

Trabajo Fin de Grado

Relación entre incendios forestales y tipos de tiempo en la España peninsular e Islas Baleares

Autor

Francisco José Serrano Eizaguerri

Director

José Carlos González Hidalgo

Facultad de Filosofía y Letras
Año 2017

Índice

1	Introducción.	3
2	Relación entre clima, meteorología e incendios.	5
2.1	El clima, la vegetación y los incendios forestales.	5
2.2	Variables meteorológicas condicionantes de los incendios forestales.	6
2.3	Los tipos de tiempo.	6
3	Objetivo e hipótesis.	7
4	Datos y Metodología	8
4.1	Base de datos de incendios forestales.	8
4.2	Clasificación de tipos de tiempo.	8
4.3	Metodología	9
4.3.1	Escala general.	9
4.3.2	Escala autonómica.	10
5	Resultados	12
5.1	Resultados generales.	12
5.1.1	Evolución y tendencia.	12
5.1.2	Calendario diario de incendios.	14
5.1.3	Frecuencia de los tipos de tiempo	15
5.1.4	Incendios y superficie quemada según tipo de tiempo.	16
5.2	Resultados a escala regional.	18
5.2.1	Índice de recurrencia.	20
5.2.2	Incendios y superficie quemada según tipos de tiempo por CCAA.	22
6	Discusión y conclusiones.	27
6.1	Diferencias espaciales de la relación entre frecuencia de los incendios forestales, superficie quemada y tipos de tiempo.	27
6.1.1	Occidente e interior peninsular.	27
6.1.2	Litoral mediterráneo.	28
6.1.3	Norte peninsular.	29
6.2	La casuística como factor de desigualdad en la variabilidad espacial de los incendios forestales.	30
6.3	Conclusiones finales.	30
7	Agradecimientos.	31
8	Bibliografía.	32
9	Anexo I. Superficie quemada según tipos de tiempo y CCAA	35
10	Anexo II. IIFF y superficie quemada según tipos de tiempo y CCAA	36

1 Introducción.

De acuerdo con la ecología del fuego, la rama de la ciencia que estudia el papel de los incendios en los organismos y los ecosistemas, los incendios forestales están considerados como un proceso ecológico que han moldeado durante millones de años los biomas de nuestro planeta. Así, el régimen natural de los incendios cuyo origen se debe a causas naturales, como los rayos o las erupciones volcánicas, se considera sostenible para la conservación del ecosistema y su biodiversidad, entendiendo por régimen natural el característico de un ecosistema definido por el rango de frecuencias, intensidades, estacionalidad y tipología (Pausas, 2012).

Hoy en día los diferentes ecosistemas, como los mediterráneos, son el resultado de un proceso gradual de transformación del medio físico y natural por parte del hombre desde la prehistoria. Sin embargo, desde mediados del siglo XX en nuestro país se produjo este cambio como consecuencia del impulso de la industrialización. Este hecho conllevó un éxodo rural masivo con el consiguiente despoblamiento, abandono del cultivo de tierras marginales y una drástica disminución de la ganadería extensiva. Todo esto favoreció la recolonización de grandes espacios por la vegetación natural, cuando no fueron objeto de la política de repoblación forestal, en ocasiones con un carácter protector y en otras con un marcado carácter productivista mediante monocultivos forestales, sobre todo de pinos y eucaliptos, que ayudaron a configurar una vegetación pirofítica (Mataix-Solera y Cerdà, 2009). Paralelamente, y desde entonces, la biomasa de nuestros montes ha dejado de ser aprovechada para el consumo energético, siendo sustituida por otras fuentes de energía, lo que ha contribuido, junto con la práctica desaparición del pastoreo en muchas regiones del país y la disminución de los aprovechamientos maderables, al aumento y acumulación de un material altamente inflamable en nuestros montes.

Las consecuencias de este proceso son la razón de que hoy en día una gran parte de la superficie de España se halle cubierta por vegetación forestal; de hecho, el país cuenta con 27,6 millones de hectáreas que ocupan el 55,1% de su territorio, siendo el segundo Estado de la Unión Europea (UE) con mayor superficie forestal, sólo por detrás de Suecia, y abarcando el 15,2% de la de toda la Unión. En cuanto a la extensión de bosques es el tercero de la UE con 18,4 millones de hectáreas, y la superficie forestal desarbolada es de 9,2 millones de hectáreas de los 20,8 millones de la UE-28, lo que supone que casi la mitad de los matorrales y pastizales europeos se localizan en nuestro país (MAPAMA, 2017a).

En cuanto a términos económicos, la aportación del Valor Añadido Bruto (VAB) del sector primario forestal al total de la economía española representó, en 2014, el 0,6% con una cantidad de 5.486 millones de €. Sus actividades proporcionaron trabajo en 2016 a una media de 134.200 personas (MAPAMA, 2017b), lo que supone un 0,72% de los ocupados durante ese año en España (INE, 2017). Aunque las cifras son relativamente mínimas en relación con el conjunto nacional, y se considera que los bosques tienen un valor productivo insignificante (Lloret, 2008), es necesario llamar la atención sobre el hecho de que este sector, en un medio rural despoblado y envejecido, adquiere mayor importancia en aquellas escasas áreas donde su actividad genera riqueza y empleo. Así mismo, e independientemente de su importancia económica, los bosques tienen un gran valor ecológico, pues albergan una gran diversidad de flora y fauna,

ayudan a proteger el territorio de los procesos erosivos evitando la degradación del suelo y del agua, contribuyen a la lucha contra la contaminación fijando el carbono, y prestan un servicio social al ser objeto de un uso recreativo por parte de la población gracias a su valor paisajístico.

La estructura espacial predominante hasta los años cincuenta, formada por un mosaico de cultivos, pastos y bosques con bajas densidades, y en ocasiones fragmentados, se ha ido transformando en un paisaje polarizado. Por una parte se localizan amplias zonas urbanas y/o de interfaz urbano forestal, en las que vive la mayor parte de la población y por otra parte, un espacio rural cada vez menos poblado, con amplias masas forestales caracterizadas por una alta continuidad horizontal y vertical, y en ocasiones integradas en espacios naturales amparados por diferentes figuras de protección, que ejercen funciones de ocio y conservación (Badia y Valdeperas, 2015).

En consecuencia, la sociedad española actual está mayoritariamente terciarizada y urbanizada, y dentro del espacio en el que habita, se asienta más dispersa y poco adaptada al entorno (Mataix-Solera y Cerdà, 2009). Un ejemplo de ello son las periferias urbanas y las urbanizaciones en contacto con zonas forestales, o colindantes con terrenos de cultivo abandonados y cubiertos de vegetación susceptible de arder, que han proliferado en las últimas décadas.

En este escenario físico y temporal, la recurrencia de los incendios incontrolados ha venido aumentando desde los años 60 y 70 del pasado siglo debido tanto al incremento de la superficie forestal y la mayor cantidad de combustible inflamable en los montes, como a las causas antrópicas de su origen (accidentes, negligencias o intencionalidad). De hecho, durante el decenio 2004-2013, el 79,51% de los incendios fueron consecuencia de diferentes motivaciones socioeconómicas (MAPAMA, 2017c).

Ante estos hechos resulta evidente que a lo largo de la historia hemos transformado el régimen natural de los incendios forestales, en cuanto a su ocurrencia y magnitud, en un régimen antrópico, de tal modo que en nuestros ecosistemas los incendios se han hecho totalmente insostenibles en todos los ámbitos, por lo que el fuego ha pasado de ser considerado un proceso ecológico a ser un grave problema ambiental, económico y social de primer orden, aunque hay que reseñar, de acuerdo con J. Pausas (2012), que el problema no son los incendios en sí, sino los cambios que hemos provocado en el régimen natural de los mismos.

La magnitud del problema se refleja tanto en el elevado número de incendios generados anualmente en España, en torno a 17.000, como en la superficie afectada por éstos, algo más de 113.000 has, agravada además por los factores climáticos mediterráneos característicos de gran parte de nuestro territorio, así como por el uso tradicional del fuego que todavía realiza parte de la población rural (MAPAMA, 2012).

2 Relación entre clima, meteorología e incendios.

2.1 El clima, la vegetación y los incendios forestales.

Cuando se abordan estudios relacionados con el clima a escala continental europea, o regional, como la cuenca del Mediterráneo, se considera de forma generalizada la inclusión de España como un país eminentemente mediterráneo. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que en realidad en la España peninsular encontramos dos regiones biogeográficas distintas, la Mediterránea y la Eurosiberiana.

La región Eurosiberiana es propia del Norte y Noroeste peninsular, caracterizada por un clima oceánico de temperaturas suaves y veranos húmedos, lo que favorece el desarrollo de bosques de frondosas de hoja caduca. Es el dominio del hayedo (*Fagus sylvatica*) y los robledales (*Quercus sp.*), y es conocida popularmente como la “España verde” o la “España húmeda”. Estas condiciones climáticas han sido aprovechadas para llevar a cabo en esta zona numerosas plantaciones forestales de especies alóctonas de crecimiento rápido, como el eucalipto (*Eucalyptus globulus*) y el pino insigne (*Pinus radiata*), para su aprovechamiento en la fabricación de celulosa u otras aplicaciones industriales que, junto a los matorrales de sucesión como los tojares (*Ulex sp.*) y brezales (*Erica sp.*), conforman amplias superficies forestales más susceptibles de arder que las autóctonas.

La región Mediterránea, la “España seca”, con formaciones esclerófilas y de hoja perenne, abarca el resto del territorio peninsular y el archipiélago balear, y se caracteriza por un prolongado periodo estival con altas temperaturas y una baja humedad relativa del aire, condiciones que someten a la vegetación a un notable estrés hídrico. Es el dominio del encinar (*Quercus ilex*), aunque predominan las masas forestales de resinosas, sobre todo de pinos (*Pinus sp.*). Por todo ello, la temporada de incendios forestales coincide principalmente con el verano, estación en la que la vegetación registra unos valores mínimos de humedad y que, por lo tanto, aumenta su inflamabilidad. Si a esta combinación de factores climáticos añadimos los episodios de vientos secos y cálidos propios de esta región climática, tenemos un escenario apropiado para los incendios catastróficos que queman miles de hectáreas (Lloret, 2008).

Además del verano, los fuegos también pueden darse en invierno. Cuando se han registrado escasas precipitaciones y con heladas, la vegetación pierde humedad y se deshidrata, lo que unido a las tradicionales quemaduras agrarias y de pastos en zonas rurales del norte de España cuando coinciden con días que soplan los vientos fríos y secos del Sur, se incrementa el peligro de originar incendios forestales.

Aunque a priori las condiciones climáticas y el tipo de vegetación de la región mediterránea son más propicias a la ocurrencia de incendios forestales que las de la región eurosiberiana, los incendios se producen de forma generalizada en todo el territorio. Es más, en el sector nor-noroeste de la España peninsular, dominado por las condiciones climáticas oceánicas, (Galicia, Asturias, Cantabria y País Vasco, además de los sectores noroccidentales de las provincias de León y Zamora) es donde se registra el

mayor número de siniestros con un 56,55% del total de los acaecidos en el decenio 2005-2014, afectando al 54,75% de la superficie forestal calcinada. Por el contrario, en el resto del territorio peninsular y Baleares, donde predominan las condiciones climáticas mediterráneas, el número de siniestros representó el 42,14% del total, siendo la superficie afectada el 40% (MAPAMA, 2017c). Como se ha explicado en el apartado anterior, el hecho paradójico de que se registren más incendios en la “España húmeda” que en la “España seca” tiene su explicación en la modificación del régimen natural de los mismos, puesto que la gran mayoría de los incendios forestales tiene su origen en causas antrópicas, como veremos más adelante.

2.2 Variables meteorológicas condicionantes de los incendios forestales.

La gran mayoría de los incendios forestales afecta a una pequeña superficie, siendo por el contrario un reducido número de ellos el responsable de la mayor parte de la tierra calcinada. Estos incendios son oficialmente denominados en nuestro país como “Grandes Incendios Forestales” (GIF) y, a efectos estadísticos, son los que afectan a una superficie de 500 o más hectáreas. En el año 2013 los GIF contabilizados fueron 17, y supusieron tan sólo el 0,16% de los siniestros registrados, sin embargo, calcinaron el 32% del total de la superficie forestal incendiada (MAPAMA, 2017c).

En el inicio de un fuego interviene en cierto modo la mayor o menor humedad del combustible (la vegetación), y esta humedad depende a su vez de diversas variables meteorológicas, como la radiación solar, la precipitación previa, la temperatura del aire y la humedad relativa. Una vez iniciado el incendio, ya sea por causa natural o antrópica, su desarrollo estará condicionado, además de por las variables meteorológicas ya mencionadas, por otros factores naturales como el relieve y el tipo de vegetación (su disponibilidad, continuidad horizontal y vertical), así como por factores humanos en cuanto al momento de su detección y tiempo de respuesta de intervención de los equipos de extinción y su capacidad de actuación: recursos, medios e infraestructuras disponibles. Está aceptado que los días de mayor riesgo de propagación de incendio, una vez iniciado, son aquellos que cumplen con la regla de los tres 30; menos del 30% de humedad, más de 30°C de temperatura y vientos con una velocidad mayor a 30 km/h. Tres condiciones que unidas a largos periodos de sequía previos forman una combinación altamente inflamable y difícil de manejar. Sin embargo, de todos estos condicionantes el que más va a influir en la magnitud, grado de intensidad y virulencia del incendio va a ser el que conforma las condiciones atmosféricas del momento; la velocidad del viento, su dirección y el grado de estabilidad atmosférica. Así, son estas tres variables meteorológicas relativas a la circulación atmosférica, o tipo de tiempo, las que influyen decisivamente en el comportamiento del fuego mediante el aporte de comburente (oxígeno) a la combustión y a los procesos de transmisión de energía en el incendio (Mérida, 2000).

2.3 Los tipos de tiempo.

Los tipos de tiempo son patrones atmosféricos que indican dirección y origen de los movimientos de las masas de aire. Las clasificaciones de tipos de tiempo han tenido una larga historia en meteorología y climatología y hasta hace unas décadas se utilizaban principalmente para la predicción meteorológica (IDLCC, 2017). Sin embargo y desde entonces, se vienen utilizando frecuentemente en el análisis de numerosos procesos ambientales relativos a la erosión, hidrología e inundaciones, agricultura, calidad del

aire, clima; temperaturas, precipitaciones, sequías, nivinidad, así como para la ocurrencia de incendios forestales.

Las clasificaciones de situaciones sinópticas son el resultado de la aplicación de diferentes técnicas o enfoques como la de Lund de 1963, basada en un análisis de las correlaciones entre los campos de presión, el modelo de Lamb de 1972 basado en la variación de los valores de presión en superficie, o el modelo de Muller de 1977 sobre la base de las trayectorias de las masas de aire (De Pablo et al, 2009). La clasificación de Lamb, originariamente manual, fue automatizada objetivamente por Jenkinson y Collison en 1977, basándose éstos en un conjunto de índices asociados con la dirección y vorticidad del flujo geostrófico calculados con los valores de presión sobre el nivel del mar sobre una cuadrícula regular para las Islas Británicas (IDLCC, 2017). Con posterioridad, y para el caso de la Península Ibérica, la clasificación de Jenkinson y Collison fue modificada por Trigo y Da Camara (2000).

