

Tornados en España (1987-2005): distribución temporal y espacial

Miquel Gayà

INM, Centre Meteorològic a les Illes Balears (gaya@inm.es)

(Recibido: 16-Dic-2005. Publicado: 31-Dic-2005)

Un trebolí arremolinà la fullaca seca: li féu modular
gemecs galvànics, l'engegà enlaire amb rodament ver-
tical, la rebaté sobre l'arbrada i l'abandonà xiulant.
("Entre dos mons", de Salvador Galmés, 1876-1951).

Resumen

Se presenta la primera climatología de tornados realizada en España utilizando la base de datos generada por el autor a lo largo de los últimos 19 años. Se muestran las distribuciones anuales de los tornados de España a lo largo del período 1987-2005, así como las distribuciones mensuales y horarias. Asimismo se intuye una posible propagación temporal del período de máxima frecuencia de tornados que iría de Este a Oeste y de Norte a Sur. También se presentan las distribuciones geográficas, las de velocidad máxima estimada en la escala de Fujita, y la de la longitud del recorrido seguido por los tornados registrados.

Palabras clave: Tornados, climatología, España.

Abstract

The first climatology of the recorded tornadoes in Spain is presented, derived from the data base made by the author during the last 19 years. Yearly distributions along the period between 1987 and 2005 are presented. Monthly and diurnal distribution are also shown. A possible running of the tornado season from North to South and from West to East may be appreciated. Geographic location of the Spanish tornadoes, track lengths and estimated velocity in Fujita scale are also shown.

Key words: Tornadoes, climatology, Spain.

1. Introducción

La necesidad de una base de datos climatológicos ha sido puesta de manifiesto, entre otros, por Doswell (2001) cuya importancia, advierte, no es únicamente de carácter puramente climatológico, sino que es igualmente útil para planificar y desarrollar las políticas sobre avisos a la población desde los distintos organismos de protección civil. Asimismo, es esencial en la verificación de la predicción meteorológica. Sin embargo, hasta la fecha, estas bases de datos son inexistentes o poco desarrolladas en la mayoría de los estados europeos, incluido España. Sólo recientemente (ver por ej. Brooks y Doswell III, 2001; Dotzek, 2003; Romero *et al.*, 2005) se han iniciado los primeros pasos para reunir la información en Europa, unificando criterios y con la voluntad de dotarnos de esta elemental herramienta.

En España, los registros de tornados, así como otras manifestaciones de tiempo adverso, han gozado de escasa atención y pocos casos han llegado a generar bibliografía científica o institucional. Algunos eventos extraordinarios como el de Madrid de 1886, que causó más de 45 víctimas mortales, sólo generó estudios poco relevantes en la prensa general y uno sólo en la *literatura científica* de la época (Gayà, 2006). Recientemente, sin embargo, el interés creciente por este tipo de fenómenos ha permitido la presencia de numerosos artículos sobre casos de estudio concretos (ver por ej. Homar *et al.*, 2001 y 2003; Palacio *et al.*, 2001; o Romero *et al.* 2005) y el primer estudio climatológico, referido a las islas Baleares (Gayà *et al.*, 2001).

Los numerosos eventos tornádicos que han acontecido en los últimos años y su presencia en los medios de comunicación han favorecido el interés de la ciudadanía. Asimismo, el incremento de las pólizas de seguros de vivienda y de instalaciones públicas ha requerido la actualización del Reglamento del seguro de riesgos extraordinarios. El resultado fue la sorprendente e insólita definición de tornado en el BOE núm. 47 de 24 de febrero de 2004: *Tornados, definidos como borrascas extratropicales de origen ciclónico que generan tempestades giratorias producidas a causa de una tormenta de gran violencia que toma la forma de una columna nubosa de pequeño diámetro proyectada de la base de un cumulonimbo hacia el suelo.*

Para la mayoría de variables climatológicas se requieren 30 o más años para hallar los valores *normales*. Cuando se trata de fenómenos raros este período debiera ampliarse para poder extraer conclusiones claras. En Estados Unidos se ha constatado que la serie no se estabiliza hasta los 35 años (Shaefer y Livingston, 1993). En el caso del presente estudio, el número de años considerado es notablemente inferior y, además, los primeros años adolecen, probablemente, de falta de información sobre la existencia de casos verificables. A pesar de ello, las trazas generales pueden advertirse en esta primera climatología española sobre tornados.

