Peninsula

## 1. INTRODUCCIÓN

Los incendios forestales se han convertido en uno de los problemas ambientales más relevantes del ámbito mediterráneo, aunque es, de hecho, un elemento más en la dinámica del paisaje natural, al que se ha adaptado la vegetación a través de estrategias rebrotadoras o de germinación, y una herramienta a disposición de las comunidades rurales.

España es uno de los países más afectados por los incendios forestales, siendo complicado priorizar los numerosos factores que regulan la dinámica de los fuegos. Entre ellos destacan

Fecha de recepción: 30 de mayo de 2012.

Fecha de aceptación: 9 de julio de 2012.

\* Departamento de Geografía, Urbanismo y Ordenación del Territorio. Universidad de Cantabria. Avda. de los Castros, s/n. 39005 Santander (España). E-mail: domingo.rasilla@unican.es

factores naturales como las condiciones atmosféricas (Balling et al. 1992) o las características del combustible vegetal, (Schoenberg et al. 1991; De Luís et al. 2001) como, las propias actividades humanas (Vélez 1993), los cambios de usos del territorio (Rego 1992) o la gestión del fuego (Badia et al. 2002; Fried et al. 2008).

Respecto a las condiciones atmosféricas, es de reseñar que su influencia tiene lugar con diferente resolución temporal, puesto que la situación óptima para la génesis de grandes incendios suele combinar largos periodos sin precipitación al comienzo de la estación seca y situaciones de riesgo (la famosa regla 30-30-30: altas temperaturas, baja humedad relativa y viento fuerte). La sequía se ha revelado como un aspecto recurrente (Dimitrakopoulos and Bemmerzuk 2003; Collins et al. 2006), y en muchos casos una anormal frecuencia de incendios forestales suele ser un indicador de la severidad de la sequía sobre una región, puesto que el comportamiento del fuego está estrechamente vinculado al contenido de humedad del combustible muerto. Al mismo tiempo, el estrés hídrico puede incrementar la cantidad de combustible disponible para la ignición, si las plantas comienzan a morir a causa de la ausencia de agua en sus raíces.

Las sequías son un fenómeno hidrometeorológico que tiene su origen en un déficit de precipitaciones con respecto a los valores habituales (Landsberg, 1982), aunque su definición es complicada tanto en el tiempo como en el espacio. Por su ubicación latitudinal, España registra una importante variabilidad interanual en las precipitaciones, siendo las sequías un fenómeno recurrente, tal y como han mostrado diferentes estudios (Martín-Vide y Barriendos, 1995; Rodrigo et al., 1999), que probablemente se repetirán en el futuro, a tenor de los resultados ofrecidos por los modelos climáticos. Si estas previsiones se cumplen, es esperable un aumento de los incendios, lo que hace necesario una buena comprensión de las relaciones entre clima e incendios forestales.

Por ello, en el presente artículo se analiza la evolución de los incendios forestales en España y su relación con la sequía a lo largo de las 4 últimas décadas. Esto se lleva a cabo examinando la correlación entre un índice sintético, el Índice de Precipitación Estandarizado (SPI), y la superficie quemada, tanto a escala nacional como regional, para diferentes periodo temporales.

## 2. FUENTES Y METODOLOGÍA

La fuente de información primaria ha sido la base de datos de incendios forestales del actual Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medioambiente. Contiene información diversa acerca de cada incendio forestal ocurrido en España (fecha de ignición, hora de detección, superficie quemada etc ).

Existen numerosos índices sintéticos, de diferente complejidad en función de los parámetros de partida, para cuantificar la magnitud y extensión espacial de la sequía. Uno de los más utilizados es el Índice de Precipitación Estandarizada (Standardized Precipitation Index –SPI–), recomendado por la Organización Meteorológica Mundial para analizar las sequías, habiendo sido utilizado en estudios previos en relación a incendios forestales (Schlobohm y Brown 2001; Hall y Brown 2003). Las ventajas de su uso descansan en la simplicidad de cálculo, que únicamente requiere series largas de precipitación, y la posibilidad de comparación entre diferentes regiones climáticas y escalas temporales. La precipitación estandarizada es simplemente la diferencia ente la precipitación recogida en un periodo de tiempo determinado y su promedio a largo plazo, dividida por la desviación típica. Como la precipitación no tiene una distribución normal en periodos inferiores al año, es normalizada transformando la probabilidad acumulada en un valor típico (*valor z*), usando una distribución como la ley gamma incompleta. Este procedimiento

puede repetirse con diferentes amplitudes temporales, de tal manera que el índice SPI-6 correspondiente a diciembre de 2010 sería calculado a partir de la precipitación acumulada desde julio a diciembre de 2010. La intensidad de la sequía puede ser definida a partir del siguiente rango de valores (McKee et al., 1993):  $>2.0$  extremadamente húmedo; de 1,5 a 1,99 muy húmedo; de 1,0 a 1,49 moderadamente húmedo; de  $-0,99$  a  $0,99$  normal; de  $-1,0$  a  $-1,49$  moderadamente seco; de  $-1,5$  a  $-1,99$  muy seco y  $<-2,0$  extremadamente seco. En este estudio, se han utilizado las series temporales correspondientes al índice SPI6 de octubre (SPI6\_Octubre) y SPI12 de septiembre (SPI12\_Septiembre). El primero, calculado a partir de la precipitación acumulada desde mayo hasta octubre, representa las condiciones durante el periodo del año que concentra la máxima frecuencia de incendios forestales; el segundo monitoriza la precipitación acumulada en todo el año hidrológico previo (desde octubre a septiembre), con el fin de monitorizar la sequía anual (Wilhite and Glantz 1985; Estrela et al. 2000). En nuestro caso hemos utilizado la base de datos que contiene el Índice de Precipitación Estandarizada para toda Europa disponible en el servidor web de la Universidad de Hamburgo (<http://icdc.zmaw.de/spi.html?&L=1>; Sienz et al, 2011).