En cuanto al estudio de la relación entre los tipos de tiempo (patrones de circulación atmosférica) y la ocurrencia de incendios forestales en el ámbito de la cuenca mediterránea existen trabajos centrados en diversos países o regiones, como Israel (Levin y Saaroni, 1999), Grecia (Kassomenos, 2010), Alpes (Wastla et al, 2013), Francia mediterránea (Ruffault et al, 2017) o Portugal (Pereira et al, 2005) entre otros. En el caso de España podemos acudir a los trabajos de Rivas et al. (2013) para Galicia, Montserrat (1998) para Cataluña, García-Ortega et al. (2011) para Castilla y León, y Rasilla et al. (2010) para la España continental. Sin embargo, estos autores han utilizado en la elaboración de sus investigaciones diferentes metodologías en cuanto al enfoque de la clasificación de tipos de tiempo, así como diferentes escalas espaciales y temporales.

3 Objetivo e hipótesis.

En España, las políticas sobre la gestión de la prevención y extinción de los incendios forestales son competencia de los gobiernos autonómicos en sus respectivos territorios. Las estrategias de estas políticas deben contener herramientas de pronóstico del riesgo de incendios y para ello deben considerar, entre otras, las condiciones climáticas y meteorológicas que los favorecen. Por ello, el objeto del presente trabajo pretende contribuir al conocimiento de las diferentes situaciones sinópticas de circulación atmosférica en las que se producen los mayores incendios en España, mediante el análisis de la frecuencia de los incendios forestales y la superficie quemada por Comunidad Autónoma según el tipo de tiempo.

La hipótesis que se plantea es que, según los tipos de tiempo, que en realidad expresan diferentes condiciones atmosféricas, puede existir un reparto diferenciado en la frecuencia de los incendios y la superficie quemada por CCAA.

Para corroborar esta hipótesis es necesaria la consecución de los siguientes objetivos.

1. Contabilizar el número de incendios y la superficie quemada del periodo de tiempo más amplio posible.
2. Analizar la evolución y tendencia de los mismos.
3. Obtener un calendario diario de probabilidad de incendios y de hectáreas quemadas.

4. Conocer la frecuencia diaria de los diez tipos de tiempo a lo largo de los meses del año.
5. Analizar la relación entre los tipos de tiempo y los incendios, así como con la superficie quemada en el conjunto de España.
6. Analizar los incendios y la superficie quemada por CCAA, y su variabilidad.
7. Elaboración de un índice de recurrencia media anual de incendios forestales por CCAA según su superficie forestal.
8. Averiguar la cantidad de superficie quemada en cada Comunidad Autónoma según el tipo de tiempo.
9. Conocer en qué situación sinóptica ha tenido lugar el máximo diario de superficie quemada en cada comunidad para valorar el porcentaje que representa respecto al total acumulado.

4 Datos y Metodología

4.1 Base de datos de incendios forestales.

El análisis de los incendios forestales se ha realizado a partir de la Estadística General de Incendios Forestales (EGIF), elaborada y gestionada por la Dirección General de Desarrollo Rural y Política Forestal de la Secretaría General de Silvicultura y Montes del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, que contiene datos definitivos desde 1968 hasta 2014 con la localización de los incendios por día, municipio, provincia, Comunidad Autónoma (CA) y superficie afectada, con un registro total de 564.821 incendios. Con posterioridad se han eliminado los datos relativos a los incendios de las Islas Canarias, por pertenecer a un ámbito biogeográfico único y diferente del resto de España, así como los de Ceuta y Melilla por su escasa entidad territorial, centrando el ámbito espacial del estudio en las comunidades de la España peninsular y el archipiélago balear.

De acuerdo con los datos disponibles se ha acotado el periodo del trabajo al intervalo correspondiente entre el 1 de enero de 1968 y el 31 de octubre de 2012, periodo de 16.376 días en el que se han registrado un total de 540.744 incendios forestales y la superficie afectada por éstos ha alcanzado 7,06 millones de hectáreas.

4.2 Clasificación de tipos de tiempo.

Para la clasificación de los tipos de tiempo se han utilizado los datos diarios de presiones en superficie procedentes del Centro Nacional de Meteorología y del Centro Nacional de Investigación Atmosférica de los Estados Unidos de América (NCAR/NCEP).

Su elaboración se ha basado en el esquema objetivo de Trigo y Da Camara (2000), adaptado de la ya citada clasificación de Jenkinson y Collison, por ser uno de los más frecuentemente utilizados en investigaciones sobre la materia en el ámbito de la Península Ibérica (De Pablo et al, 2009, Cortesi et al, 2013, Rivas et al, 2013, Nadal-Romero et al, 2015, Peña et al, 2016).

Esta clasificación automatizada se aplica a los datos de presión diaria en superficie en una malla de 16 píxeles con centro en la Península Ibérica (Figura 1). La clasificación calcula 6 índices geostroáficos que tienen en cuenta la dirección, la fuerza y la vorticidad del viento, y posteriormente se aplican una serie de reglas que permiten obtener 26 tipos de tiempo, 8 direccionales: Norte (N), Sur (S), Este (E), Oeste (W), Noreste (NE), Noroeste (NW), Sureste (SE), y Suroeste (SW), 2 puros: Anticiclón (A) y Ciclónico (C), y la combinación de ambos tipos en los llamados híbridos: AN, AS, AE, AW, ANE, ANW, ASE, ASW, CN, CS, CE, CO, CNE, CNW, CSE, CSW.

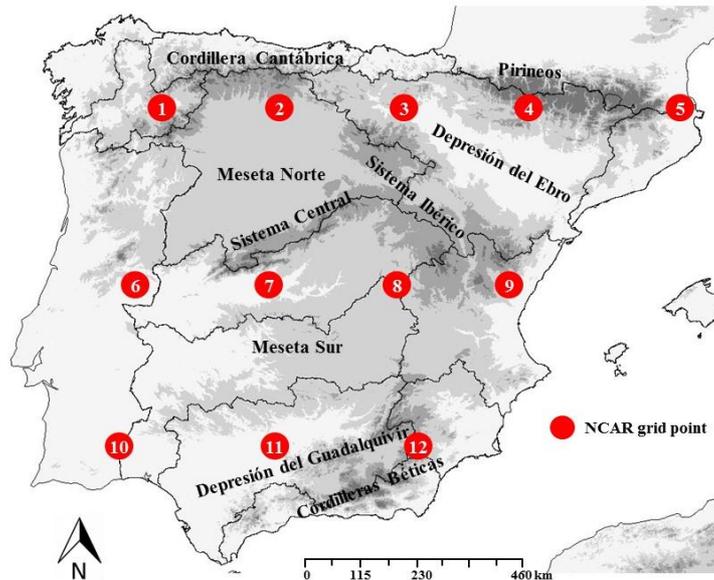


Figura 1. Área de estudio. Localización de la parrilla de puntos de NCAR utilizados para calcular los índices geostroáficos. Adaptada de Nadal-Romero et al. (2015) con permiso de la autora.

4.3 Metodología

La metodología se ha planteado en dos fases: en la primera se ha realizado un análisis a escala nacional de carácter general y con los resultados obtenidos se ha procedido en una segunda fase al análisis de los mismos a escala regional.

4.3.1 Escala general

Contabilizados los datos relativos al número de incendios y superficie quemada del periodo de estudio (45 años), se ha analizado la evolución y tendencia de los mismos calculando su frecuencia anual.

A continuación, se elaboró el calendario anual de incendios donde se representa el número de hectáreas calcinadas diariamente, del 1 de Enero al 31 de Diciembre, del periodo de estudio (total acumulado), así como el índice de probabilidad de ocurrencia de incendio, calculado mediante el recuento diario de incendios registrados a lo largo de la serie en cada día.

Con el objeto de mostrar de dónde vienen y por dónde penetran en la Península e Islas Baleares las masas de aire, se ha analizado la clasificación de los tipos de tiempo conformada por un conjunto de 10 tipos básicos; 8 direccionales más 2 puros (figura 2), a partir de los 26 tipos del esquema original de Trigo y Da Camara (2000). Posteriormente se analiza la frecuencia mensual de los 10 tipos de tiempo a lo largo del periodo de estudio, calculando el promedio del número de días de presencia de cada tipo de tiempo por mes. La clasificación procede del proyecto “Desarrollo de índices de sequía sectoriales” (DESEMON) del Departamento de Geografía de la Universidad de Zaragoza, clave CGL2014-52135-C3-3-R.

Conocida la evolución y tendencia de los incendios forestales y la superficie quemada, su frecuencia y probabilidad, así como la frecuencia de los tipos de tiempo, se procede a estudiar su relación. Para ello, se ha emparejado el número de incendios y la superficie quemada en cada uno de los 16.376 días del periodo de estudio con su correspondiente tipo de tiempo o patrón de circulación atmosférica diario. De este modo hemos calculado para cada tipo de tiempo el número de incendios registrados y de hectáreas de superficie quemada en términos cuantitativos y relativos, y su variabilidad.

4.3.2 Escala autonómica.

En la segunda fase del trabajo se analizaron los incendios y la superficie quemada y su relación con los tipos de tiempo, a escala autonómica de acuerdo con el objeto del estudio.

Se comenzó calculando los descriptivos elementales estadísticos: número de incendios, número de hectáreas, promedios, desviación estándar y coeficiente de variación.

A continuación, se elaboró un índice de recurrencia calculando la relación entre el número de incendios anual (promedio de la serie de 45 años) de cada Comunidad Autónoma por cada 10.000 has de su superficie forestal, para poder efectuar comparaciones ponderando superficies forestales

El siguiente paso consistió en analizar en cada comunidad el porcentaje de incendios y de hectáreas quemadas en relación a cada uno de los diez tipos de tiempo.

Por último, se estudiaron en cada comunidad el máximo superficie quemada en un solo día y los mayores incendios forestales, así como el porcentaje de superficie que representa respecto al total acumulado de la serie, relacionándolos con el tipo de tiempo del día de su inicio.

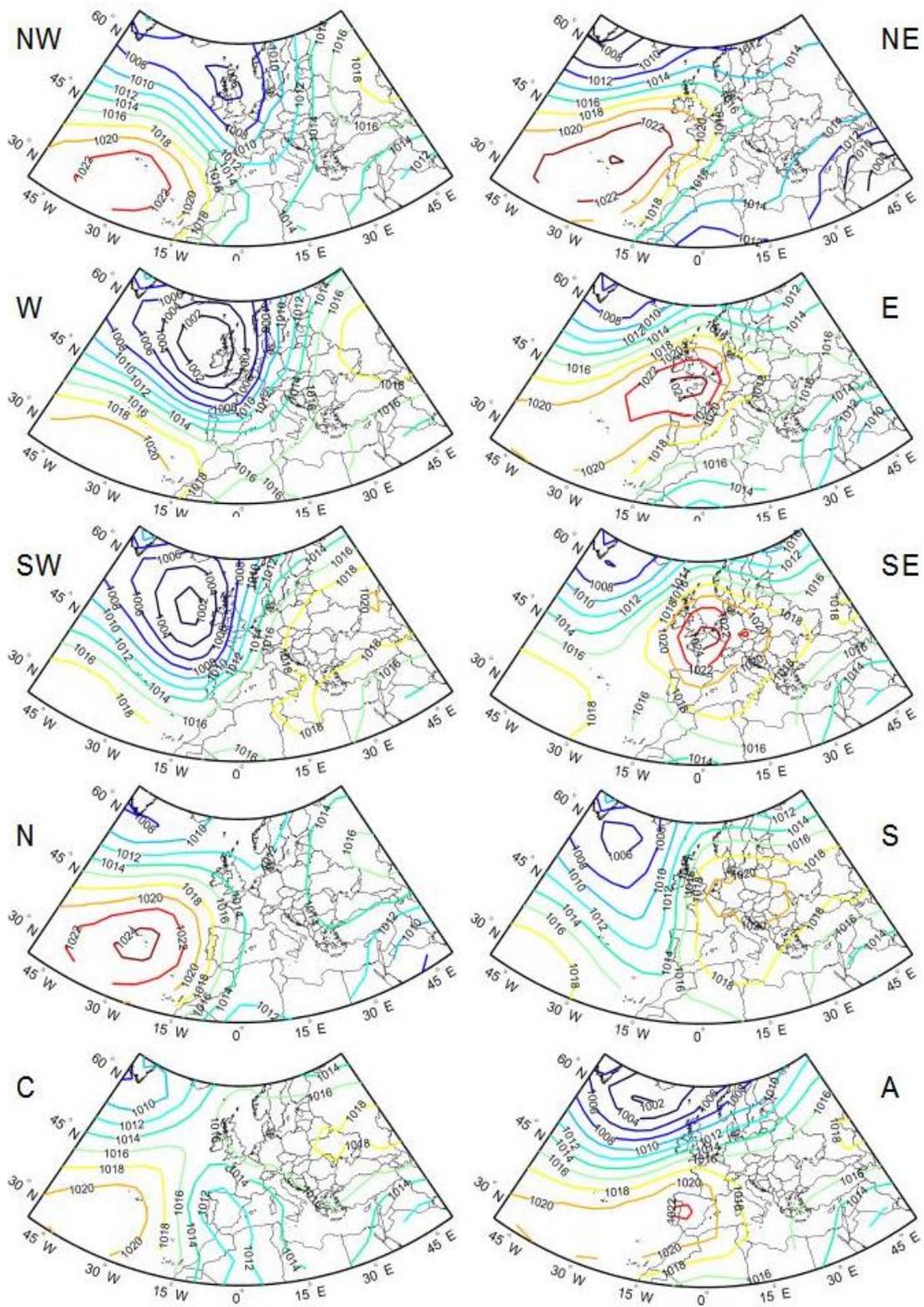


Figura 2. Mapa compuesto de los campos de presiones diarias (promedio) para los ocho tipos de tiempo direccional (NW, N, NE, E, SE, S, SW, W) y los dos tipos de tiempo puros o de vorticidad (C y A) para el periodo 1950-2003. El intervalo de contorno es 2 hPa. Fuente: Ramos et al., 2014.

5 Resultados

5.1 Resultados generales.

El número total de incendios forestales correspondiente al periodo analizado es de 540.744, siendo la superficie afectada por todos ellos de 7.064.417,58 has.

5.1.1 Evolución y tendencia.

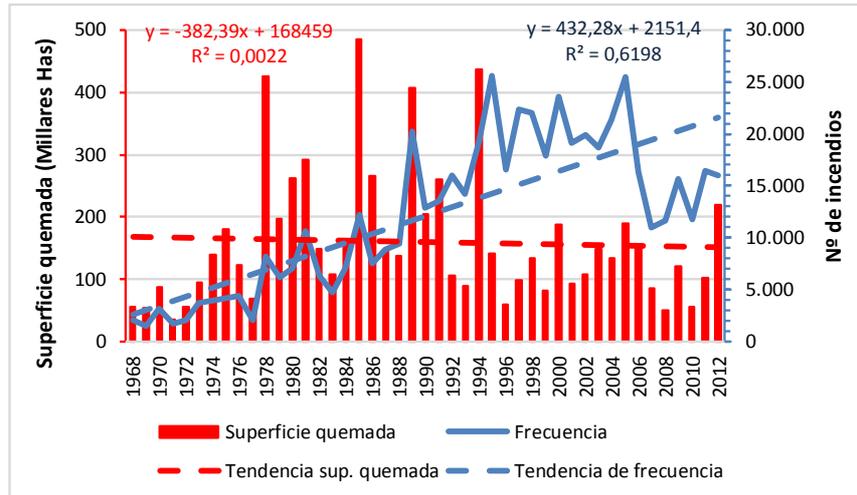


Figura 3. Evolución y tendencia de los incendios forestales y superficie quemada (1968-2012). Fuente MAPAMA. Elaboración propia.