2. Datos

La base de datos de tornados y otros fenómenos eólicos adversos asociados a la convección se ha ido confeccionando a lo largo de los últimos 19 años. Las fuentes de información han sido los propios ciudadanos, la prensa escrita y de televisión e Internet. Asimismo, en el 28 % de los casos se ha realizado por el autor el estudio de campo correspondiente, y en otros se han aceptado los valores obtenidos en el estudio de campo realizado por otros autores.

La base de datos está configurada con la siguiente información: fecha y hora del evento, localización y área afectada, estima de la velocidad del viento, número de personas heridas o fallecidas, y coste económico de los destrozos causados. Otra información suplementaria también se ha incorporado. Paralelamente se ha desarrollado una base de imágenes fotográficas que permite revisar, si así fuera preciso, la base de datos inicial. Esta información gráfica atiende tanto a la referente al propio evento (fotos del tornado, manga, etc) como a la de los efectos.

Aunque todos los datos que se disponen de cada evento se incorporan a la base de datos, existen numerosos sucesos cuya información es incompleta o no está suficientemente contrastada. Por este motivo, en el presente estudio sólo se ha contabilizado la información que tiene una elevada fiabilidad, y se indica el número de casos que se han considerado en cada epígrafe o sección. En consecuencia, en el período desde 1987 hasta 2005 se han registrado 184 tornados en España.

3. Distribución espacial

De los 184 tornados de los que se tiene constancia de su ocurrencia en el período señalado, 179 han sido bien ubicados geográficamente o, en el peor de los casos, se ha asignado la latitud y longitud del núcleo urbano más próximo. En los restantes cinco casos únicamente se conocía la provincia y, por tanto, no se han considerado en esta sección.

La distribución espacial se presenta en la figura 1 y puede observarse cómo prácticamente todas las comunidades han tenido algún tornado en los últimos 19 años. Sin embargo la densidad es notablemente diferente de una región a otra. Así, por ejemplo, las islas Baleares y las provincias de Barcelona y Málaga presentan una mayor densidad mientras que las de Castilla y León, Asturias, Cantabria y el País Vasco tienen una nula o muy escasa incidencia.

En la misma figura se aprecia que una importante porción tiene una localización próxima a la costa, lo que puede indicar que el origen del tornado fue una tromba marina que se adentró en tierra. De hecho, una tromba que toca tierra se ha considerado como tornado (terrestre) en la base de datos y no como tromba (marina).