Para detectar un posible cambio en el régimen de incendios y su efecto sobre los valores estadísticos correspondientes (número de fuegos, superficie quemada), se utilizó la técnica del análisis de puntos de cambio. Esta identifica umbrales en las relaciones entre variable, buscando un punto a lo largo de una distribución donde las características antes y después difieren significativamente. El análisis fue realizado con el programa Change Point Analyzer (Taylor 2000), que iterativamente usa una combinación de “sumas acumuladas” y “bootstrapping” para encontrar esos cambios de régimen. El grado de conexión entre las variables atmosféricas (valores del índice SPI) y los incendios forestales fue cuantificado mediante el coeficiente de correlación no paramétrico de Spearman.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Características generales

La evolución en el número de incendios y la superficie quemada en la Península Ibérica desde 1971 hasta 2010 (figura 1) muestra dos tendencias divergentes: por un lado un aumento significativo en el número de incendios acompañado de una reducción considerable en la superficie quemada, intuyéndose un cambio significativo en torno a 1995. La figura 2 muestra los resultados de la aplicación del análisis de puntos de cambio sobre los anteriores parámetros estadísticos; cada una de las subpoblaciones es representada por un rectángulo de dimensiones diferentes, confirmándose 1995 como el año de cambio en el régimen de fuegos sobre España.

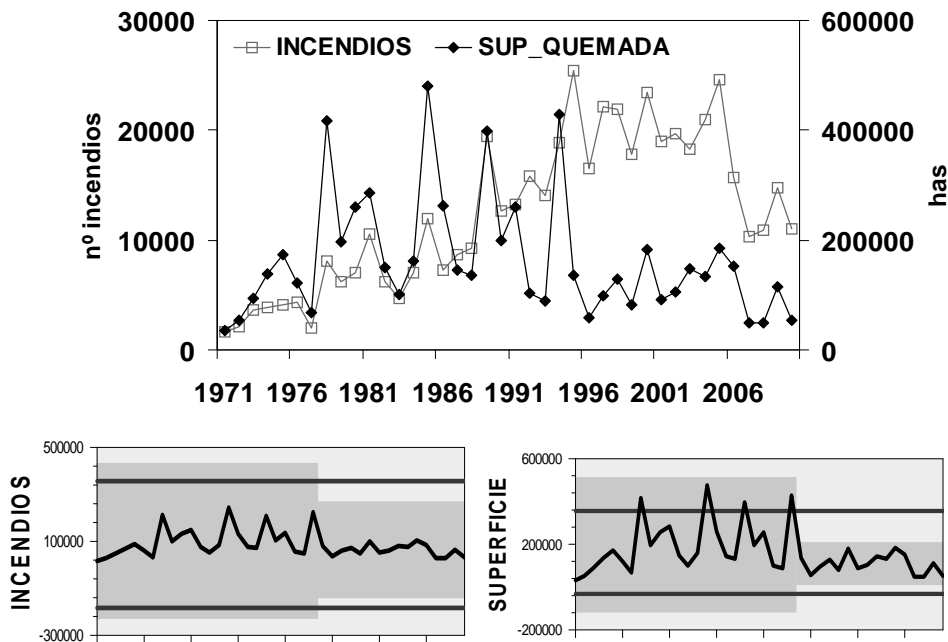


Figura 1. Evolución del número total de incendios y de la superficie total quemada (en has) en España entre 1971 y 2010 (fila superior). Resultados de un análisis de puntos de cambio sobre ambas variables durante el mismo periodo (fila inferior). Las áreas sombreadas denotan la presencia de regímenes homogéneos entre las que se sitúa una ruptura en el año 1995. Las líneas horizontales reproducen los límites de control para los valores usados en el análisis; los puntos situados más allá de esos límites denotan cambios (para un nivel de confianza del 95 %, obtenido mediante 100 muestreos sin reemplazo).

La tendencia al aumento del número de incendios se explica fundamentalmente por una mejora en la calidad de los procedimientos de compilación y tratamiento de la información (Moreno et al. 1998; Carracedo et al, 2009). La superficie quemada, que es un parámetro mucho menos sensible a esta circunstancia, alcanzó sus máximos valores en las décadas de los 70 y 80, destacando como años excepcionales 1978, 1985, 1989 ó 1994. Numerosos autores sugieren que la elevada incidencia de los incendios de los 70 y 80 no fue tanto el resultado de unas condiciones atmosféricas propicias como la consecuencia final de los profundos cambios socioeconómicos y de gestión del territorio desencadenados por la desarticulación de la sociedad rural tradicional (Vélez 1993; Pausas 1999; Badia et al. 2002). La posterior caída en la superficie quemada puede atribuirse a la mejora de los métodos de lucha contra incendios. El mismo comportamiento manifiestan los grandes incendios (GIF, aquellos que superan las 500 has), responsables de la mayor parte de la superficie quemada, que han descendido radicalmente desde 1995.

Por su parte, sólo la sequía anual (SPI12\_Septiembre) mostró una tendencia al agravamiento ligeramente por encima del umbral de significación, en parte causada por la magnitud de la sequía de año 2005. Por su parte, la tendencia de la sequía estival (SPI6\_Octubre) en los últimos decenios no resulta significativa, y de hecho, no existen apenas diferencias significativas cuando se analizan los valores de SPI6 y SPI12 anteriores y posteriores a 1995.