A lo largo de los 45 años del periodo de estudio (1968-2012) la evolución anual del número de incendios y de la superficie quemada presenta tendencias opuestas. Así en la década de los 80 el promedio anual era de 9.400 incendios y 241.000 hectáreas quemadas (aprox.), mientras que en el primer decenio del presente siglo ha sido de 18.200 incendios y 127.000 has. Tal y como se puede ver en la figura 3, la tendencia es ascendente en cuanto al número de incendios y descendente en cuanto a la superficie quemada. Por ello analizaremos la tendencia de estas dos variables en dos periodos diferenciados a partir del año 1994, último en el que se registró un importante número de incendios de dimensiones catastróficas (Figura 4).

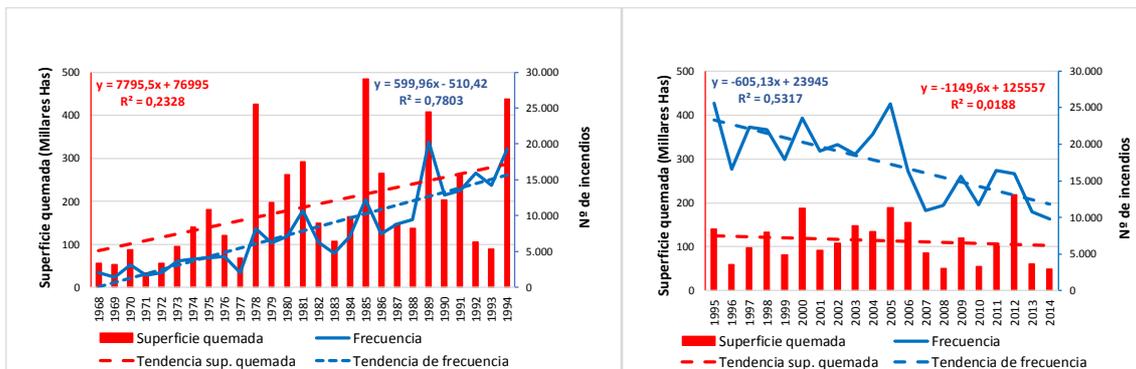


Figura 4. Evolución y tendencia de los incendios forestales y superficie quemada (1968-1994/1995-2012). Fuente MAPAMA. Elaboración propia.

En el periodo 1968-1994 se puede apreciar un aumento significativo ($p < 0,05$) del número de incendios. Este incremento es debido principalmente a los cambios de usos del suelo sobrevenidos por el éxodo rural tal y como se ha expuesto en la introducción de este trabajo.

Destacan los años 1978, 1985, 1989 y 1994 como especialmente catastróficos, registrando valores superiores a las 400.000 has/año, alcanzándose el máximo histórico en 1985 con 484.500 has.

Es precisamente 1985 el año en el que el Estado transfiere a las CCAA la competencia de la gestión de los montes y por consiguiente del operativo de prevención y extinción de incendios forestales en su territorio. Este aspecto pudo influir ese año en la pérdida de eficacia en la lucha contra el fuego por los desajustes en esta descentralización administrativa (Ferrerías, 2016). Desde ese año se aumenta la inversión en campañas publicitarias de concienciación, en la incorporación de medios aéreos a la extinción y en trabajos de investigación científica, pero es a partir del aciago verano de 1994 cuando se generaliza por parte de las CCAA el uso de medios aéreos, sobre todo helicópteros, y de las nuevas tecnologías (GPS, imágenes satélite, programas informáticos, telecomunicaciones). Igualmente se avanza en la profesionalización del personal que participa en el operativo y se incrementan las labores preventivas en los montes.

Al año siguiente, en 1995, se registraron 25.500 incendios, siendo el mayor número de la serie y duplicando al de 1985, sin embargo, la superficie calcinada (141.000 has) supuso apenas un tercio de la de ese año. Desde entonces el descenso de la frecuencia de incendios ha sido significativo ($p < 0,05$).

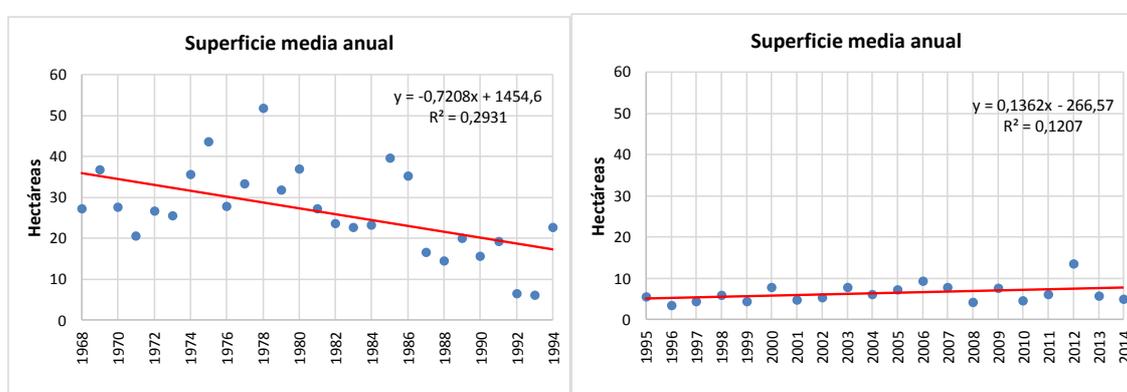


Figura 5. Tendencia de la superficie media quemada por incendio anualmente (1968-1994/1995-2012). Fuente MAPAMA. Elaboración propia.

Si analizamos la evolución de la superficie media quemada por incendio anualmente en los mismos periodos (Figura 5) vemos que la tendencia es descendente y significativa ($p=0,004$) entre 1968 y 1994. En las décadas de los 70 y 80 el promedio anual era de 35,6 y de 25,7 hectáreas calcinadas por cada incendio forestal respectivamente, llegando a las 22,7 has de 1994.

En 1995 la magnitud de los incendios se reduce drásticamente a 5,5 has (superficie media por incendio/año) y desde entonces hasta 2014 ha registrado ligeras variaciones anuales con un promedio para estos últimos 20 años de 6,4 has, lo que denota la eficacia de las medidas preventivas adoptadas y de la capacidad técnica de los operativos de

extinción. En estos 20 años la tendencia resulta ligeramente positiva, pero no es significativa ($p=0,133$), estabilizándose en torno a las 10 has de superficie media.

5.1.2 Calendario diario de incendios.

El calendario diario de superficie quemada por incendios (figura 6) muestra dos momentos propicios para los mismos con consecuencias distintas, final de invierno con el inicio de la primavera y la época estival, siendo claramente la estación de verano muy superior en cuanto a la superficie total quemada acumulada en el periodo de estudio, alcanzando el máximo el 7 de agosto con algo más de 119.000 has. Es indudable que las mayores condiciones de humedad atmosférica son las responsables de la menor superficie quemada en el primer caso, y quizás sugiera también una casuística diferente de los incendios en cada estación.

En cuanto a la probabilidad de que se produzcan incendios forestales vemos que existen niveles altos ($> 0,6$) a lo largo de todo el año, destacando el periodo coincidente con el pico veraniego, desde el 21 de junio hasta el 28 de septiembre, donde la probabilidad es total (valor 1) o muy alta ($> 0,98$), es decir, en el periodo analizado prácticamente se declaran incendios todos los días. Así mismo en el periodo entre febrero y junio la probabilidad de que tengan lugar incendios forestales es igualmente alta, con valores por encima de 0,85, llegando a superar valores de 0,95 e incluso alcanzando el valor 1 durante determinados días de los meses de marzo y abril.

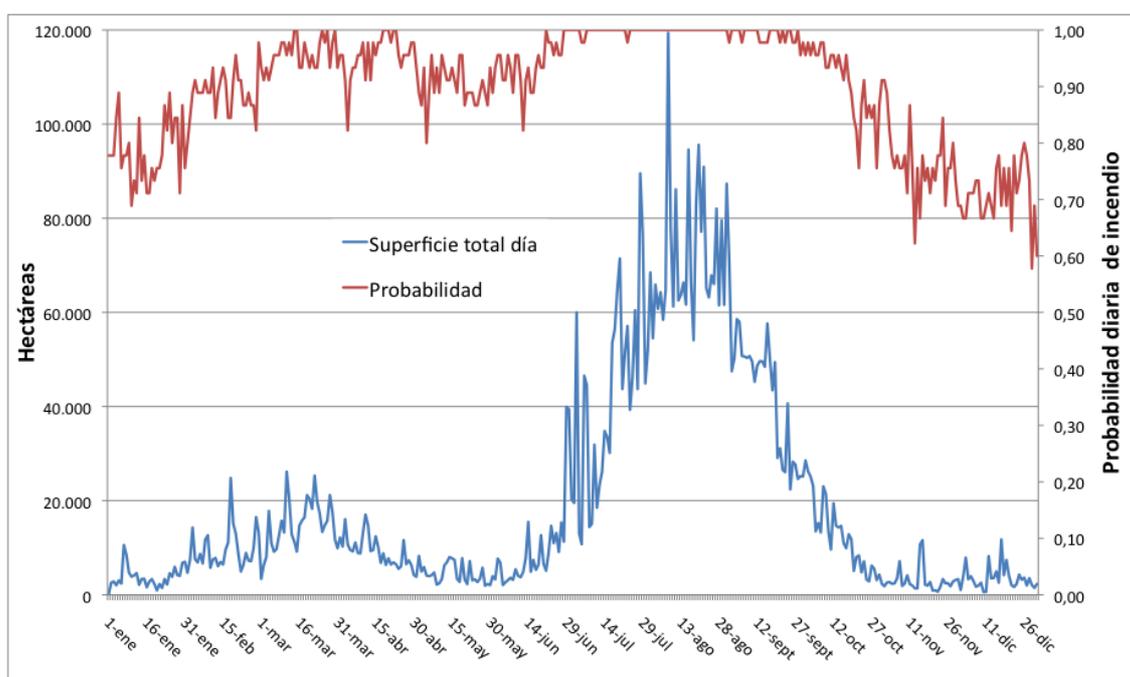


Figura 6. Calendario de superficie quemada y de probabilidad de incendios en España peninsular y Baleares (1968-2012). Elaboración propia.

5.1.3 Frecuencia de los tipos de tiempo

El papel que juega cada tipo de tiempo en el régimen de ocurrencia de los incendios forestales viene determinado por su frecuencia, la cual se muestra en la tabla 1 expresada como número de días por mes. Para una mejor visualización de los resultados se ha elaborado la figura 7. Es reseñable que ningún tipo de tiempo se repite durante más de diez días en un mes en concreto.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año
N	1,8	2,0	3,2	3,6	3,9	4,2	5,6	5,0	3,2	1,9	2,1	2,0	38,5
NE	2,1	2,2	2,4	2,9	3,0	4,7	5,8	6,2	2,4	2,3	2,0	1,9	37,9
E	3,0	3,2	4,3	4,0	4,0	6,1	7,5	6,4	6,2	4,2	3,1	3,3	55,3
SE	2,0	2,4	3,3	2,0	2,2	1,6	2,0	2,1	2,6	2,9	2,2	2,8	28,1
S	1,0	1,2	1,1	0,8	0,6	0,4	0,2	0,2	0,7	2,0	1,4	1,3	10,9
SW	2,7	1,9	1,5	1,2	1,4	0,3	0,2	0,2	1,1	2,8	2,4	2,7	18,4
W	4,5	3,6	2,9	2,6	2,8	1,2	0,6	0,9	2,0	3,4	3,2	3,6	31,3
NW	3,1	2,9	2,8	3,8	4,1	3,2	2,5	2,6	2,6	2,6	3,0	3,0	36,2
A	8,9	7,0	7,4	5,3	5,8	5,6	4,7	5,4	7,0	6,9	8,0	7,6	79,6
C	2,0	1,9	2,1	3,8	3,2	2,6	2,0	2,0	2,2	2,0	2,0	2,2	28

Tabla 1. Frecuencia mensual de tipos de tiempo en días (1968-2012). Elaboración propia.

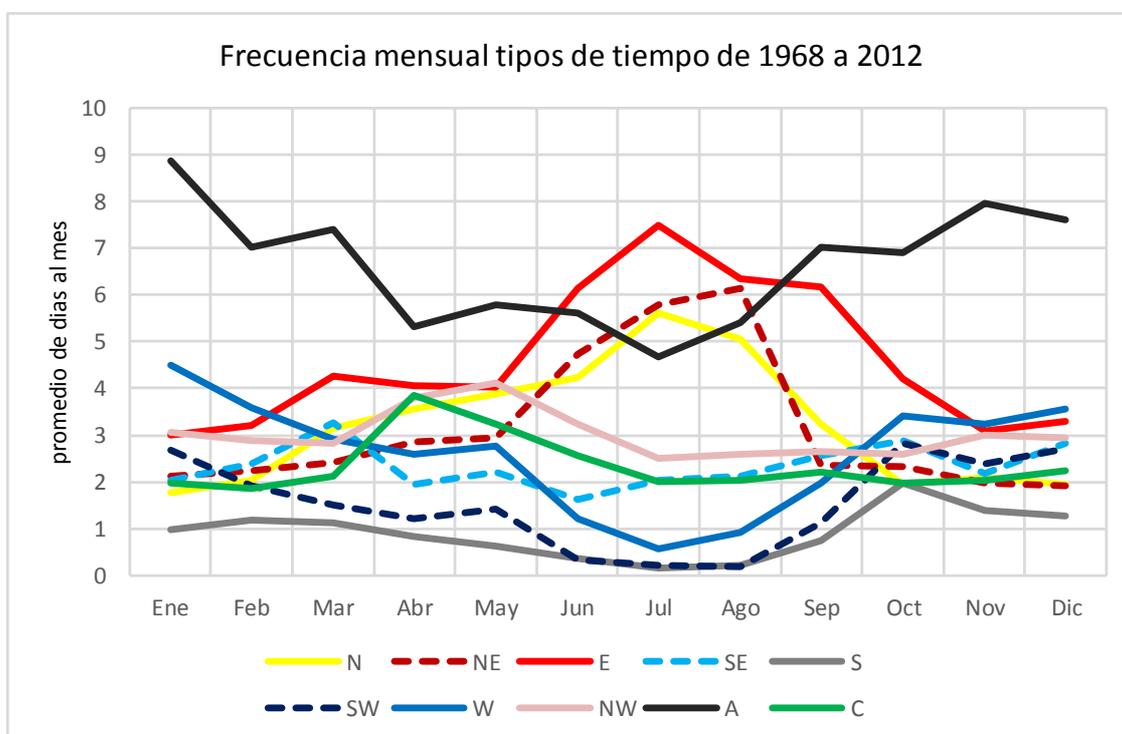


Figura 7. Frecuencia mensual de tipos de tiempo (1968-2012), días al mes. Elaboración propia.