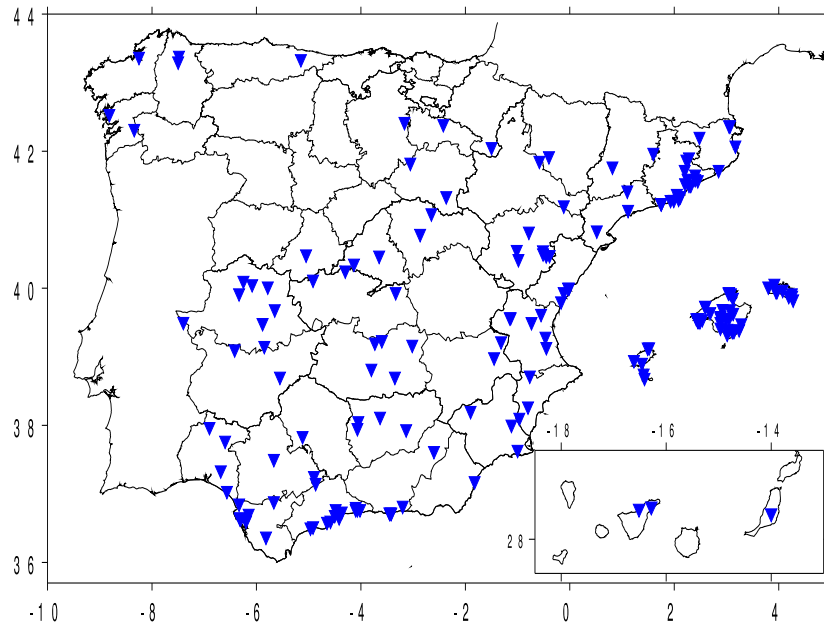


Fig. 1: Tornados registrados en España en el período 1987-2005.

La figura 2 muestra las isolíneas suavizadas de igual densidad de tornados extraída de los casos localizados en una cuadrícula de $0,7^\circ$. Es importante advertir que esta presentación adolece de falta de datos fuera del ámbito español y terrestre, por lo que la información de las zonas próximas a las fronteras está fuertemente afectada por la falta de datos exteriores. Sin embargo, en el caso de las zonas marítimas del sur (mar de Alborán y golfo de Cádiz) y las del norte (Cantábrico), las fronteras son *limpias*, puesto que las trombas marinas no se han considerado. En el caso de las zonas marítimas del mar Balear, la distribución sí está fuertemente afectada por los casos acontecidos en las Islas. Los tornados acaecidos en Portugal son, quizá, los que afectarían más notablemente la distribución de densidad en las provincias de Zamora y Salamanca, y en menor medida en las restantes de Galicia, Extremadura y Andalucía occidental. En efecto, Leitão (2003) presentó los casos de Portugal con una distribución espacial que afectó las zonas lindantes con las provincias españolas de las que carecemos de registros de tornados.

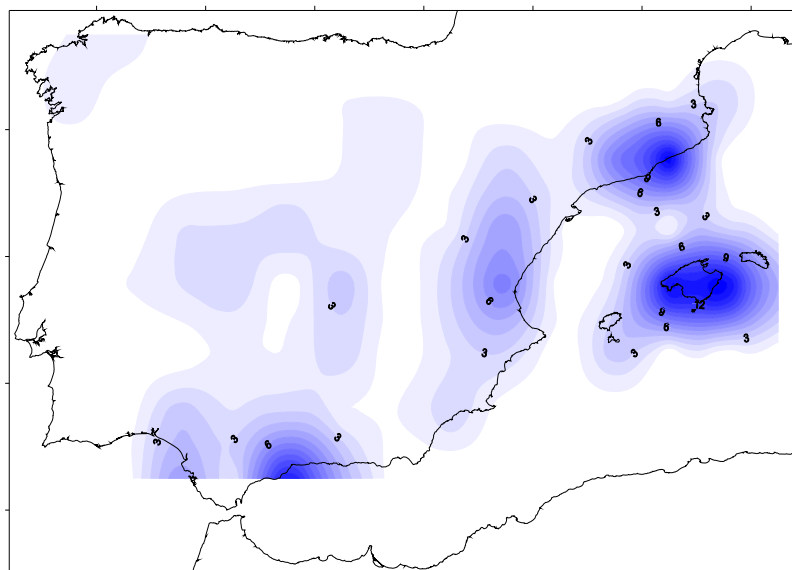


Fig. 2: Mapa de densidad suavizada de los tornados.

La distribución de densidad ofrece una imagen muy similar, en cuanto a la forma, a la que presentaría un mapa de densidad de aguaceros intensos: Un área mediterránea muy proclive, mientras que la meseta norte y comunidades cantábricas estarían menos expuestas a los tornados. Sin embargo, también aparece una similitud con la densidad de población en el área mediterránea, de forma que el registro de tornados está afectado por la cantidad de personas que es capaz de advertirlo y comunicarlo a los distintos medios de prensa. Ésta, además, también tiene una fuerte concentración (centralización) en las capitales de provincia.