La importancia de los citados factores humanos se evidencia comparando la variabilidad interanual de la superficie quemada con la evolución de los índices de sequía (figura 2), ya que, aunque la correlación entre sequía y superficie quemada es estadísticamente significativa (pero sólo para el SPI6\_Octubre), los valores caen significativamente en el segundo periodo 1995-2010 (cuadro 1). En cualquier caso la evolución de los índices de sequía no explican por sí solos la disminución tan acentuada de la superficie quemada a partir de 1995.

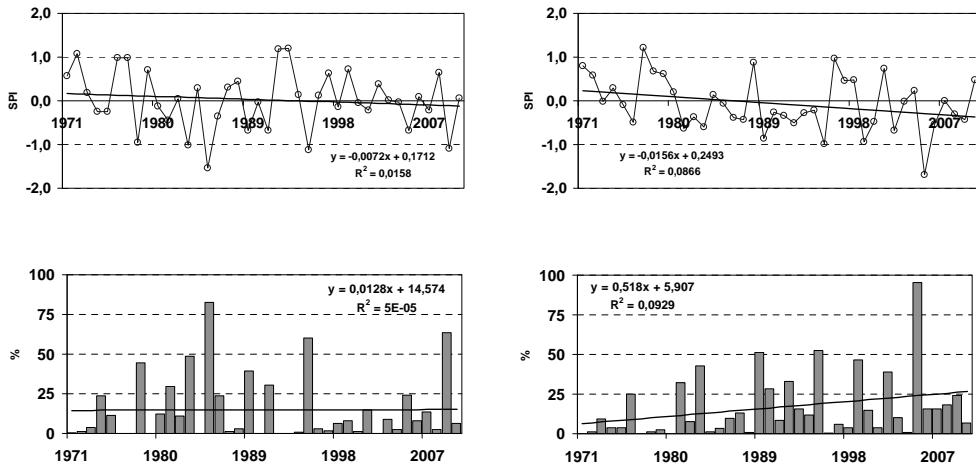


Figura 2. Fila superior, evolución interanual del Índice de Precipitación Estandarizado para la sequía estival (SPI6\_Octubre; izquierda) y anual (SPI12\_Septiembre, derecha). Fila inferior, evolución del porcentaje de la superficie peninsular (número de puntos de rejilla) bajo condiciones de sequía estival o anual.

Cuadro 1. Correlación entre superficie quemada y los índices de sequía SPI6\_Octubre (izquierda) e índice SPI12\_Septiembre (derecha) para toda la Península Ibérica (en negrita, significación estadística con un nivel de confianza del 95 %).

Promedio SPI6_Octubre	% superficie bajo SPI6<-1,0	Promedio SPI12_Septiembre	% superficie bajo SPI12<-1,0
<b>1971-2010</b>			
<b>-0,52</b>	<b>0,32</b>	-0,28	0,08
<b>1971-1994</b>			
<b>-0,70</b>	<b>0,50</b>	-0,24	0,17
<b>1995-2010</b>			
-0,43	0,15	<b>-0,48</b>	0,21

### 3.2. Análisis regional

Cabe preguntarse, dada la diversidad climática y de usos del territorio de España, si los resultados expuestos anteriormente ocultan comportamientos regionales diferenciados. Para ello se ha procedido a un análisis más detallado por grandes áreas geográficas.

En lo que hace referencia a los incendios forestales, se establecieron 3 grandes regiones en la España continental e Islas Baleares, excluyéndose Canarias, por su lejanía geográfica, y las

comunidades cantábricas, cuyo régimen de fuegos es sensiblemente diferente al del resto del país. Las regiones son las siguientes (figura 3):

1. Noroeste: comprende Galicia.
2. Mediterráneo: que considera las Comunidades y Provincias Autónomas costeras con el Mar Mediterráneo.
3. Comunidades Interiores: que comprende las provincias del resto de Comunidades, incluyendo León y Zamora, integradas en la provincia NW en los estudios procedentes del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medioambiente ([http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/defensa-contra-incendios-forestales/decenio\\_1996\\_2005\\_tcm7-19437.pdf](http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/defensa-contra-incendios-forestales/decenio_1996_2005_tcm7-19437.pdf)).



Figura 3. Regionalización de España según la ocurrencia de incendios forestales.

Respecto al fenómeno de la sequía, es bien conocido que tanto su intensidad como su amplitud espacial experimentan notables variaciones interanuales e intraanuales, de tal manera que, salvo para episodios generalizados, como los ocurridos en 1989 o 2005, lo habitual es que el déficit de precipitación se concentre en ámbitos concretos, pudiendo otras regiones registrar al mismo tiempo episodios de superávit pluviométrico. Para dividir la Península Ibérica en regiones homogéneas en relación a la intensidad de la sequía se procedió a someter las series anuales de SPI6 (octubre) y SPI12 (septiembre) a un Análisis en Componentes Principales. Esta es una técnica estadística ampliamente utilizada en Climatología para extraer los modos de variabilidad espacial más importantes de un campo atmosférico (en este caso los valores de SPI registrados en cada punto de rejilla) y su evolución temporal. Los modos de variabilidad espacial se obtienen a partir de la matriz de ponderaciones (“loadings”), mientras que su evolución temporal resulta de la matriz de puntuaciones (“scores”). Para ello la matriz inicial se configuró en modo S, es decir, cada entidad espacial (punto de rejilla) conformó una variable y cada unidad de tiempo (año) un caso. Para obtener una mejor interpretabilidad de los resultados, la solución inicial fue sometida a una rotación de tipo Varimax.