El tipo de tiempo más frecuente corresponde al tipo puro A (anticiclónico), 79,6 días/año, sobre todo en los meses de invierno. El tipo E (este) es el segundo más frecuente, 55,3 días/año, con una frecuencia de 4 días o más al mes entre marzo y octubre. Así mismo, los tipos NE (noreste) y N (norte) presentan una frecuencia de más de 4 días al mes entre junio y agosto. Entre el resto de tipos de tiempo sólo presentan una frecuencia superior a 4 días al mes, el flujo del W (oeste) en enero y el flujo del NW (noroeste) en el mes de mayo.

Estos resultados están relacionados con los obtenidos por Cortesi et al. (2013) en el estudio de la relación entre los tipos de tiempo y la variabilidad espacial de las precipitaciones en la Península Ibérica durante el periodo 1948-2003, en el que los patrones atmosféricos asociados con los flujos N y E presentan la máxima frecuencia durante los meses de verano, mientras que los asociados con los flujos W son más frecuentes en invierno, siendo la frecuencia media para los tipos A más alta (frecuentes en verano y con una escasa contribución a la precipitación) que para los tipos C.

5.1.4 Incendios y superficie quemada según tipo de tiempo

Agrupados los incendios ocurridos y la superficie quemada diariamente a lo largo del periodo de estudio (16.376 días), con el tipo de tiempo correspondiente de los 10 tipos básicos seleccionados, los resultados se muestran en la tabla 2 y figura 8.

La correlación entre los incendios y la superficie quemada, agrupada por tipos de tiempo, es muy elevada y significativa, de hecho, el coeficiente de correlación entre estas dos variables, r de Pearson, es de 0,978, por lo que cuando se hace referencia a la frecuencia de los incendios se sobreentiende la misma referencia para la superficie quemada.

<i>WT</i>	<i>Incendios</i> <i>N</i>	<i>Incendios</i> <i>%</i>	<i>Superficie</i> <i>quemada</i> <i>N</i>	<i>Superficie</i> <i>quemada</i> <i>%</i>	<i>Sup.</i> <i>media</i> <i>incendio</i>	<i>Desv.</i> <i>Típica</i> <i>Sup.</i>	<i>CV</i> <i>Sup.</i> <i>quemada</i>
N	49.001	9,1	872.097	12,3	17,8	3.054	17.1
NE	69.385	12,8	835.451	11,8	12,0	1.629	13.5
E	133.991	24,8	1.736.957	24,6	13,0	1.693	13.0
SE	74.124	13,7	859.882	12,2	11,6	1.436	12.3
S	18.656	3,5	219.393	3,1	11,8	1.189	10.1
SW	17.303	3,2	217.501	3,1	12,6	781	6.2
W	17.225	3,2	271.488	3,8	15,8	1.135	7.1
NW	25.488	4,7	474.140	6,7	18,6	1.335	7.1
A	105.552	19,5	1.261.732	17,9	12,0	1.247	10.4
C	30.019	5,6	315.778	4,5	10,5	849	8.5

Tabla 2. Incendios forestales y superficie quemada (Has) en España peninsular e Islas Baleares (1968-2012) según tipo de tiempo. Fuente MAPAMA. Elaboración propia.

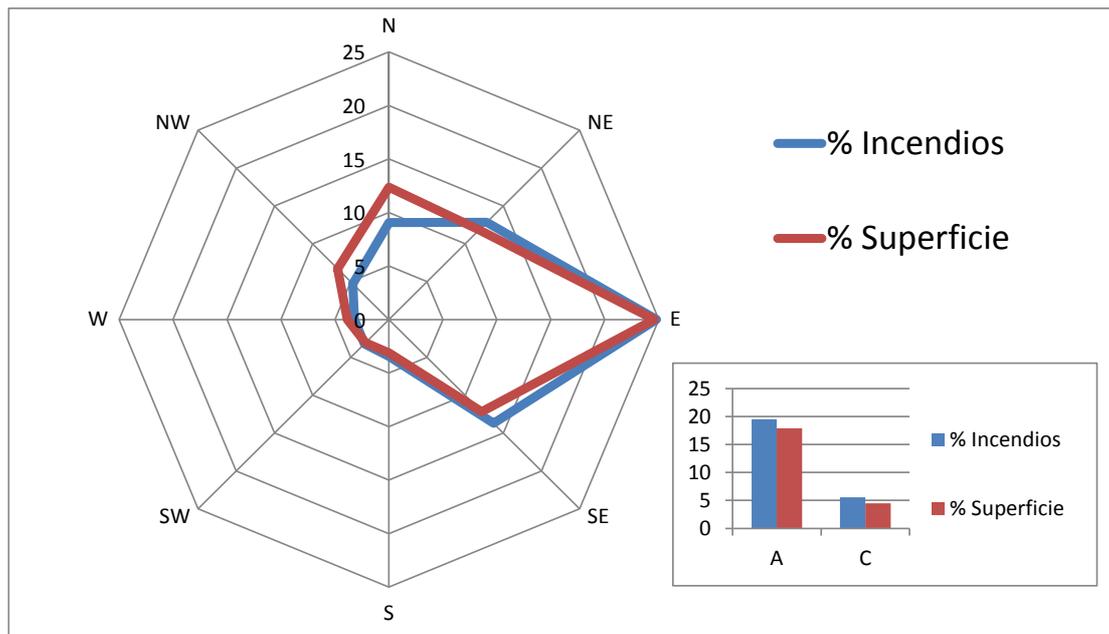


Figura 8. Porcentaje de incendios forestales y de superficie quemada en la España peninsular e Islas Baleares (1968-2012) según tipo de tiempo. Fuente MAPAMA. Elaboración propia.

A escala general de la España peninsular y del archipiélago balear, y en cuanto a tipos de tiempo direccionales, es con flujo del E, el más frecuente entre mayo y octubre, cuando se genera un mayor número de incendios (24,8%) y cuando se registra el mayor número de hectáreas quemadas (24,6%). El tipo de tiempo del SE es el segundo en importancia con el 13,7% y el 12,2% respectivamente, a pesar de su escasa frecuencia anual, siendo la máxima en marzo (3,3 días). El flujo del NE registra el 12,8% de los incendios y el 11,8% de la superficie quemada, siendo muy frecuente en los tres meses de verano (junio-agosto). Así, entre las tres advecciones de componente E acaparan el 51,3% de los incendios y el 48,6% de la superficie quemada.

Si analizamos las advecciones meridianas, los flujos del norte (N, NE y NW), muy frecuentes en verano, suponen el 26,6% de los incendios y el 30,8% de la superficie y las del sur (S, SE y SW) con apenas incidencia en verano, el 20,4% y el 18,4% respectivos. Finalmente, son los flujos del oeste (W, SW y NW), más frecuentes en los meses de otoño e invierno, los que menos relevancia parecen tener registrando un porcentaje de incendios y de superficie quemada del 11,1% y del 13,6% respectivamente.

Por último, y en cuanto a tipos de tiempo puros, el patrón atmosférico en el que se registra un mayor número de incendios (19,5%) y de superficie quemada (17,9%) es en situación anticiclónica (A), mientras que en situaciones ciclónicas (C) los resultados son del 5,6% de los incendios y del 4,5% de la superficie.

5.2 Resultados a escala regional

Los resultados obtenidos hasta el momento nos muestran la relación entre los tipos de tiempo y los incendios forestales a la escala general del ámbito de estudio. Resulta evidente que las diferencias que podemos encontrar en esta delimitación territorial ya sean de carácter ambiental, topográficas, climáticas, así como socioeconómicas y de casuística del inicio del incendio, obligan a analizar detalladamente los resultados a una escala autonómica de acuerdo con el objeto del trabajo.

En la tabla 3 se presentan los resultados globales por CCAA. La distribución espacial del número de incendios y de la superficie quemada en el ámbito territorial del objeto de estudio es bastante desigual, tal y como se representa en el mapa de la figura 9. Las CCAA de la fachada NW-N peninsular (Galicia, Asturias, Cantabria y País Vasco) registran el 56,5% de los incendios y el 35,6% de la superficie calcinada. Las CCAA del litoral mediterráneo (Cataluña, C. Valenciana, Murcia, Andalucía e Islas Baleares) registran el 16,7% de los incendios y el 29,5% de la superficie calcinada. Finalmente, las CCAA del interior (Extremadura, Madrid, Castilla La Mancha, Castilla y León, La Rioja, Navarra y Aragón) suponen el 26,8% de los incendios y el 34,9% de la superficie quemada.

<i>Comunidad Autónoma</i>	<i>Incendios</i>	<i>Incendios %</i>	<i>Superficie quemada</i>	<i>% Sup. quemada</i>	<i>Sup. media incendio</i>	<i>Desv. típica</i>	<i>CV</i>
Andalucía	37.058	6,9	792.891	11,2	21,4	220	1030
Aragón	11.385	2,1	168.981	2,4	14,8	220	1482
Asturias	41.823	7,7	476.799	6,7	11,4	60	524
C. Valenciana	18.737	3,5	724.812	10,3	38,7	511	1321
Cantabria	14.524	2,7	191.879	2,7	13,2	37	282
Castilla La Mancha	20.803	3,8	314.220	4,4	15,1	210	1393
Castilla y León	66.048	12,2	1.325.702	18,8	20,1	119	593
Cataluña	26.153	4,8	477.824	6,8	18,3	253	1383
Extremadura	27.900	5,2	544.284	7,7	19,5	155	793
Galicia	243.451	45	1.806.448	25,6	7,4	49	663
I. Baleares	4.946	0,9	47.091	0,7	9,5	65	680
La Rioja	3.294	0,6	26.781	0,4	8,1	47	584
Madrid	8.161	1,5	57.610	0,8	7,1	62	875
Murcia	3.394	0,6	37.478	0,5	11,0	427	3870
Navarra	6.924	1,3	27.651	0,4	4,0	38	946
País Vasco	6.143	1,1	43.967	0,6	7,2	42	591

Tabla 3. Incendios y superficie quemada (Has) por CCAA (1968-2012). Fuente MAPAMA. Elaboración propia.

En el mapa de la figura 9 la superficie quemada por CCAA se gradúa por colores, desde los más fríos (verde supone valores menores) a los más cálidos (rojo implica valores máximos), mientras que el número de incendios forestales se representa por círculos de tamaño proporcional. Destaca la posición de Galicia y Castilla y León como las comunidades que más incendios y superficie calcinada registran con diferencia del resto del conjunto. En situación opuesta, con valores de superficie quemada por debajo del 0,6%, encontramos comunidades como las de Navarra, Murcia, y La Rioja.

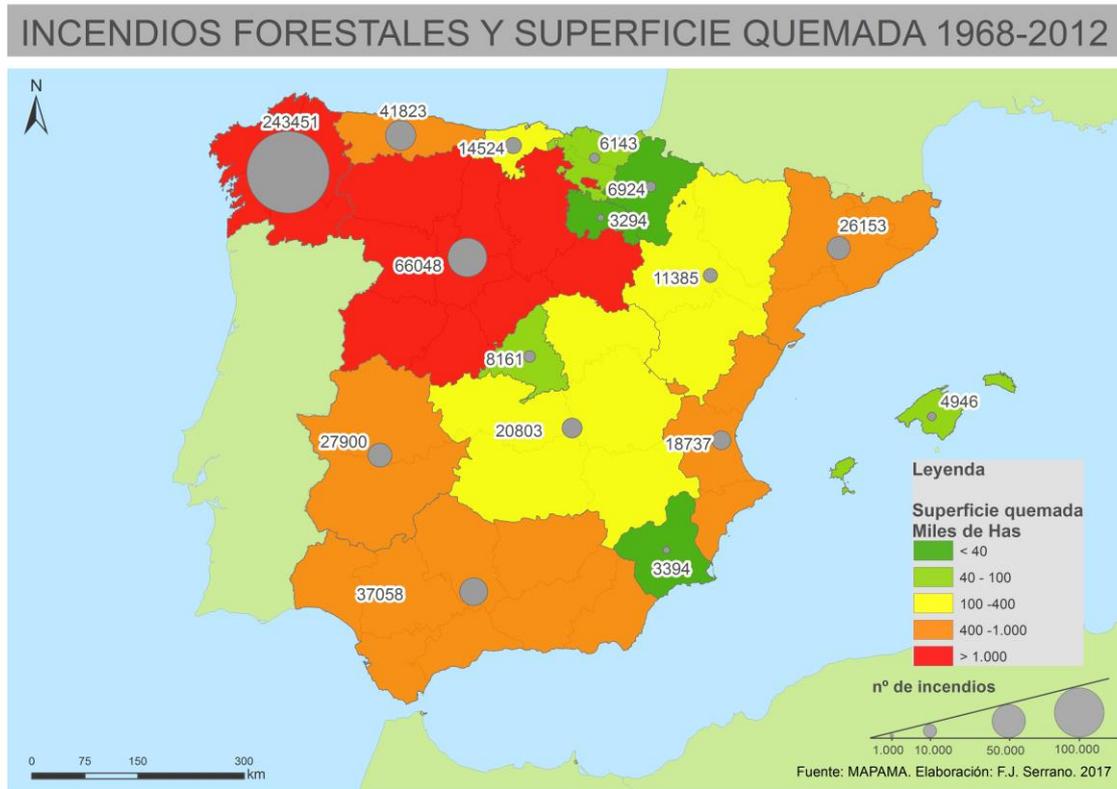


Figura 9. Mapa autonómico de incendios forestales y superficie quemada (1968-2012). La clasificación de los datos relativos a la superficie quemada se ha basado en el método de rupturas naturales, caracterizado por agrupar mejor los valores similares maximizando las diferencias entre clases según el algoritmo de Jenks. Elaboración propia.

Por otra parte, la Comunidad Valenciana registra un bajo porcentaje de incendios en relación con el conjunto del ámbito de estudio (3,5%), sin embargo, presenta el valor promedio más alto de superficie por incendio, con 38,7 has, seguida de Castilla y León (20,1 has), Extremadura (19,5 has) y Cataluña (18,3 has), lo que denota la recurrencia de grandes incendios forestales. Paradójicamente, uno de los valores promedio más dicreto de superficie por incendio se registra en Galicia (7,4 has), a pesar de que es la comunidad donde tiene lugar un mayor porcentaje de incendios (45%). Sólo encontramos tres CCAA por debajo del valor promedio gallego: País Vasco (7,2 has), Madrid (7,1 has) y Navarra (4 has).

Otras CCAA que registran bajos porcentajes de incendios, como Aragón (2,1%), Cantabria (2,7%) o Murcia (0,6%), presentan valores promedio de superficie quemada por incendio en torno a 11 y 15 has.

La variabilidad de la superficie de los incendios en todas las CCAA es muy alta, tal y como reflejan sus diferentes coeficientes de variación (tabla 3), con valores incluso superiores al mil por cien, como en el caso de Andalucía (1.030%), Comunidad Valenciana (1.321%), Murcia (3.870%), Cataluña (1.383%), Castilla La Mancha (1.393%) y Aragón (1.482%). De hecho, todas estas CCAA han registrado algunos de los incendios más catastróficos en la historia reciente de nuestro país (tabla 4).

Por el contrario, los valores más bajos indican una mayor homogeneidad en la superficie quemada por los incendios, siendo Cantabria la comunidad que menor variabilidad presenta (282%).