A pesar de las limitaciones que se han advertido en la obtención de la figura 2, ésta ofrece una explicación a la distribución que presenta: las tormentas que han sido capaces de generar tornado están ubicadas en zonas donde la orografía afectaría a la capacidad de generar helicidad. Estas zonas se identifican como las costeras, con grandes contrastes entre mar y tierra, y en las proximidades de las principales cordilleras ibéricas, tal sería el caso de las sierras de Gredos y el Maestrazgo, en conjunción con el aporte de humedad de un mar próximo y cálido que introduzca mayor inestabilidad. Soliño y Gayà (1996) ya proponían como zonas potencialmente tornádicas las que ahora se presentan aquí, a pesar de que la zona cantábrica y las zonas de Madrid y Guadalajara no se han comportado como se indicaba entonces.

4. Distribución temporal

En la distribución temporal anual se aprecia un drástico incremento en el número de eventos tornádicos (fig. 3). Sin embargo, es obvio que este incremento no puede atribuirse, en principio, a ninguna singularidad relacionada con un cambio climático. Sí, en cambio, se atribuye esta “súbita aparición” de los tornados en España a una influencia clara que ha tenido el inicio de los estudios sobre este tipo de fenómenos y al aumento de la documentación como consecuencia de la proliferación de cámaras fotográficas y la inclusión de estas imágenes en las distintas páginas de Internet o en los programas televisivos. Esta nueva forma de información meteorológica se ha revelado como un novedoso acceso a la *tele-observación* de tornados.

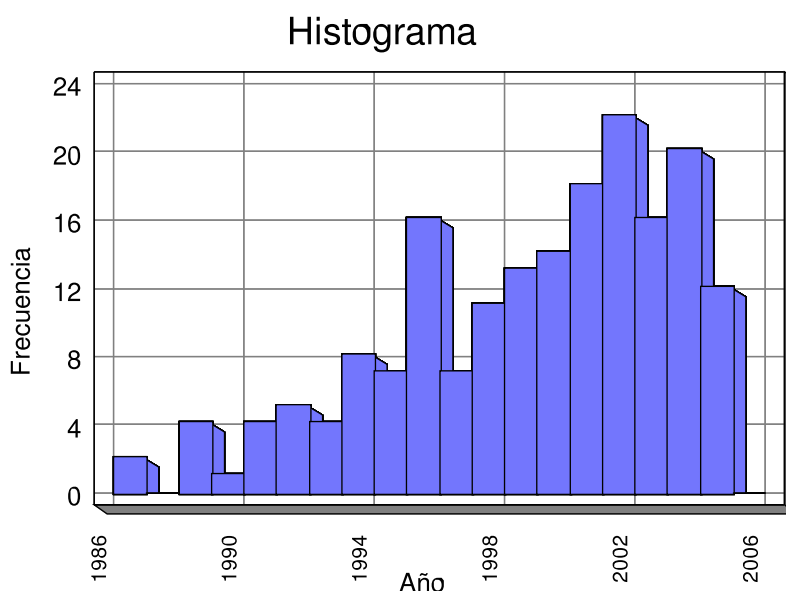


Fig. 3: Distribución de la frecuencia absoluta anual de los 184 tornados registrados en el período 1987-2005.

Es importante señalar dos acontecimientos que tienen una fuerte incidencia y que pudieron modificar la tendencia observable en la figura 3. El primero es el caso del 11-12 de septiembre de 1996, que con sus seis tornados (Homar *et al.*, 2001) provocó un salto brusco en la tendencia anterior, y el segundo la

irrupción del Real Decreto sobre el reglamento de 2004 relacionado en la introducción. Como resultado de la definición de *tempestad ciclónica* que se halla en el Real Decreto, se ha podido constatar la aparición de tornados *semánticos*. Esto es, muchas manifestaciones de viento muy fuerte asociado a la convección aparecen en los medios de comunicación como tornados no siendo sino frentes de racha violentos o reventones convectivos.

En la figura 3 también se observan los años especialmente anómalos como han sido, por ejemplo, los años 2003 y 2005 (con verano anormalmente cálido y con extraordinaria sequía, respectivamente).