Una solución con 4 componentes principales (regiones; figura 4) fue considerada óptima (Vicente-Serrano, 2006), tanto para la sequía estival como para la anual. No obstante, los límites regionales fluctuaron según la amplitud del periodo analizado, lo cual puede atribuirse tanto a la respuesta de cada ámbito frente a los factores dinámicos que configuran el clima peninsular

como a las propias deficiencias de la base de datos. Contrastando ambos mapas es claro que las mayores divergencias se observan en la mitad oriental de la Península Ibérica, en relación con la mayor o menor penetración de los flujos atlánticos o mediterráneos; de hecho, la región mediterránea conforma una única región en lo que hace referencia a la sequía estival, mientras que se escinde en dos subregiones, Norte y Sur, en el caso de la sequía anual. Por el contrario, los límites entre una región septentrional, desde Galicia por el Cantábrico hasta el Sur de Francia, y otra occidental, que comprende todas las cuencas fluviales orientadas al W, son muy estables. La evolución interanual de estos índices regionales desde 1971 muestra un comportamiento singularizado según regiones. La región más afectada es, paradójicamente, el norte de España, que parece evolucionar hacia condiciones de mayor sequedad, tanto a escala estival como anual. Estas condiciones se extienden a la región mediterránea septentrional, pero no a la sequía estival, que se mantiene sin cambios en el resto del país.

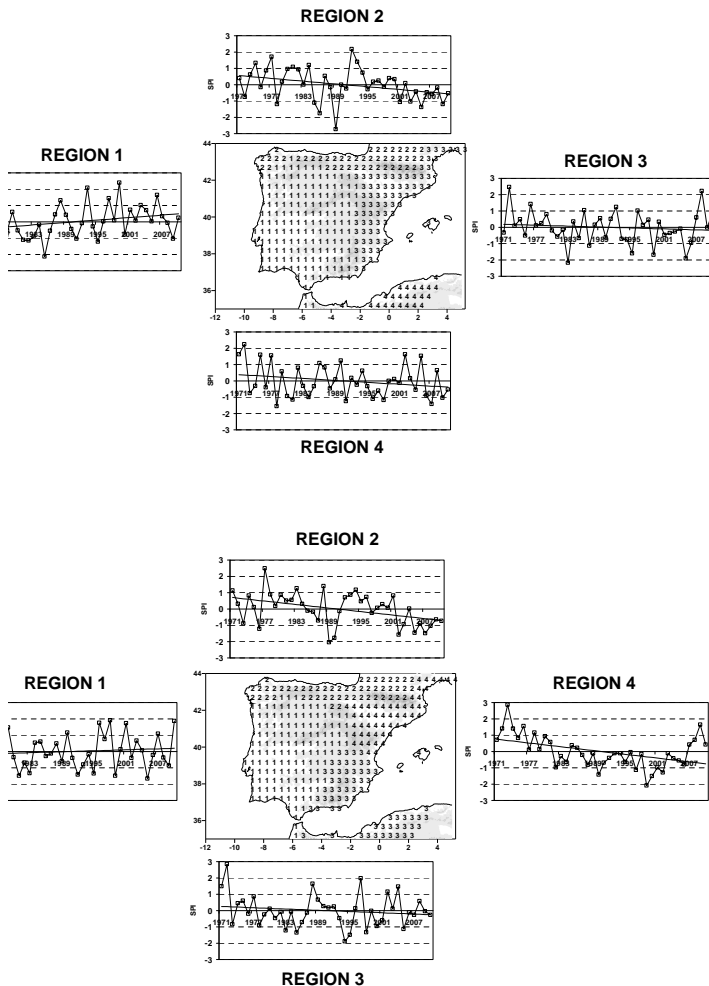


Figura 4. Patrones espaciales de la sequía estival (SPI6\_Octubre; arriba) y anual (SPI12\_septiembre, abajo) y evolución entre 1971 y 2010.

En líneas generales, se observa como la correlación entre sequía e incendios forestales es más estrecha en relación a la serie SPI6\_Octubre, particularmente en la región central y en Galicia. Sin embargo, a escala anual tan sólo Galicia muestra valores significativos. Cabe reseñar, por último, que los incendios en el ámbito mediterráneo también se relacionan con el índice SPI12\_Septiembre (correspondiente al sector meridional) a escala anual, y paradójicamente, la relación mantiene su significación estadísticas tras 1995.

Cuadro 2. Correlación entre superficie quemada e índice SPI6\_Octubre (izquierda) e índice SPI12\_Septiembre (derecha) para diferentes regiones y periodo temporales (en negrita, significación estadística con un nivel de confianza del 95 %).

	Galicia	Centro	Mediterráneo		Galicia	Centro	Mediterráneo
<b>1971-2010</b>							
<b>SPI REG1</b>	<b>-0,31</b>	<b>-0,39</b>	-0,29		-0,06	-0,06	-0,11
<b>SPI REG2</b>	<b>-0,34</b>	<b>-0,36</b>	0,10		-0,10	-0,02	0,29
<b>SPI REG3</b>	-0,14	-0,14	-0,12		<b>-0,32</b>	-0,19	<b>-0,49</b>
<b>SPI REG4</b>	-0,17	-0,14	0,02		-0,10	-0,13	0,22
<b>1971-1994</b>							
<b>SPI REG1</b>	-0,28	<b>-0,51</b>	-0,18		0,34	0,34	0,14
<b>SPI REG2</b>	<b>-0,63</b>	<b>-0,55</b>	0,00		<b>-0,41</b>	-0,21	0,12
<b>SPI REG3</b>	0,04	0,09	-0,08		-0,26	-0,06	<b>-0,54</b>
<b>SPI REG4</b>	-0,30	-0,28	0,08		0,31	0,21	0,39
<b>1995-2010</b>							
<b>SPI REG1</b>	-0,03	0,00	-0,42		-0,20	-0,44	-0,07
<b>SPI REG2</b>	0,00	-0,51	-0,30		0,26	-0,08	0,09
<b>SPI REG3</b>	-0,47	-0,42	-0,15		-0,22	-0,14	<b>-0,68</b>
<b>SPI REG4</b>	0,11	0,34	-0,14		-0,18	0,11	0,12