En cuanto a los altos valores de variabilidad debemos tener en cuenta que la base de datos de incendios forestales utilizada en el presente estudio contempla un amplio rango de superficie quemada, desde los valores mínimos de 0,01 has para todas las CCAA, hasta los valores máximos para cada una de ellas relacionados en la tabla 4.

<i>Comunidad Autónoma</i>	<i>Has mayor incendio</i>	<i>% sup. quemada</i>	<i>Lugar</i>	<i>Fecha</i>
Andalucía	29.867	3,8	Río Tinto (Huelva)	27/07/2004
C. Valenciana	28.879	4,0	Cortes de Pallás (Valencia)	28/06/2012
Murcia	24.817	66,2	Cieza-Jumilla	04/07/1994
Cataluña	19.612	4,1	Masarac (Girona)	19/07/1986
Castilla La Mancha	17.859	5,7	S. Martín de Boniches (Cuenca)	17/07/1994
Aragón	16.832	10,0	Villarluengo (Teruel)	02/07/1994
Castilla y León	11.592	0,9	Castrocontrigo (León)	19/08/2012
Extremadura	9.901	1,8	Cañamero (Cáceres)	21/07/2005
Galicia	7.317	0,4	Cerdedo (Pontevedra)	04/08/2006
Asturias	6.138	1,3	Boal	17/02/1989
Madrid	2.783	4,8	Loyozuela	24/08/1985
I. Baleares	2.347	5,0	Andratx	26/07/2013
Navarra	2.152	7,8	Sunbilla	16/12/1989
La Rioja	1.930	7,2	Ventrosa	15/08/1986
País Vasco	1.727	3,9	Astigarraga-Oyarzun (Guipúzcoa)	27/02/1975
Cantabria	1.125	0,6	indeterminado	25/04/1974

Tabla 4. Superficie de los mayores incendios por CCAA y porcentaje que representan respecto a la superficie quemada total de la misma para el periodo de estudio (1968-2012). Fuente MAPAMA. Elaboración propia.

5.2.1 Índice de recurrencia.

Debido a la desigualdad del número de incendios existente entre las diferentes CCAA, para poder realizar su comparación interesa averiguar el grado de conexión entre éstos y la superficie forestal de cada una de ellas. Así, se ha elaborado un índice de recurrencia basado en la relación entre el número de incendios registrado durante todo el periodo de estudio (45 años) en cada comunidad autónoma (tabla 3) y su superficie forestal por cada diez mil hectáreas. Es un índice normalizado que también se denomina de frecuencia (Hernández, 2007). Generalmente para las comparaciones en estudios similares se utiliza la incidencia media anual, representada en número de incendios al año por cada 10.000 hectáreas forestales. Además, en el presente trabajo también se muestra el dato referente a la recurrencia total del periodo analizado. Los resultados se presentan en la tabla 5 y figuras 10 y 11.

Comunidad Autónoma	Superficie Forestal. Has	% Superficie Forestal	Índice Recurrencia (P=45 años)	Recurrencia media anual
Andalucía	4.467.070	16,4	83,0	1,8
Aragón	2.615.332	9,6	43,5	0,9
Asturias	770.479	2,8	542,8	12,1
C. Valenciana	1.267.036	4,7	147,9	3,3
Cantabria	364.317	1,3	398,7	8,9
Castilla La Mancha	3.597.537	13,2	57,8	1,3
Castilla y León	4.815.357	17,7	137,2	3,0
Cataluña	1.936.953	7,1	135,0	3,0
Extremadura	2.727.858	10,0	102,3	2,3
Galicia	2.040.754	7,5	1192,9	26,5
I. Baleares	222.163	0,8	222,6	4,9
La Rioja	310.952	1,1	105,9	2,4
Madrid	438.262	1,6	186,2	4,1
Murcia	511.364	1,9	66,4	1,5
Navarra	594.368	2,2	116,5	2,6
País Vasco	491.786	1,8	124,9	2,8

Tabla 5. Número de incendios, superficie forestal e Índices de recurrencia de incendios forestales por C.A. para el periodo de estudio (1968-2012). Fuente MAPAMA. Elaboración propia.

Como puede observarse en las figuras 10 y 11, no necesariamente las CCAA con una mayor superficie forestal son las que registran un mayor índice de recurrencia media anual (nº de incendios al año por cada 10.000 hectáreas forestales), sino que son las de la fachada NW-N de la Península Ibérica, la denominada “España verde”, como Galicia (26,51), Asturias (12,06) y Cantabria (8,86), las que superan ampliamente el promedio anual del total del conjunto (5,09), consecuencia de un alto porcentaje de intencionalidad en el origen de los incendios (Vélez, 2000). En el extremo opuesto figuran CCAA con una gran superficie forestal, incluso mayor que Galicia, como Aragón (0,97), seguida de Castilla La Mancha (1,29), Andalucía (1,84) o Extremadura (2,27).

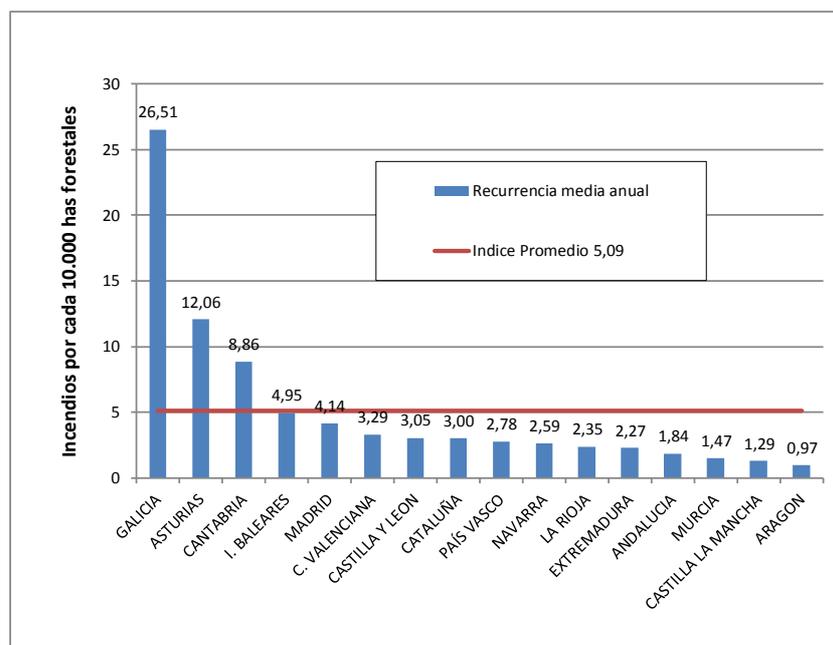


Figura 10. Índice de recurrencia media anual de incendios forestales por C.A. para el periodo 1968-2012 (Nº de incendios por cada 10.000 has de superficie forestal). Fuente MAPAMA. Elaboración propia.

ÍNDICE DE RECURRENCIA DE INCENDIOS FORESTALES 1968-2012

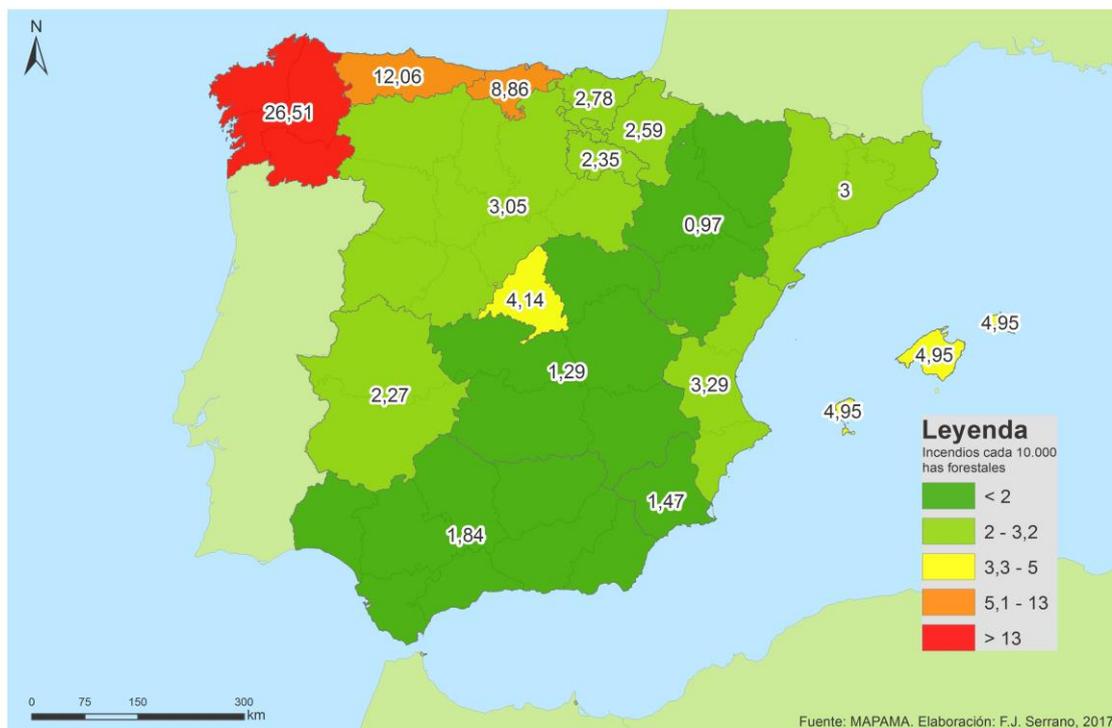


Figura 11. Mapa del índice de recurrencia media anual de incendios forestales por C.A. para el periodo 1968-2012 (Nº de incendios por cada 10.000 has de superficie forestal). Fuente MAPAMA. Elaboración propia. La clasificación de los datos se ha basado en el método de rupturas naturales, caracterizado por agrupar mejor los valores similares maximizando las diferencias entre clases según el algoritmo de Jenks. Elaboración propia.

El mapa autonómico del índice de recurrencia de incendios forestales se gradúa por colores al igual que en la figura 9, desde los más fríos (verde supone valores menores) a los más cálidos (rojo implica valores máximos).

5.2.2 Incendios y superficie quemada según tipos de tiempo por CCAA

Una vez evaluado el número total de hectáreas quemadas durante el periodo de estudio por cada CA en la tabla 3, y analizada la superficie afectada en relación con cada tipo de tiempo, obtenemos los resultados de la tabla 6, que se representan en los gráficos en forma de rosas de los vientos de la figura 12 y en el Anexo I.

Las advecciones responsables del mayor porcentaje de superficie quemada en la mayoría de las CCAA son las del primer cuadrante, las más frecuentes entre los meses de junio y septiembre (figura 8), destacando el flujo del E en las del occidente e interior peninsular. En estos meses de verano, los más cálidos, el flujo E procedente del Mediterráneo muestra un gradiente de este a oeste, generando un efecto refrescante en el litoral y un calentamiento adiabático en el interior y occidente peninsular al atravesar las cordilleras paralelas a la costa.

	<i>N</i>	<i>NE</i>	<i>E</i>	<i>SE</i>	<i>S</i>	<i>SW</i>	<i>W</i>	<i>NW</i>	<i>A</i>	<i>C</i>
ANDALUCÍA	18,6	21,0	20,3	6,7	1,4	0,6	3,6	8,0	17,0	2,7
ARAGÓN	10,5	9,2	8,3	5,7	1,0	0,9	12,1	10,0	26,9	15,5
ASTURIAS	2,3	3,5	17,5	18,1	7,2	10,9	5,6	2,4	28,8	3,7
C. VALENCIANA	20,3	13,4	7,9	1,9	0,5	0,9	11,3	26,6	12,6	4,6
CANTABRIA	0,9	1,2	7,9	19,8	11,0	20,0	7,8	1,2	26,3	3,8
CASTILLA Y LEÓN	8,3	9,5	27,2	15,2	3,7	2,1	2,7	3,6	22,4	5,4
CASTILLA LA MANCHA	31,6	16,1	17,8	6,2	0,5	1,8	2,3	5,9	12,4	5,2
CATALUÑA	29,2	9,7	23,6	6,5	1,0	0,5	5,2	11,2	11,6	1,6
EXTREMADURA	11,5	15,0	28,7	12,8	2,0	1,1	1,1	4,2	20,4	3,2
GALICIA	4,9	11,9	38,1	17,4	3,8	2,6	0,7	1,2	14,5	4,8
I. BALEARES	17,2	9,8	13,4	6,4	0,1	1,4	7,1	23,5	13,4	7,8
LA RIOJA	11,6	4,2	16,2	15,1	3,4	10,0	6,0	4,2	24,6	4,7
MADRID	12,6	12,8	21,8	11,2	0,6	1,2	1,1	11,1	23,8	3,7
MURCIA*	72,3	6,6	6,2	1,3	0,3	1,1	1,2	4,0	4,1	2,9
NAVARRA	3,3	5,9	14,9	19,0	7,2	20,4	6,7	1,5	16,8	4,2
PAÍS VASCO	1,3	1,2	5,7	10,4	17,3	34,3	6,9	2,5	15,7	4,7

Tabla 6. Porcentaje de la superficie quemada en cada C.A. (1968-2012) según tipo de tiempo. Fuente MAPAMA. Elaboración propia.

Los flujos del NW, N y NE son los que más afectan a las CCAA del arco mediterráneo. Son vientos que tras superar la Cordillera Pirenaica y el Sistema Ibérico se tornan fuertes y secos.

El porcentaje de superficie quemada con los tipos de tiempo del S, SE, si bien no alcanza el valor máximo en ninguna de las CCAA, junto a los flujos del SW son los más destructivos en la fachada norte de la Península. Son vientos cálidos y secos, que procedentes de la meseta experimentan un calentamiento al atravesar la Cordillera Cantábrica.

En cuanto a los tipos de tiempo puros se evidencia que la mayor parte de la superficie quemada se da en condiciones de estabilidad atmosférica (A), principalmente en las CCAA del interior peninsular.

Para analizar con mayor detalle la relación de los diferentes tipos de tiempo con el número de incendios, la superficie quemada, porcentajes, superficie media e índices de variabilidad en cada una de las CCAA se han confeccionado las tablas que figuran en el Anexo II.

De la misma manera se ha procedido al análisis de la máxima superficie calcinada en un mismo día por cada tipo de tiempo y C.A., mostrando los resultados en la tabla 7 y su representación en las rosas de los vientos de la figura 13.

Los resultados obtenidos para trece de las dieciséis CCAA reflejan la coincidencia entre el tipo de tiempo responsable del máximo porcentaje de superficie quemada en un mismo día con alguna de las dos situaciones sinópticas en las que más hectáreas se han quemado durante el periodo de estudio. Sin embargo, en las otras tres comunidades el máximo diario de superficie quemada ha tenido lugar con un tipo de tiempo responsable de un porcentaje de superficie quemada relativamente bajo: Extremadura con SE, La Rioja con N y Madrid con NW.