La distribución mensual de los tornados se presenta en la figura 4. La mayoría de los tornados tienen lugar en los meses de agosto, septiembre, octubre y noviembre de tal manera que, si consideramos que la *temporada* de tornados contiene dos terceras partes del total, esto es, el 66,6 % sobre 175 casos fechados, esta temporada se inicia a finales del mes de julio y acaba a mediados de diciembre, habiendo resultado la semana del 5 al 12 de septiembre la más activa. Esto representa el 10 % de los todos los casos y la razón se halla en dos eventos multi-tornádicos (*outbreak* en la bibliografía anglosajona): el de Baleares en 1996 (Homar *et al.*, 2003) y el de Barcelona en 2005 (Gayà, 2005).

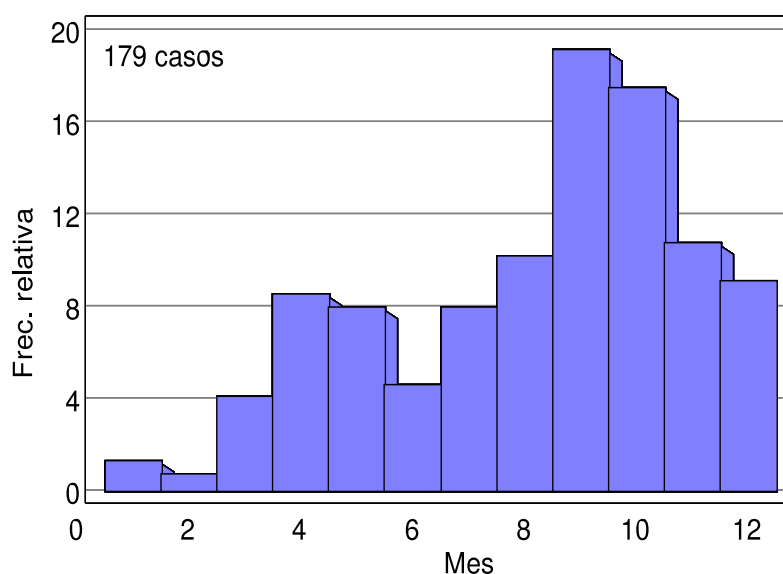


Fig. 4: Distribución de la frecuencia relativa (en %) mensual de los tornados.

Aplicando la anterior definición de *temporada de tornados*, y asignando el primer día de la temporada al lugar medio de los tornados acontecidos en cada provincia que haya tenido cinco o más eventos, se encuentra un desplazamiento de Oeste a Este y de Norte a Sur a lo largo del año (fig. 5). Este resultado debe tomarse con cautela debido al escaso número de provincias que cumplían la condición impuesta que, a su vez, no era muy restrictiva. En este mismo sentido, la figura 6 presenta la duración de esta *temporada* y puede advertirse que las áreas interiores peninsulares y la provincia de Granada tendrían, bajo los mismos criterios citados anteriormente, una temporada más breve (inferior a dos meses) mientras que las provincias de Valencia, Alicante, Teruel y, muy especialmente, la provincia de Málaga, tendrían una temporada superior a los tres meses.

En la presentación de la distribución a lo largo del día se ha elegido, en lugar de la hora oficial o UTC, la *hora normalizada* (HN), transportando proporcionalmente las horas a un día *normalizado* de 12 horas diurnas y 12 nocturnas (Doswell, 1985). Se pretende, de este modo, reconocer la influencia del calentamiento solar en la generación de la tormenta que generó el tornado. La distribución se presenta en la figura 7 y muestra cómo la influencia solar es evidente. Por el contrario, las horas nocturnas y las de la mañana contribuyen muy moderadamente a la distribución de frecuencia. Sin embargo, se observa una

diferencia apreciable en la distribución observada por Gayà *et al.* (2001) para las Islas Baleares. Esto es, las primeras horas de la noche resultaban más *tornádicas* que el resto del horario *normalizado*. Sin embargo, debe destacarse que la distribución actualizada hasta 2005 presenta para Baleares dos máximos, el más importante en las primeras horas de la tarde, y un segundo entre las 21 y las 24 HN (figura no mostrada aquí).