Cabe preguntarse cuál podrían ser las causas de estos comportamientos regionales diferenciados. Aunque un estudio pormenorizado está más allá de los objetivos de este trabajo, hemos procedido a un análisis comparativo de la situación en el NW de la Península Ibérica, ámbito considerado como uno de los “puntos calientes” de la geografía del fuego en Europa. Es bien conocido que, desde el punto de vista climático, aparece sometido a dos gradientes climáticos, uno meridiano, que intensifica el grado de mediterraneidad (prolongación de la sequedad estival), y otro zonal, relacionado con la continentalidad (reducción de las precipitaciones desde la costa al interior y aumento de la amplitud térmica).

Un análisis de la evolución temporal de la superficie quemada a escala provincial (figura 5) muestra dos patrones diferenciados: uno que afecta a las provincias costeras (Coruña y Pontevedra), y otro que incide en las interiores (León y Zamora). Por ejemplo, 1989 y 2006 fueron años destacados en el primer sector, mientras que en el interior los años con mayor superficie quemada fueron 1978, 1986 y 2000. Las dos provincias interiores de Galicia tienen un comportamiento intermedio, siendo Lugo más oceánica y Orense más continental y mediterránea; de ahí que en esta última provincia los años con mayor superficie quemada fueron 1989, 1986 y 1978.



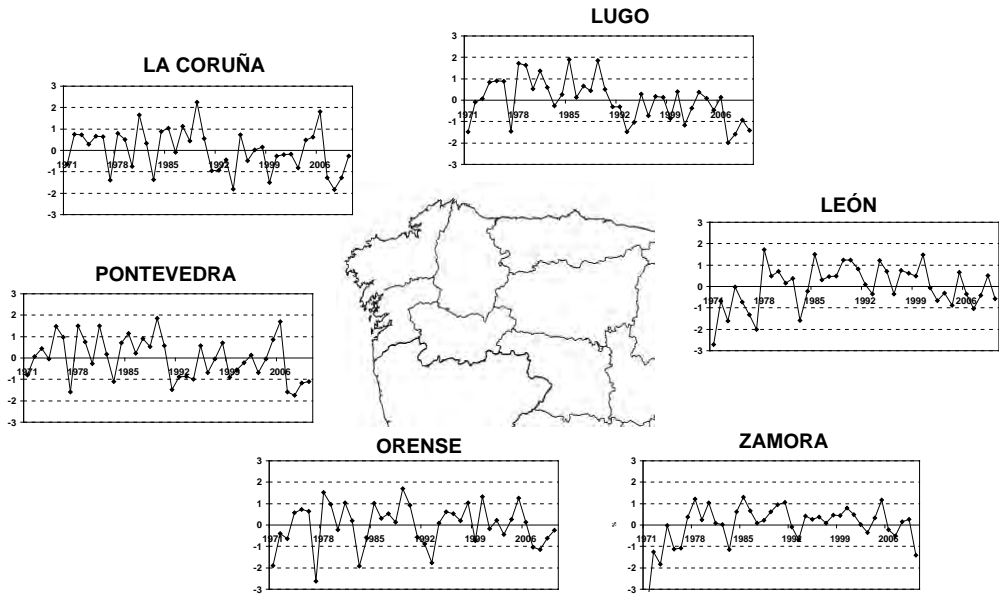


Figura 5. Evolución de la superficie quemada en el NW de España entre 1971 y 2010. Los valores son anomalías estandarizadas (puntuaciones Z) calculados a partir del log10 de la superficie total quemada.

Para cuantificar el papel de los déficits pluviométricos regionales en la magnitud de los incendios forestales, se obtuvieron sendas series regionales de incendios, una costera sumando la superficie quemada en La Coruña y Pontevedra, y otra interior, agrupando las León y Zamora. Cada una de ellas fue correlacionada con el valor del índice SPI6\_Octubre y SPI12\_Septiembre sobre el conjunto de la Península Ibérica. La figura 6 muestra que la sequía estival (SPI6) favorece en ambos ámbitos los incendios forestales, aunque con diferente intensidad. De hecho, el índice de correlación de Spearman es superior a  $-0,6$  en el interior, mientras no alcanza más allá de  $-0,3$  en el caso de las provincias costeras de Galicia (aunque estadísticamente significativo). Cuando se compara la superficie quemada con la intensidad de la sequía anual vuelve a aparecer el comportamiento divergente citado para la vertiente atlántica de la Península Ibérica; mientras en las provincias costeras gallegas no sólo se mantiene el sentido de la relación, sino que ésta se intensifica (lo que supone que un verano con una gran superficie quemada viene precedido de una sequía intensa y prolongada), en el caso de las provincias interiores el sentido de la correlación se invierte, lo que implica un invierno húmedo, ya que la mayor parte de las precipitaciones se recogen en dicha estación del año.