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	A	C
ANDALUCÍA	1,0	3,8	1,5	0,6	0,6	0,1	1,3	0,6	1,3	0,2
ARAGÓN	1,7	1,6	0,7	1,1	0,5	0,1	5,7	1,1	10,0	4,2
ASTURIAS	0,4	0,2	0,7	0,7	0,5	1,5	0,7	0,6	2,3	0,2
C. VALENCIANA	6,5	3,3	1,1	0,2	0,2	0,3	2,1	4,0	4,2	1,7
CANTABRIA	0,1	0,1	0,4	1,1	0,5	1,0	0,4	0,1	1,4	0,6
CASTILLA Y LEÓN	0,5	0,4	0,7	0,5	0,8	0,2	0,7	0,3	0,9	0,4
CASTILLA LA MANCHA	5,7	1,7	1,1	0,8	0,1	1,2	0,5	0,5	0,8	0,8
CATALUÑA	7,9	0,9	5,2	2,6	0,3	0,0	1,9	2,2	1,1	0,1
EXTREMADURA	1,0	1,4	2,2	3,2	0,3	0,5	0,2	0,8	1,2	0,5
GALICIA	0,2	0,4	0,8	0,3	0,2	0,3	0,1	0,1	0,3	0,2
I. BALEARES	2,0	1,4	2,2	3,1	0,0	0,4	1,4	4,4	1,9	2,2
LA RIOJA	7,2	1,1	1,3	4,5	0,6	1,6	1,1	0,5	5,0	0,6
MADRID	1,7	1,4	2,5	1,9	0,1	0,2	0,2	4,9	3,8	0,7
MURCIA*	66,2	3,6	2,2	0,7	0,1	0,7	0,3	1,7	1,0	1,0
NAVARRA	0,3	2,2	1,6	6,0	1,0	8,4	2,8	0,3	1,0	0,9
PAÍS VASCO	0,2	0,5	1,0	1,1	4,0	6,5	1,6	1,3	1,7	0,7

Tabla 7. Porcentaje de la superficie máxima quemada en un solo día en cada C.A por cada tipo de tiempo.
Fuente MAPAMA. Elaboración propia.

La variabilidad de la magnitud de los máximos por tipo de tiempo en relación con el total acumulado de cada comunidad es igualmente dispar. Tal y como se puede ver en las correspondientes rosas de los vientos de la figura 13, el máximo diario de superficie quemada por cada tipo de tiempo en las CCAA del norte (Asturias y Cantabria) y el occidente peninsular (Galicia, Castilla y León y Extremadura), en ningún caso representan porcentajes que alcancen el 2%, lo que indica la homogeneidad de la superficie calcinada por los incendios que registran, independientemente del tipo de tiempo con el que se originen.

Por otra parte, hay comunidades en las que determinados tipos de tiempo son responsables de una importante contribución de superficie quemada a su total acumulado. Así el flujo N contribuye con el 5,7% en Castilla La Mancha, el 7,2% en La Rioja, el 7,9% en Cataluña y el 66,2% en Murcia. El flujo NW contribuye con el 4,9% en Madrid. El flujo SW es el que más importancia tienen en Navarra (8,4%) y País Vasco (6,5%). Finalmente, en Aragón la mayor contribución se ha dado en condiciones A; 10%.

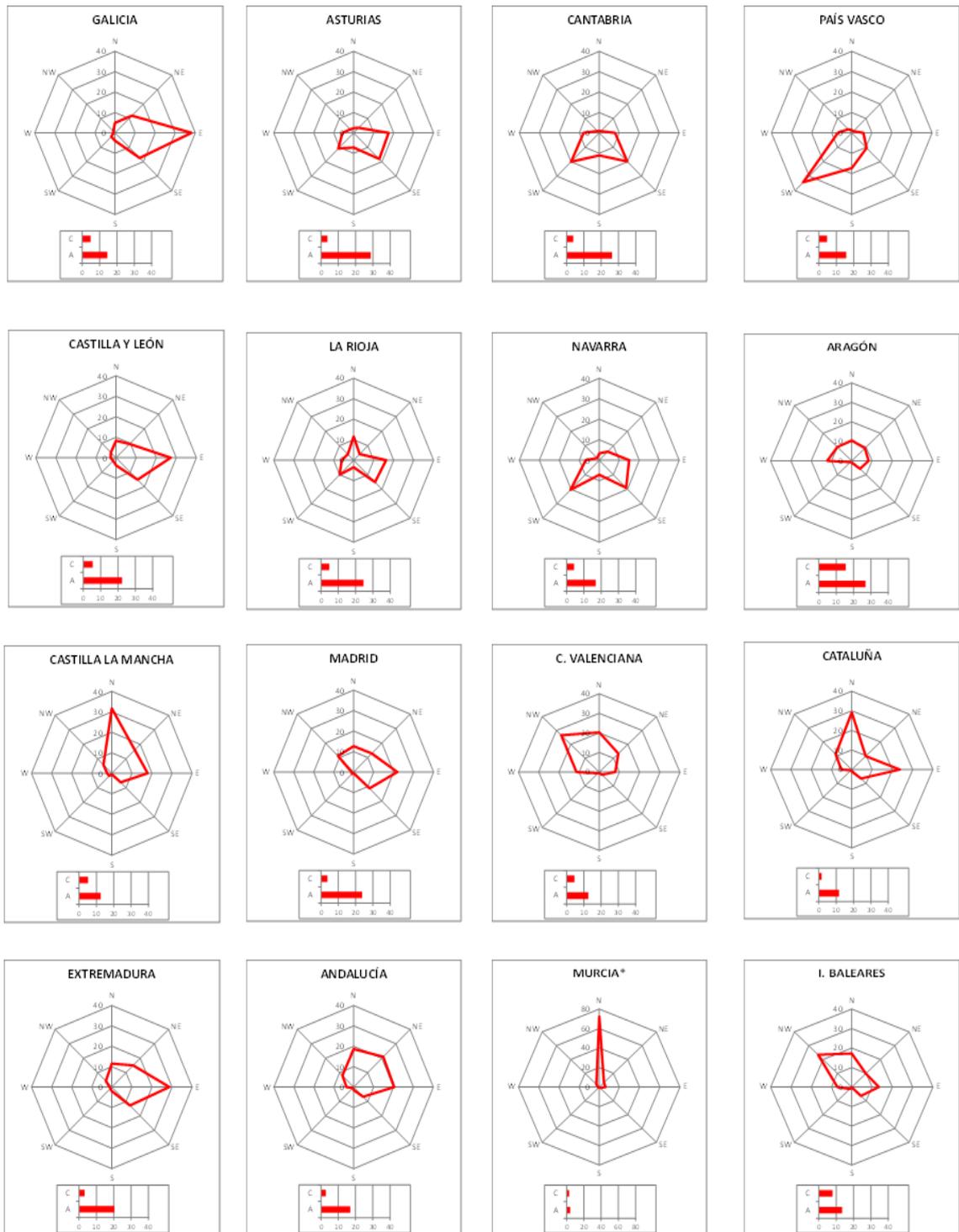


Figura 12. Porcentaje de la superficie total quemada en una C.A., según el tipo de tiempo (1968-2012). Escala de 0 a 40% en todos los casos excepto en el de Murcia que se duplica hasta el 80%. Fuente MAPAMA. Elaboración propia.

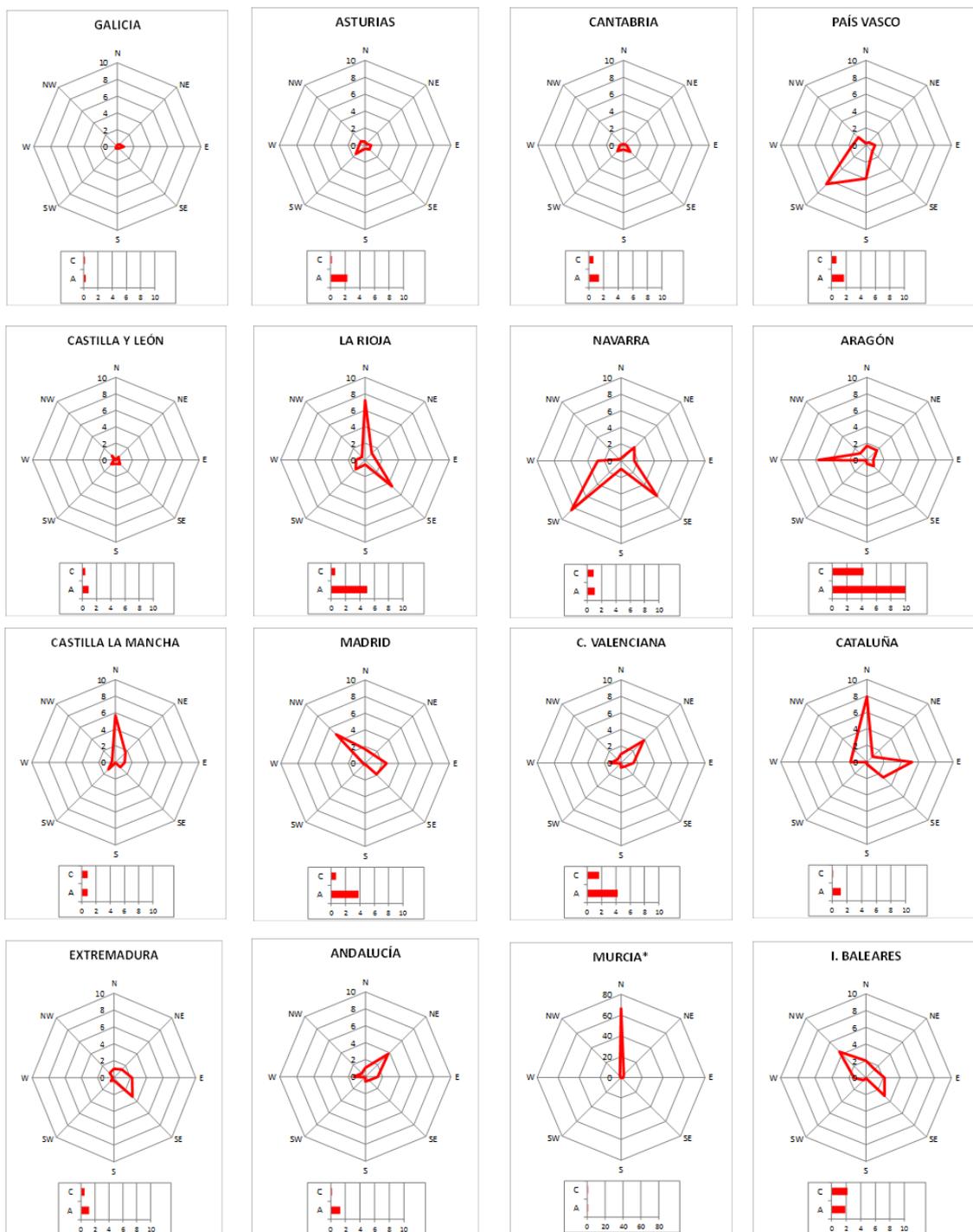


Figura 13. Porcentaje de la superficie máxima quemada en un solo día por C.A., según el tipo de tiempo (1968-2012). Escala de 0 a 10% en todos los casos excepto en el de Murcia que se multiplica hasta el 80%. Fuente MAPAMA. Elaboración propia.

6 Discusión y conclusiones.

6.1 Diferencias espaciales de la relación entre frecuencia de los incendios forestales, superficie quemada y tipos de tiempo.

Los resultados del presente trabajo permiten concluir que la frecuencia de los incendios forestales en cada comunidad autónoma es muy variable y que la mayor o menor dimensión de los mismos viene determinada, en parte, por el tipo de tiempo o patrón de circulación atmosférica que se registra en el momento de la ignición.

Si bien, en el origen y posterior evolución de un incendio forestal intervienen las condiciones meteorológicas previas y de los días siguientes, debo señalar que en el presente estudio sólo se tiene en cuenta el tipo de tiempo del día de la ignición, por lo que si el incendio dura varios días, la magnitud final del mismo pudiera no tener relación directa con el tipo de tiempo inicial.

En general, el comportamiento del fuego parece sugerir tres áreas específicas en la Península.

6.1.1 Occidente e interior peninsular.

La zona que registra el mayor número de incendios en el ámbito de estudio es la franja occidental peninsular. Galicia, Castilla y León y Extremadura registran el 62,4% de los incendios forestales, con el 52,1% del total de la superficie quemada. El índice de recurrencia de estas CCAA presenta valores dispares. Mientras que Galicia lidera ostensiblemente esta clasificación con un registro anual de 26,51 incendios por cada 10.000 has forestales, Castilla y León y Extremadura presentan valores por debajo de la media del conjunto (3,05 y 2,27 respectivamente).

La mayor parte de la superficie quemada se debe a incendios que tienen lugar con flujos de componente E, los más frecuentes en verano. En Galicia representan el 38,1%, en Castilla y León el 27,2% y en Extremadura el 28,7%.

En estos meses cálidos y secos las advecciones del E, masas de aire procedentes del mar Mediterráneo, al traspasar las cordilleras paralelas a la costa y el Sistema Ibérico, experimentan un calentamiento adiabático gradual con un descenso de la humedad relativa del aire en su recorrido hacia el oeste, provocando un incremento adicional de las temperaturas y favoreciendo de este modo el desarrollo de los incendios. Similares resultados fueron obtenidos por Pereira et al. (2009) en el caso de Portugal, y Rivas et al. (2013) en el oeste de la Península Ibérica.

De las 16 CCAA, Galicia registra los valores porcentuales más bajos en superficie calcinada por el mayor de los incendios forestales en los distintos tipos de tiempo, sin alcanzar en ningún caso el 1%. El porcentaje más alto (0,8%) es precisamente con un tipo de tiempo del E. En idéntica situación se encuentra Castilla y León, cuyo incendio más grave, registrado con un tipo de tiempo A, representa un 0,9%. Por último, en el caso de Extremadura su mayor incendio, producido con una situación del SE, representa el 3,2%.

El resto de CCAA del interior (Aragón, La Rioja, Navarra, Comunidad de Madrid y Castilla La Mancha) registran cifras individuales mucho más modestas, tal y como se refleja en la tabla 3. En estas comunidades observamos, en general, que la mayor parte de la superficie quemada se registra con flujos de componente E, que son los más frecuentes en el periodo estival (figura 7), aunque algunas CCAA presentan ligeras variaciones.

La mayor parte de la superficie afectada por el fuego en Aragón (26,9%), La Rioja (24,6%) y en Madrid (23,8%) ha sido en condiciones de estabilidad atmosférica (A). Sin embargo, mientras en Aragón el incendio más grave (10% del total de su superficie quemada) se ha registrado en esta misma situación A, en el caso de La Rioja el suceso más grave (7,2 de superficie) tuvo lugar con flujos del N y en la Comunidad de Madrid (4,9%) con flujos del NW.

En Castilla La Mancha la mayor parte de la superficie calcinada (31,6%) se ha registrado con flujo del N. Es un viento seco al haber atravesado la cornisa cantábrica, la meseta norte y el Sistema Central, responsable a su vez del incendio más grave de esta comunidad, el 5,7% de la superficie quemada total.

En Navarra el flujo que más incidencia tiene en la superficie quemada es el SW, el tipo de tiempo responsable del mayor incendio en esta comunidad, con una superficie afectada del 8,4% del total acumulado.

6.1.2 Litoral mediterráneo

La segunda zona en importancia de incendios (16,7%) y superficie quemada (29,5%) es el litoral mediterráneo: Cataluña, C. Valenciana, I. Baleares, Murcia y Andalucía, a pesar de que el índice de recurrencia de las mismas se sitúa por debajo del valor medio del conjunto.

La mayor parte de la superficie quemada se registra con los flujos más frecuentes en la época estival, los de componente N, pero con variaciones desde el NW, N y NE hasta el E, según CCAA. Estas situaciones generan vientos caracterizados por su gran velocidad y su poder desecante, como la tramontana y el mistral. La tramontana es un viento frío, seco y violento, de componente N-NW, responsable de graves incendios en Cataluña y Baleares.