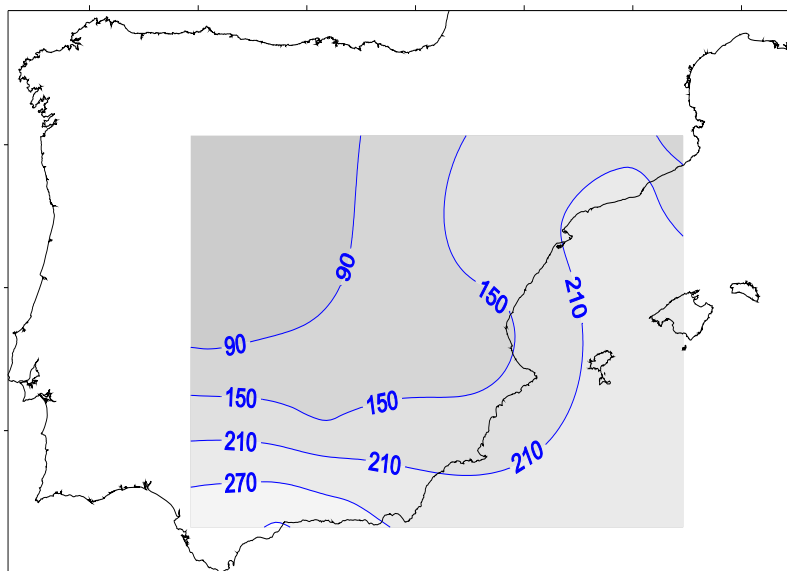


Fig. 5: Isocrona del primer día de la temporada de tornados (adviértase que el día es *juliano*).

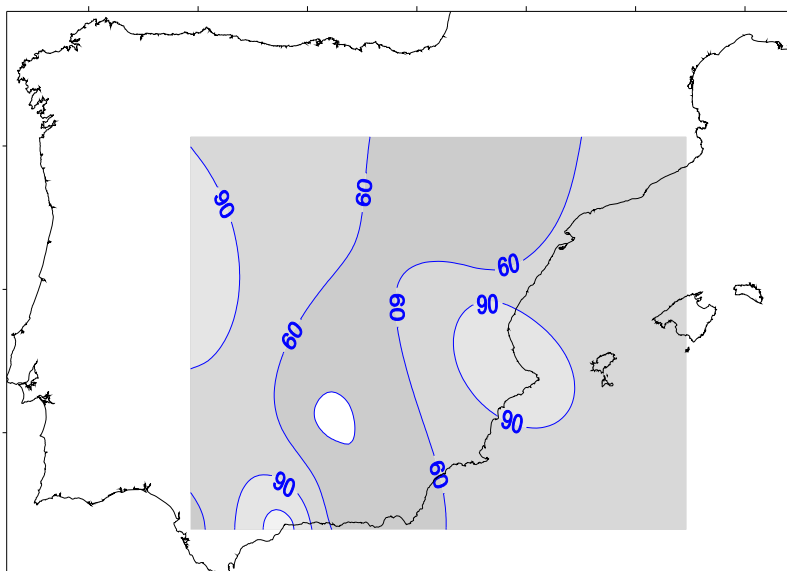


Fig. 6: Duración de la temporada de tornados (en días).

En cuanto a la velocidad estimada mediante la escala de Fujita (1981) la distribución, para un total de 78 tornados (fig. 8), presenta una forma similar a la que aparece para otros países, incluso para Estados Unidos. En el caso americano, el porcentaje de F0 es notablemente superior al caso español, y esto se atribuye a que muchos casos pasan desapercibidos o no han sido bien identificados como tales tornados. Por otra parte, debe advertirse que en España, en los últimos 19 años no se ha registrado ningún tornado

igual o superior a F4 (violento), cuando en EEUU este porcentaje es del orden del 2-3% (ver p. ej. Livingston y Shaefer, 1993). Sin embargo debe apuntarse que la inexistencia de estos tornados violentos en los últimos años no quiere decir que se trate de un tipo de tornados que no pueda darse, como de hecho ha ocurrido ya en Francia (Dessens and Snow, 1993).