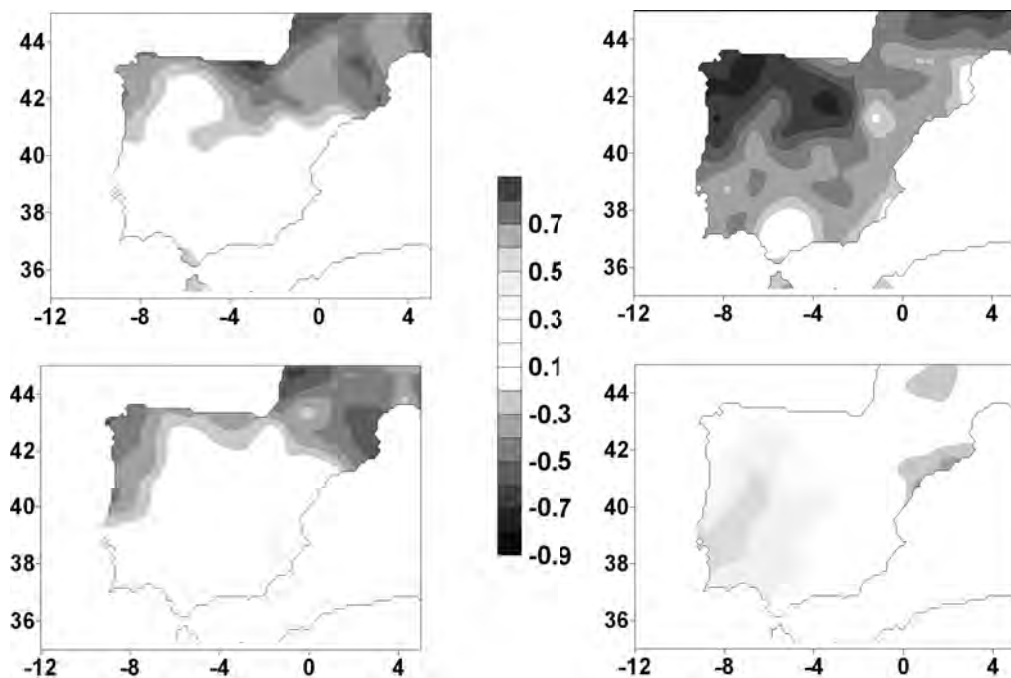


Figura 6. Campos espaciales del coeficiente de correlación de Spearman entre la superficie quemada en las provincias costeras (La Coruña, Pontevedra, columna izquierda), las provincias interiores (León y Zamora, columna derecha) y los índices SPI6 (octubre; fila superior) y SPI12 (septiembre; fila inferior).

Una posible explicación a estas divergencias puede ser la diferente composición del medio forestal que sufre los estragos del fuego. En las provincias interiores, la mayor parte de la superficie forestal (65 %) está ocupada por pastizal, matorral y bosque relativamente joven. Es el resultado del rápido desmoronamiento de la organización tradicional del paisaje rural a partir de los años 50 y 60. El éxodo rural supuso el abandono de los aprovechamientos marginales, a veces transformados en plantaciones gestionadas con prácticas silvoculturales poco adecuadas, o directamente sometidas a las primeras fases de un proceso de recuperación de la vegetación natural. Por otro lado, la reducción de la cabaña ganadera y la sustitución de especies disminuyó la presión sobre el monte, incrementando la cantidad de combustible fino disponible para la quema (Molinero et al, 2008). Por el contrario, la costa gallega experimentó en la segunda mitad del s. XX una intensificación del proceso de repoblación, ya iniciado a mediados del s. XIX, con especies de rápido crecimiento como el pino (*Pinus pinaster*) o el eucalipto (*E. globulus*), materia prima para la industria de la celulosa o la fabricación de muebles. Hoy en día, la mayor parte de la superficie forestal está ocupada por plantaciones (en un porcentaje superior al 70 % en La Coruña y Pontevedra), mientras que las masas forestales originales sólo representan aproximadamente el 15% de la superficie forestal.

Las provincias costeras gallegas disfrutaron unas condiciones ambientales (temperaturas moderadas, alta pluviosidad y balance hídrico positivo) favorables para la producción de grandes volúmenes de biomasa, amén de mantener bajo el riesgo de incendio. Este abundante

combustible únicamente puede quemarse cuando una situación persistente de déficit hídrico reduce drásticamente su contenido de humedad (Castro et al. 2003; Pellizzaro et al. 2007). Más aún, la abundancia de especies de crecimiento rápido en forma de extensas y homogéneas masas arbóreas favorece la expansión de fuego debido a la alta inflamabilidad de su resina o aceites volátiles (cuya producción aumenta bajo condiciones de estrés hídrico).

Los incendios de las montañas ubicadas en el límite entre Galicia y Castilla y León requieren, por el contrario, una combinación de condiciones atmosféricas relativamente contradictoria, combinando inviernos relativamente lluviosos y primaveras secas. Los primeros, normalmente acompañados de temperaturas moderadas y de una cubierta nival reducida, favorecen el crecimiento de una vegetación leñosa y herbácea que se agosta rápidamente si la primavera es seca y cálida, convirtiéndose en un combustible abundante y de fácil ignición.

#### 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El análisis de la relación entre incendios forestales y condiciones atmosféricas no puede ignorar el estrecho vínculo que existe entre dicho fenómeno y la evolución de las sociedades que los padecen. En el caso de España, la evolución de la superficie quemada ha experimentado una significativa reducción desde mediados de los años 90. Esta evolución no es un fenómeno novedoso, habiendo sido detectada anteriormente, tanto en España (Pausas 2004), como en otros países europeos (European Commission 2004) e incluso en EEUU (Brown et al. 2004), y responde, por un lado, a la elevada disponibilidad de combustible en los montes españoles durante el primer periodo, y por otro lado, a la decidida actuación de los poderes públicos durante el segundo.