Los flujos del N son los responsables de la mayor parte de la superficie quemada en Cataluña con un 29,2% y Murcia con un 72,3%, mientras que en Andalucía es el flujo NE con un 21%.

En la Comunidad Valenciana (26,6%) e Islas Baleares (23,5%) los responsables son los tipos de tiempo del NW. El flujo NW es un viento cálido y seco que acentúa esos caracteres al descender hacia la costa con un marcado efecto foehn. El viento de Levante (E), un viento fuerte y racheado, también puede influir en la generación de graves incendios cuando el estado de humedad del combustible es muy bajo, derivado de condiciones meteorológicas pasadas (Molina et al, 1998). En el caso de Cataluña los flujos del E son los responsables del 23,6% de la superficie calcinada.

En cuanto a los incendios forestales más graves registrados en estas CCAA, en Cataluña tuvo lugar con una situación del N, representando el 7.9% del total de la superficie quemada acumulada en el periodo de estudio. En las Islas Baleares ocurrió con flujo del NW, con un 4,4% de la superficie. En la C. Valenciana sucedió con flujo N y un 6,5% de superficie, y en Andalucía con flujo del NE y un 3,8% de superficie.

En la región de Murcia los resultados reflejan un desproporcionado predominio de la situación sinóptica del N, que viene determinado por un solo suceso, el incendio forestal que tuvo lugar en las Sierras de Moratalla, Calasparra, Jumilla y Cieza el 4 julio de 1994, el cual quemó en esa ocasión 24.817 has, una superficie equivalente al 66,2% de toda la calcinada para esta comunidad durante el periodo de estudio (1968-2012).

6.1.3 Norte peninsular.

El número de incendios y la superficie quemada en las CCAA de la franja norte peninsular: Asturias, Cantabria y País Vasco, representan un porcentaje del 11,5% y del 10% respecto del total de la España peninsular y Baleares (tabla 3). Estos porcentajes podemos considerarlos relativamente altos teniendo en cuenta que su superficie forestal representa solamente el 5,9% del total del conjunto de estudio (tabla 4). Muestra de ello son los índices de recurrencia de Asturias (12,06) y Cantabria (8,86), el segundo y tercero más alto del conjunto (figura 10).

La mayor parte de la superficie quemada en Asturias y Cantabria se registra en mayor medida en situación A, con el 28,8% y el 26,3% respectivos. En el País Vasco se registra con advecciones del SW. Estos tipos de tiempo tienen escasa presencia en verano, siendo más frecuentes en invierno, por lo que la estacionalidad de los incendios en esta zona es absolutamente diferente a las demás. Los flujos del SW son favorecidos por una advección anómala seca y cálida procedente de la meseta ibérica y del norte de África, que tras atravesar la Cordillera Cantábrica y en el descenso de la misma hacia la costa, experimentan un calentamiento adiabático gradual, el ya nombrado efecto foehn. Esta combinación de advecciones cálidas y secas, denominadas “suradas” en Cantabria, favorece la propagación del fuego de las quemas agrarias en la zona durante el primer cuatrimestre del año, paradójicamente el más lluvioso (Carracedo et al, 2009).

En cuanto a las dimensiones de los incendios forestales más graves sucedidos en esta zona, en el caso de Asturias y Cantabria, y a pesar de sus elevados índices de recurrencia, no se han registrado incendios de una entidad considerable, puesto que la superficie máxima de los sucesos más graves por cada tipo de tiempo no supera el 1%, excepto en situación anticiclónica con el 2,3% para Asturias y el 1,4% para Cantabria.

Sin embargo, en el caso del País Vasco el suceso más grave registrado tuvo lugar con flujo del SW, representando el 6,5% de la superficie total quemada en esta comunidad para el periodo de estudio.

6.2 La casuística como factor de desigualdad en la variabilidad espacial de los incendios forestales.

Al estudiar la variabilidad espacial de la recurrencia de incendios hay que tener en cuenta que, en gran parte, es debida a la causalidad. Así, en Galicia el porcentaje de incendios cuyo origen fue intencionado para el periodo 1989-1995 supuso el 72,8%, con una motivación criminal del 49,1% (venganzas, conflictos, pirómanos) y con una motivación agrícola y ganadera del 23,7%, (Vélez, 2000). Las mismas motivaciones son la principal causa de los incendios en el resto de CCAA de toda la zona de influencia atlántica; Asturias con un 48,2%, Cantabria con el 86%, País Vasco con el 42,8%, Castilla y León con el 41,4% y Extremadura con el 52%. Por el contrario, y en el mismo periodo de 1989-1995, las causas naturales como los rayos fueron el origen de un volumen importante de incendios en comunidades como Aragón (38%) o Castilla La Mancha (29,4%), dos de las CCAA que presentan valores de los más bajos en los índices de recurrencia. En el resto de CCAA fueron las negligencias la principal causa de los incendios.

Analizado con posterioridad el decenio 2004-2013 se comprobó que los incendios de origen antrópico en el conjunto nacional supusieron el 96%, y seguían siendo los más numerosos los intencionados con un 53,86%, destacando en esta negativa clasificación las CCAA del noroeste con el 69,02% (MAPAMA, 2017c). En resumen, se puede afirmar que la causa principal del origen del incendio es muy diferente entre las distintas CCAA.

6.3 Conclusiones finales

La tendencia de la frecuencia de incendios, así como la de la superficie quemada en la España peninsular y Baleares es descendente desde mediados de los 90, habiéndose estabilizado en valores inferiores a las 10 has la superficie media por incendio en los últimos 20 años.

La mayor parte de la superficie quemada por los incendios se da principalmente en el periodo estival, cuando se registran incendios todos los días y en otro pico a finales de invierno y comienzo de primavera, en el que la probabilidad diaria de registrarse incendios es muy alta, si bien las consecuencias son distintas. El resto del año la probabilidad diaria de darse incendios forestales es igualmente alta.

Las Comunidades Autónomas que más incendios y superficie quemada registran son las del nor-noroeste peninsular, las de la “España verde”, seguidas de las comunidades del arco mediterráneo, y por último, las del interior.

A escala peninsular, se ha observado como las diferentes advecciones zonales generan un efecto foehn en las comunidades a sotavento de los sistemas montañosos, contribuyendo de este modo a la aparición y desarrollo de los incendios forestales. Los flujos del Este y Oeste están condicionados por la disposición perpendicular que les presentan el Sistema Ibérico y las Cordilleras Béticas, y los flujos del Norte y Sur por la disposición del Sistema Central y la Cordillera Cantábrica.

Así los flujos del Este y Noreste son los responsables de gran número de incendios y de la mayor parte de la superficie quemada en las comunidades del occidente e interior,

los flujos del NW y N en el arco mediterráneo, además de en las Islas Baleares. Finalmente, los flujos del SW, S y SE son los que en mayor medida afectan a las comunidades cantábricas y Navarra.

Este trabajo abre las puertas a profundizar en la investigación de la relación entre los incendios forestales y los tipos de tiempo a una escala más detallada, bien de carácter provincial, comarcal o por áreas homogéneas según sus características forestales, lo que podría ayudar a plantear estrategias de prevención y extinción más acertadas.

7 Agradecimientos.

A la Dirección General de Desarrollo Rural y Política Forestal de la Secretaría General de Silvicultura y Montes del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente por facilitar los datos de la Estadística General de Incendios Forestales y al Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio de la Universidad de Zaragoza por la cesión de los datos sobre la clasificación de los tipos de tiempo del proyecto “Desarrollo de índices de sequía sectoriales” (DESEMON), clave CGL2014-52135-C3-3-R.

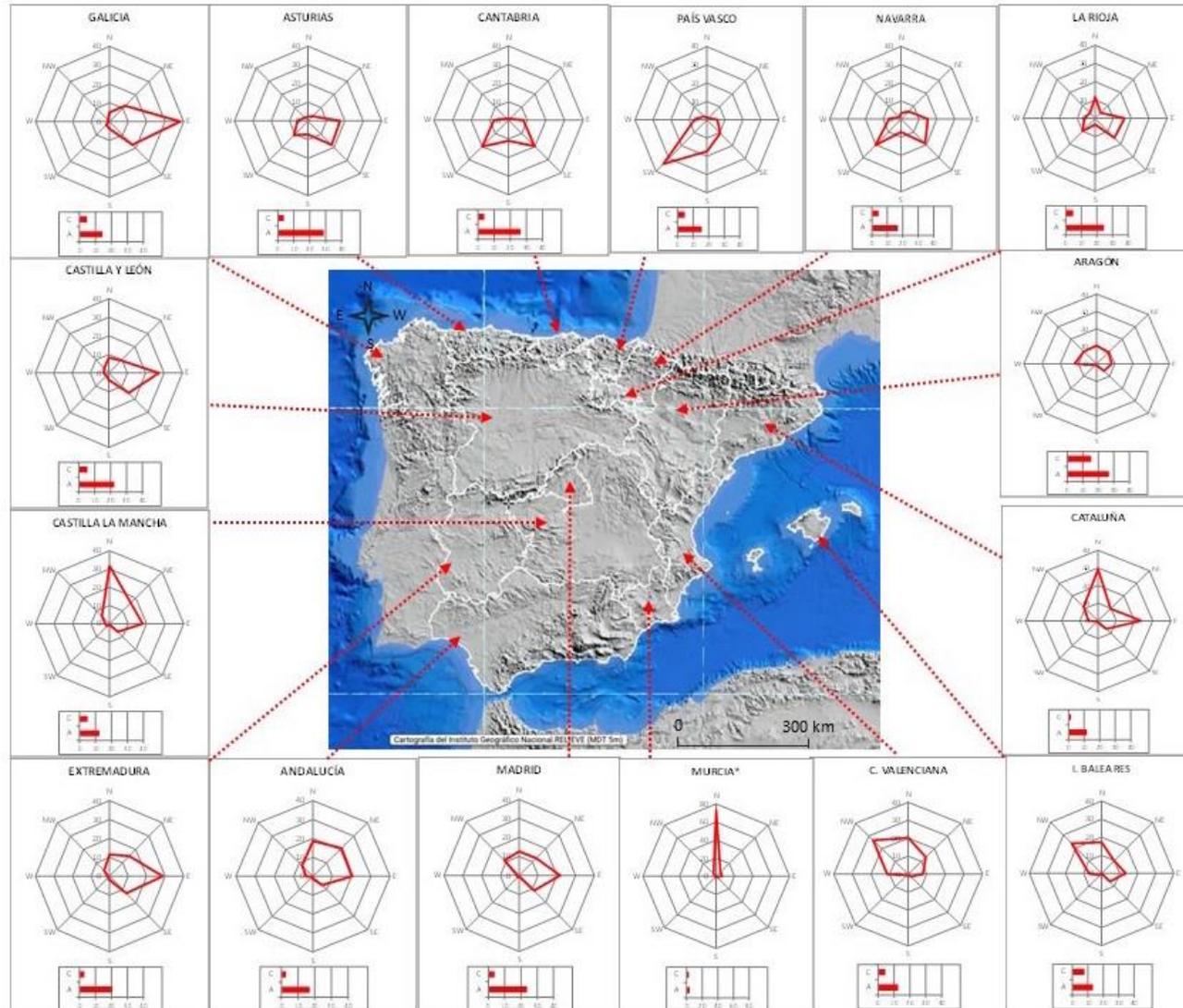
8 Bibliografía.

- Badía, A. y Valdeperas, N. (2015). "El valor histórico y estético del paisaje: claves para entender la vulnerabilidad de la interfaz urbano-forestal frente a los incendios". *Scripta Nova*, XIX, (521), pp. 1-26.
- Carracedo, V., Diego, C., García, J.C. y Rasilla, D.F. (2009) "Clima e incendios forestales en Cantabria: evolución y tendencias crecientes". *Pirineos*, 164, pp. 33-48.
- Cortesi, N., González-Hidalgo, J.C., Trigo, R.M. y Ramos, A.M. (2013). "Weather types and spatial variability of precipitation in the Iberian Peninsula". *International Journal of Climatology*, 34 (8), pp. 2661-2677.
- De Pablo, F., Tomás, C., Rivas, L., y Diego, L. (2009). "Winter circulation weather types and hospital admissions for cardiovascular, respiratory and digestive diseases in Salamanca, Spain". *International Journal of Climatology*, 29 (11), pp. 1692-1703.
- Ferreras, C. (2016). "Incêndios florestais em espanha. panorama atual e o interesse nos tipos de tempo para o conhecimento da sua frequência e riscos dos grandes incêndios florestais". *Territorium*, 8-2001, 37-49.
- García-Ortega, E., Trobajo, M.T., López, L., y Sánchez, J.L. (2011). "Synoptic patterns associated with wildfires caused by lightning in Castile and Leon, Spain". *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 11, pp. 851-863.
- Hernández, A. (2007). *Los incendios forestales en la provincia de Teruel. Índice de peligro básico*. Zaragoza: Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón.
- IDLCC. (2017). *Weather types*. Instituto Dom Liuz. Climatology and Climate Change Group. Disponible en: <http://idlcc.fc.ul.pt/research.php?id=2> [Consultado: 04-01-2017].
- INE. (2017). *Encuesta de Población Activa (EPA). Serie histórica*. Disponible en: http://www.ine.es/prensa/epa_tabla.htm [Consultado: 30-07-2017].
- Kassomenos, P. (2010). "Synoptic circulation control on wild fire occurrence". *Physics and Chemistry of the Earth*, 35, pp. 544-552.
- Levin, N. y Saaroni, H. (1999). "Fire Weather in Israel. Synoptic Climatological Analysis". *GeoJournal*, 47 (4), pp. 523-538.
- Lloret, F. (2008). "Régimen de incendios y regeneración". En: F., Valladares (ed). *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, pp. 103-128.
- MAPAMA (2012). *Estadística General de Incendios Forestales. Memoria*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Dirección General de Desarrollo Rural y Política Forestal. Subdirección General de Silvicultura y Montes. Disponible en: http://www.mapama.gob.es/es/develop-rural/estadisticas/Incendios_default.aspx [Consultado: 05-06-2017].
- MAPAMA. (2017a) *Informe Anual de Indicadores: Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente 2016*, Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. Secretaría General Técnica. Centro de Publicaciones, Madrid.
- MAPAMA (2017b). *Análisis y Prospectiva. Serie Indicadores. Nº 19.*, Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid.