La sequía es considerada uno de los factores climáticos más favorables a la propagación de los incendios (Balling et al. 1992a; Hall y Brown 2003) debido a que incrementa el grado de inflamabilidad del combustible muerto. La evolución de los índices de sequía entre 1971 y 2010 muestra que no existe tendencia significativa alguna hacia el agravamiento de las condiciones de sequía en primavera-verano, mientras que la evolución negativa, al borde del umbral de significación estadística, viene causada por sólo dos regiones, el norte de España y la franja mediterránea septentrional.

La evolución de la superficie quemada en España guarda relación con la intensidad y amplitud espacial de los déficits hídricos cuantificados a través del Índice de Precipitación Estandarizado, especialmente en lo que hace referencia a los déficits hídricos del semestre cálido (Mayo a Octubre), sobre todo para el periodo 1971-1994.

No obstante las condiciones de sequía no son capaces de explicar por sí solas la fuerte reducción de superficie quemada a partir de mediados de los noventa. Un análisis más detallado a escala regional muestra que esta relación tampoco es estable en todo el territorio, ya que en las regiones periféricas, en general más húmedas que el interior peninsular, el déficit hídrico acumulado durante todo el año previo (desde octubre hasta septiembre) parece explicar mejor la variación interanual en la superficie quemada. De hecho, un análisis de la situación en el NW de España muestra que la disponibilidad de combustible, relacionada a su vez con la longitud de la estación de crecimiento y el régimen hídrico, son factores determinantes de la propensión a los incendios en los ámbitos más secos, mientras el grado de inflamabilidad del combustible parece ser más determinante en ámbitos húmedos (Yebra et al. 2008; Westerling et al, 2006). Ambos mecanismos se imbrican con las características de la cubierta vegetal, vinculada a su vez a la evolución socioeconómica regional, lo cual demuestra la necesidad de abordar el problema de

la génesis de los incendios forestales imbricando los factores naturales y humanos (Vega-García et al. 1995; Wotton et al. 2003).

Cabe preguntarse qué evolución se puede esperar para el futuro. Desde el punto de vista climático los modelos predicen no sólo el aumento de las temperaturas en verano, sino también una reducción de la precipitación primaveral, manteniéndose la invernal. Todo ello parece apuntar hacia una mayor severidad de las condiciones atmosféricas, lo que se traduciría en mayor número de fuegos, mayor intensidad del fuego y mayor superficie quemada (Carvalho et al, 2010; Moriondo et al 2006). Por otro lado, aunque en los últimos años el incremento sustancial en los medios técnicos de extinción se ha traducido en una menor actividad del fuego, no está claro si estos gastos son sostenibles a largo plazo, en particular en un contexto de crisis económica. Por ello, parece necesario también abordar el aspecto preventivo a través de una gestión integrada que combine todos los procesos que influyen en el fuego.

## BIBLIOGRAFÍA

- BADIA, A., SAURÍ, D., CERDAN, R. y LLURDÉS, J.C. (2002): «Causality and management of forest fires in Mediterranean environments: an example from Catalonia». *Environ Hazards* 4:35–32
- BALLING, R.C., MEYER, G.A. y WELLS, S.G. (1992): «Climate change in Yellowstone national park: is the drought-related risk of wildfires increasing?». *Climatic Change* 22:35–45
- BROWN, J.T., HALL, L.B. y WESTERLING, L.A. (2004): «The impact of twenty-first century climate change on wildland fire danger in the Western United States: an application perspective». *Climatic Change* 62:365–388.
- CARRACEDO MARTÍN V., DIEGO LIAÑO C., GARCÍA CODRÓN JC. y RASILLA ÁLVAREZ, D (2009): *Incendios forestales*. Davinci Continental, S.L. 252 pp.
- CARVALHO, A., FLANNIGAN, M.D., LOGAN, K.A, GOWMAN, L.M., MIRANDA, A.I. y BORREGO, C. (2010): «The impact of spatial resolution on area burned and fire occurrence projections in Portugal under climate change». *Climatic Change* 98:177–197.
- CASTRO, F.X., TUDELA, A. y SEBASTIÀ, M.T. (2003): «Modeling moisture content in shrubs to predict fire risk in Catalonia (Spain) ». *Agr Forest Meteorol* 116:49–59.
- COLLINS, B.M., OMI, P.N. y CHAPMAN, P.L. (2006): «Regional relationships between climate and wildfire burned area in the Interior West, USA». *Can J For Res* 36(3):699–709
- DE LUÍS, M., GARCÍA-CANO, F.M., CORTINA, J., RAVENTÓS, J., GONZÁLEZ-HILDAGO, C.J. y SÁNCHEZ, R.J. (2001): «Climatic trends, disturbances and short-term vegetation dynamics in a Mediterranean shrubland». *For Ecol Manag* 147:25–37.
- DIMITRAKOPOULOS, A.P. y BEMMERZOUK, A.M. (2003): «Predicting live herbaceous moisture content from a seasonal drought index». *Int J Biometeorol* 47:73–79.
- DIMITRAKOPOULOS, A.P., VLAHOU, M., ANAGNOSTOPOULOU, C. y MITSOPOULOS, I.D. (2011): «Impact of drought on wildland fires in Greece: implications of climatic change?». *Climatic Change* 3: 331-47..
- ESTRELA, J.M., PENARROCHA, D. y MILLAN, M. (2000): «Multi-annual drought episodes in the Mediterranean (Valencia region) from 1950-1996. A spatio-temporal analysis». *Int J Climatol* 20: 1599–1618.

- EUROPEAN COMMISSION (2004): *Forest Fires in Europe—Report No. 4*. Official Publication of the European Commission S.P.I.04.124, 49 pp.
- FRIED SJ, GILLESS JK, RILEY WJ, MOODY TJ, DE BIAS CS, HAYHOE K, MORITZ M, STEPHENS S, TORN M (2008): «Predicting the effect of climate change on wildfire behaviour and initial attack success». *Climatic Change* 87(Suppl 1):251–264.
- HALL, B.L. y BROWN, J.T. (2003): «A comparison of precipitation and drought indices related to fire activity in the U. S.». In: *Proceedings of the 5th symposium on fire and forest meteorology*. American Meteorological Society, Orlando FL
- LANDSBERG, H. E. (1982): «Climatic aspects of droughts». *Bull. Am. Met. Soc.* 63, 593–598.
- LLORET F, CALVO, E., PONS, X. y DÍAZ-DELGADO, R. (2002): «Wildfires and landscape patterns in the Eastern Iberian Peninsula». *Landscape Ecol.* 17, 745–759.
- MARTÍN-VIDE, J. y BARRIENDOS, M. (1995): «The use of rogation ceremony records in climatic reconstruction: a case study from Catalonia (Spain)». *Climatic Change* 30, 201–221.
- MCKEE, T.B N., DOESKEN, J. y KLEIST, J. (1993): «The relationship of drought frequency and duration to time scales». En *Eighth Conf. on Applied Climatology* (Anaheim, California, USA). Am. Met. Soc. 179–184.
- MOLINERO F, CASCOS C, GARCÍA A y BARAJA E (2008): «Dinámica de los incendios forestales en Castilla y León». *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 48, 39–70.
- MORENO, J.M., VÁZQUEZ, A. y VÉLEZ, R. (1998): «Recent history of forest fires in Spain». En Moreno, J.M.. (ed.) *Large forest fires*, pp. 159–186. Backhuys, Leiden, NL.
- MORIONDO, M., GOOD, P., DURAO, R., BINDI, M., GIANNAKOPOULOS, C. y CORTE-REAL, J. (2006): «Potential impact of climate change on fire risk in the Mediterranean area». *Clim. Res.* 31 (1), 85–95.
- MOUILLOT, F., RATTE, J.-P., JOFFRE, R., MORENO, J.M. y RAMBAL, S. (2003). «Some determinants of the spatio-temporal fire cycle in a Mediterranean landscape (Corsica, France)». *Landscape Ecol.* 18, 665–674.
- PAUSAS, J.G. (1999): «The Response of plant functional types to changes in the fire regime in Mediterranean ecosystems. A simulation approach». *J Veg Sci* 10:717–722
- PAUSAS, J.G. (2004): «Changes in fire and climate in the Eastern Iberian Peninsula (Mediterranean Basin)». *Climatic Change* 63:337–350.
- PAUSAS, J.G. y FERNÁNDEZ-MUÑOZ, S. (2012): «Fire regime changes in the Western Mediterranean Basin: from fuel-limited to drought-driven fire regime». *Climatic Change* (2012) 110:215–226.
- PELLIZZARO, G., DUCE, P., VENTURA, A. y ZARA, P. (2007): «Seasonal variations of live moisture content and ignitability in shrubs of the Mediterranean Basin». *Int J Wildland Fire* 16:633–641.
- REGO FC (1992): «Land use changes and wildfires». En: Teller A, Mathy P y Jeffers J.N. (eds) *Response of forest fires to environmental change*. Elsevier, London, pp 367–373
- RODRIGO, F.S., ESTEBAN-PARRA, M.J., POZO-VÁZQUEZ, D. y CASTRO-DÍEZ, Y. (1999): «A 500-year precipitation record in Southern Spain». *Int. J. Climatol.* 19, 1233–1253.

- SCHLOBOHM, P.M. y BROWN, J.T. (2001): «Fire danger and the standardized precipitation index». En: *Proceedings of the 4th Symposium on Fire and Forest Meteorology*, American Meteorological Society, Orlando. pp. 220–222.
- SCHOENBERG PF, PENG R, HUANG Z, RUNDEL P (1991): «Detection of non-linearities in the dependence of burn area on fuel age and climatic variables». *Int J Wildland Fire* 12:1–6
- SIENZ, F., BOTHE, O. y FRAEDRICH, K (2011): «Monitoring and quantifying future climate projections of dryness and wetness extremes: SPI bias». *Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss.*, 8, 10635-10677.
- TAYLOR, W. (2000): «Change-Point Analyzer 2.0 shareware program, Taylor Enterprises, Libertyville, Illinois. Web: <http://www.variation.com/cpa>
- VEGA-GARCIA, C., WOODARD, P.M., TITUS, S.J., ADAMOWICZ, W.L. and LEE, B.S. (1995): «A logit model for predicting the daily occurrence of human caused forest fires». *Int J Wildland Fire* 5(2):101–112.
- VÉLEZ, R. (1993): «High intensity forest fires in the Mediterranean Basin: natural and socioeconomic causes». *Disaster Manage* 5:16–20.
- VICENTE-SERRANO, S.M. (2006): «Spatial and temporal analysis of droughts in the Iberian Peninsula (1910–2000) ». *Hydrological Sciences Journal*, 51(1): 83-97.
- WESTERLING, AL., HIDALGO H., CAYAN DR. y SWETNAM, T. (2006): «Warming and earlier spring increases Western US Forest Wildfire Activity». *Science*, 313: 940-943.
- WILHITE, A.D. y GLANTZ, N.H. (1985): «Understanding the drought phenomenon: the role of definitions». *Water Int* 10:111–120.
- WOTTON, B.M., MARTELL, D.L. and LOGAN, K.A. (2003): «Climate change and people-caused forest fire occurrence in Ontario». *Climatic Change* 60:275–295.
- YEBRA, M., CHUVIECO, E. y RIAÑO, D. (2008): «Estimation of live fuel moisture content from MODIS images for fire risk assessment». *Agr Forest Meteorol* 148 (4):523–536.