- MAPAMA (2017c). *Información resumida de los incendios forestales en España*. Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. Disponible en: http://www.mapama.gob.es/es/desarrollo-rural/estadisticas/tripticoincendios-junio2015v6_tcm7-462270.pdf [Consultado: 01-06-2017]
- Mataix-Solera, J., y Cerdà, A. (2009). "Incendios forestales en España. Ecosistemas terrestres y suelos". En: A. Cerdà y J. Mataix-Solera (eds.). *Efectos de los incendios forestales sobre los suelos en España. El estado de la cuestión visto por los científicos españoles*. Valencia: Càtedra de Divulgació de la Ciència. Universitat de Valencia, pp. 25-53.
- Mérida, J.C. (2000). "Factores ambientales. Factores meteorológicos". En R. Vélez (ed). *La defensa contra los incendios forestales: Fundamentos y experiencias*. Madrid: McGraw-Hill Interamericana, pp. 8.1-8.8.
- Molina, D.M., Bardají, M., y Castellnou, M. (1998). "Probabilidad de ignición, grandes incendios y dificultad de extinción". *Ecología*, 12, pp. 333-350.
- Montserrat, D. (1998). "Situaciones sinópticas relacionadas con el inicio de los grandes incendios forestales en Cataluña". *Nimbus*, 1-2, 93-112.
- Nadal-Romero, E., González-Hidalgo, J., Cortesi, N., Desir, G., Gómez, J., Lasanta, T., Lucía, A., Marín, C., Martínez-Murillo, J., y Pacheco, E. (2015). "Relationship of runoff, erosion and sediment yield to weather types in the Iberian Peninsula", *Geomorphology*, 228, pp. 372-381.
- Pausas, J.G. (2012). *Incendios forestales. Una visión desde la ecología*. Madrid: CSIC y Los libros de la catarata.
- Peña, D., González-Hidalgo, J.C., Trigo, R.M., y Cortesi, N. (2016). "La variabilidad espacial de las temperaturas en la Península Ibérica explicada por los tipos de tiempo de circulación zonal: Este y Oeste. Un posible efecto Föhn a escala peninsular", *X Congreso Internacional AEC: Clima, sociedad, riesgos y ordenación del territorio*. Universidad de Alicante. Instituto Interuniversitario de Geografía; Asociación Española de Climatología.
- Pereira, M.G., Trigo, R.M., Da Camara, C.C., Pereira, J.M.C., y Leite, S.M. (2005). "Synoptic patterns associated with large summer forest fires in Portugal". *Agricultural and Forest Meteorology*, 129 (1), pp. 11-25.
- Pereira, M., Trigo, R., y Da Camara, C. (2009). "Weather types and the regime of wildfires in Portugal". *EGU General Assembly Conference Abstracts*, pp. 11716.
- Ramos, A., Cortesi, N., y Trigo, R.M. (2014). "Circulation weather types and spatial variability of daily precipitation in the Iberian Peninsula". *Frontiers in Earth Science*, 2, pp. 25. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/feart.2014.00025> [Consultado: 10-06-2017]
- Rasilla, D.F., García-Codrón, J.C., Carracedo, V., y Diego, C. (2010). "Circulation patterns, wildfire risk and wildfire occurrence at continental Spain". *Physics and Chemistry of the Earth*, 35, pp. 553-560.
- Rivas, L., Tomás, C., De Pablo, F., y García, E. (2013). "Circulation weather types and wildland forest fires in the western Iberian Peninsula". *International Journal of Climatology*, 33, pp. 1401-1408.
- Ruffault, J., Moron, V., Trigo, R., y Curt, T. (2017). "Daily synoptic conditions associated with large fire occurrence in Mediterranean France: evidence for a wind driven fire regime". *International Journal of Climatology*, 37 (1), pp. 524-533.
- Trigo, R.M., y Da Camara, C.C. (2000). "Circulation weather types and their influence on the precipitation regime in Portugal". *International Journal of Climatology*, 20(13), pp. 1559-1581.

- Vélez, R. (2000). "Los incendios forestales en la cuenca mediterránea". En R. Vélez (ed.). *La defensa contra los incendios forestales: Fundamentos y experiencias*. Madrid: McGraw-Hill Interamericana, pp. 3.1-3.52.
- Wastla, C., Schunka, C., Lüpkea, M., Coccab, G., Conederac, M., Valesed, E., y Menzela, A. (2013). "Large-scale weather types, forest fire danger, and wildfire occurrence in the Alps". *Agricultural and Forest Meteorology*, 168, pp. 15-25.

9 Anexo I. Superficie quemada según tipos de tiempo y CCAA



Porcentaje de la superficie total quemada en una C.A., según el tipo de tiempo (1968-2012). Escala de 0 a 40% en todos los casos excepto en el de Murcia que se duplica hasta el 80%. Fuente MAPAMA. Elaboración propia.

Fuente de la imagen: Visor Iberpix 4 del IGN.

Tal y como se puede observar los flujos del Este son los responsables de la mayor parte de la superficie quemada en las CCAA del interior y occidente peninsular situadas a sotavento del Sistema Ibérico y las Cordilleras Béticas.

El mismo efecto producen los flujos del Norte y Noroeste en las CCAA del litoral mediterráneo con los mismos sistemas montañosos, además de los Pirineos, así como los flujos del Sur en las CCAA de la fachada norte peninsular a sotavento de la Cordillera Cantábrica.

10 Anexo II. IFF y superficie quemada según tipos de tiempo y CCAA

		Andalucía							Aragón							Asturias							C. Valenciana										
		%							%							%							%										
		media							media							media							media										
WT		IFF	% IFF	Superficie	Superficie	Desvest	IF	CV	IFF	% IFF	Superficie	Superficie	Desvest	IF	CV	WT		IFF	% IFF	Superficie	Superficie	Desvest	IF	CV	WT		IFF	% IFF	Superficie	Superficie	Desvest	IF	CV
N		5.397	14,6	147.707	18,6	570,2	27,4	20,8	1.370	12,0	17.694	10,5	168,7	12,9	13,1	N		1.408	3,4	11.009	2,3	112,9	7,8	14,4	N		2.855	15,2	146.839	20,3	1610,9	51,4	31,3
NE		5.523	14,9	166.413	21,0	1049,5	30,1	34,8	1.481	13,0	15.516	9,2	163,8	10,5	15,6	NE		2.139	5,1	16.828	3,5	87,2	7,9	11,1	NE		2.326	12,4	96.877	13,4	973,2	41,6	23,4
E		7.675	20,7	161.239	20,3	528,7	21,0	25,2	2.136	18,8	13.974	8,3	64,0	6,5	9,8	E		6.747	16,1	83.301	17,5	217,8	12,3	17,6	E		3.011	16,1	57.519	7,9	341,2	19,1	17,9
SE		3.078	8,3	52.917	6,7	297,1	17,2	17,3	993	8,7	9.689	5,7	105,7	9,8	10,8	SE		7.385	17,7	86.478	18,1	276,0	11,7	23,6	SE		1.174	6,3	13.925	1,9	123,3	11,9	10,4
S		679	1,8	11.335	1,4	359,8	16,7	21,6	301	2,6	1.646	1,0	72,2	5,5	13,2	S		2.999	7,2	34.167	7,2	256,9	11,4	22,5	S		249	1,3	3.793	0,5	147,4	15,2	9,7
SW		669	1,8	5.151	0,6	65,3	7,7	8,5	382	3,4	1.554	0,9	26,4	4,1	6,5	SW		3.745	9,0	51.875	10,9	455,6	13,9	32,9	SW		420	2,2	6.762	0,9	177,3	16,1	11,0
W		1.396	3,8	28.599	3,6	547,2	20,5	26,7	536	4,7	20.440	12,1	646,3	38,1	16,9	W		3.086	7,4	26.821	5,6	196,7	8,7	22,6	W		1.473	7,9	81.819	11,3	905,0	55,5	16,3
NW		3.214	8,7	63.398	8,0	341,8	19,7	17,3	870	7,6	16.906	10,0	186,3	19,4	9,6	NW		1.250	3,0	11.542	2,4	179,0	9,2	19,4	NW		2.505	13,4	192.832	26,6	1443,9	77,0	18,8
A		7.548	20,4	134.401	17,0	390,8	17,8	21,9	2.463	21,6	45.440	26,9	532,8	18,4	28,9	A		10.936	26,1	137.330	28,8	372,0	12,6	29,6	A		3.770	20,1	91.219	12,6	764,8	24,2	31,6
C		1.879	5,1	21.730	2,7	145,8	11,6	12,6	853	7,5	26.120	15,5	537,7	30,6	17,6	C		2.128	5,1	17.448	3,7	128,3	8,2	15,6	C		954	5,1	33.228	4,6	721,6	34,8	20,7
Total		37.058	100,0	792.891	100,0	561,2	21,4	26,2	11.385	100,0	168.981	100,0	341,7	14,8	23,0	Total		41.823	100,0	476.799	100,0	278,0	11,4	24,4	Total		18.737	100,0	724.812	100,0	966,5	38,7	25,0

		Cantabria							Castilla La Mancha							Castilla y León							Cataluña										
		%							%							%							%										
		media							media							media							media										
WT		IFF	% IFF	Superficie	Superficie	Desvest	IF	CV	IFF	% IFF	Superficie	Superficie	Desvest	IF	CV	WT		IFF	% IFF	Superficie	Superficie	Desvest	IF	CV	WT		IFF	% IFF	Superficie	Superficie	Desvest	IF	CV
N		255	1,8	1.765	0,9	22,7	6,9	3,3	2.670	12,8	99.311	31,6	1024,0	37,2	27,5	N		6.333	9,6	109.816	8,3	341,8	17,3	19,7	N		3.535	13,5	139.430	29,2	1487,0	39,4	3,7
NE		335	2,3	2.238	1,2	27,7	6,7	4,2	3.262	15,7	50.707	16,1	297,7	15,5	19,2	NE		8.178	12,4	125.546	9,5	287,2	15,4	18,7	NE		3.699	14,1	46.326	9,7	261,0	12,5	20,8
E		1.601	11,0	15.214	7,9	67,6	9,5	7,1	4.422	21,3	56.072	17,8	216,9	12,7	17,1	E		15.895	24,1	360.210	27,2	554,2	22,7	24,5	E		5.212	19,9	112.880	23,6	717,5	21,7	33,1
SE		2.651	18,3	37.901	19,8	185,1	14,3	12,9	1.939	9,3	19.590	6,2	150,4	10,1	14,9	SE		9.081	13,7	200.946	15,2	493,4	22,1	22,3	SE		2.186	8,4	30.941	6,5	492,8	14,2	34,8
S		1.518	10,5	21.181	11,0	152,4	14,0	10,9	377	1,8	1.653	0,5	33,4	4,4	7,6	S		1.953	3,0	49.438	3,7	743,4	25,3	29,6	S		509	1,9	4.789	1,0	124,2	9,4	13,2
SW		2.127	14,6	38.385	20,0	227,9	18,0	12,6	426	2,0	5.747	1,8	283,9	13,5	21,0	SW		1.622	2,5	27.508	2,1	248,8	17,0	14,7	SW		590	2,3	2.434	0,5	24,6	4,1	6,0
W		1.364	9,4	14.992	7,8	76,2	11,0	6,9	760	3,7	7.322	2,3	121,8	9,6	12,6	W		1.796	2,7	36.091	2,7	507,2	20,1	25,2	W		1.243	4,8	24.864	5,2	525,2	20,0	26,3
NW		353	2,4	2.375	1,2	22,6	6,7	3,4	1.536	7,4	18.499	5,9	143,3	12,0	11,9	NW		3.015	4,6	48.152	3,6	280,1	16,0	17,5	NW		2.384	9,1	53.421	11,2	542,4	22,4	24,2
A		3.626	25,0	50.497	26,3	155,3	13,9	11,2	4.080	19,6	39.046	12,4	126,8	9,6	13,3	A		14.501	22,0	296.392	22,4	458,7	20,4	22,4	A		5.354	20,5	55.325	11,6	236,3	10,3	22,9
C		694	4,8	7.331	3,8	96,5	10,6	9,1	1.331	6,4	16.273	5,2	226,5	12,2	18,5	C		3.674	5,6	71.604	5,4	423,1	19,5	21,7	C		1.441	5,5	7.413	1,6	69,5	5,1	13,5
Total		14.524	100,0	191.879	100,0	142,5	13,2	10,8	20.803	100,0	314.220	100,0	401,3	15,1	26,6	Total		66.048	100,0	1.325.702	100,0	452,2	20,1	22,5	Total		26.153	100,0	477.824	100,0	657,8	18,3	36,0

		Extremadura							Galicia							I. Baleares							La Rioja										
		%							%							%							%										
		media							media							media							media										
WT		IFF	% IFF	Superficie	Superficie	Desvest	IF	CV	IFF	% IFF	Superficie	Superficie	Desvest	IF	CV	WT		IFF	% IFF	Superficie	Superficie	Desvest	IF	CV	WT		IFF	% IFF	Superficie	Superficie	Desvest	IF	CV
N		3.653	13,1	62.450	11,5	301,3	17,1	17,6	18.445	7,6	88.992	4,9	278,7	4,8	57,8	N		666	13,5	8.102	17,2	87,1	12,2	7,2	N		197	6,0	3.101	11,6	160,8	15,7	10,2
NE		4.476	16,0	81.903	15,0	366,2	18,3	20,0	34.479	14,2	215.369	11,9	531,4	6,2	85,1	NE		629	12,7	4.617	9,8	54,3	7,3	7,4	NE		223	6,8	1.129	4,2	28,2	5,1	5,7
E		6.534	23,4	156.075	28,7	486,2	23,9	20,4	75.101	30,8	688.291	38,1	963,5	9,2	105,1	E		893	18,1	6.287	13,4	66,8	7,0	9,5	E		563	17,1	4.347	16,2	36,2	7,7	4,69
SE		2.772	9,9	69.625	12,8	789,4	25,1	31,4	39.055	16,0	313.981	17,4	679,2	8,0	84,5	SE		399	8,1	3.011	6,4	89,8	7,5	11,9	SE		435	13,2	4.041	15,1	77,6	9,3	8,35
S		522	1,9	11.044	2,0	279,4	21,2	13,2	8.058	3,3	69.306	3,8	588,6	8,6	68,4	S		61	1,2	68	0,1	3,3	1,1	3,0	S		138	4,2	922	3,4	21,9	6,7	3,27
SW		386	1,4	5.762	1,1	274,1	14,9	18,4	4.911	2,0	47.232	2,6	530,4	9,6	55,2	SW		123	2,5	639	1,4	21,9	5,2	4,2	SW		213	6,5	2.665	10,0	59,3	12,5	4,74
W		653	2,3	6.166	1,1	97,7	9,4	10,3	2.877	1,2	13.462	0,7	167,0	4,7	35,7	W		327	6,6	3.341	7,1	61,7	10,2	6,0	W		253	7,7	1.614	6,0	31,6	6,4	4,95
NW		1.903	6,8	22.854	4,2	212,7	12,0	17,7	6.201	2,5	22.571	1,2	181,7	3,6	49,9	NW		520	10,5	11.044	23,5	164,7	21,2	7,8	NW		207	6,3	1.112	4,2	19,3	5,4	3,59
A		5.694	20,4	111.240	20,4	359,1	19,5	18,4	40.389	16,6	261.164	14,5	401,9	6,5	62,1	A		1.008	20,4	6.291	13,4	51,1	6,2	8,2	A		903	27,4	6.583	24,6	62,0	7,3	8,5
C		1.307	4,7	17.165	3,2	208,4	13,1	15,9	13.935	5,7	86.080	4,8	447,0	6,2	72,4	C		320	6,5	3.692	7,8	89,4	11,5	7,7	C		162	4,9	1.267	4,7	26,6	7,8	3,4
Total		27.900	100,0	544.284	100,0	420,0	19,5	21,5	243.451	100,0	1.806.448	100,0	622,8	7,4	83,9	Total		4.946	100,0	47.091	100,0	82,9	9,5	8,7	Total		3.294	100,0	26.781	100,0	63,6	8,1	7,82

		Madrid							Murcia							Navarra							País Vasco						
		%							%							%</													