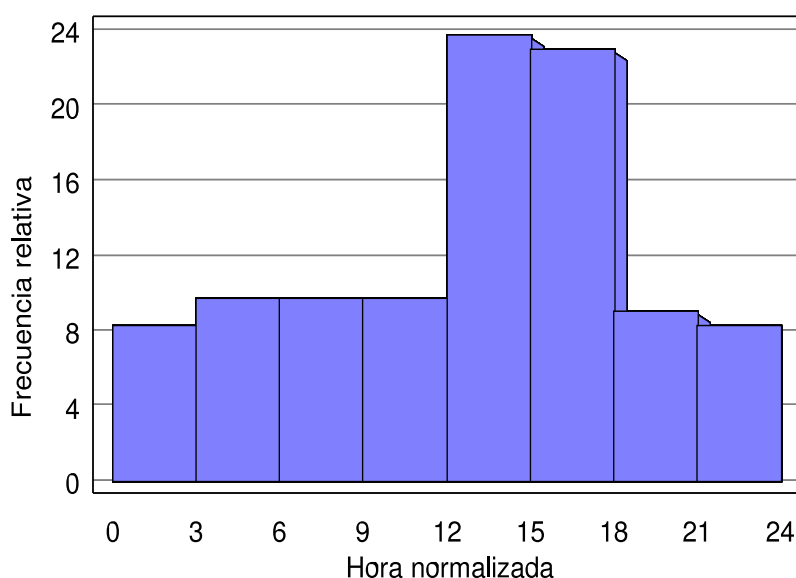


Fig. 7: Distribución de la frecuencia relativa de la hora normalizada de los eventos tornádicos.

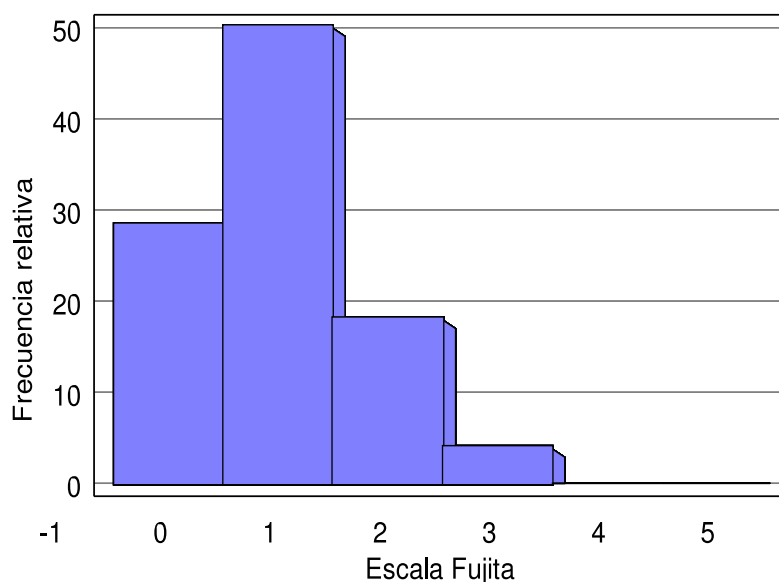


Fig. 8: Distribución de la velocidad estimada en la escala de Fujita.

La distribución de las longitudes recorridas por los tornados, considerada desde el primer punto que se manifiesta en tierra hasta que desaparece el rastro, y sobre un total de 41 casos computados, se muestra en la figura 9. Ello representa que la mayor parte (>70 %) son tornados que tienen un recorrido inferior a 4 km, siendo un 27 % inferiores a 1 km. Muchos de estos casos fueron trombas marinas que al adentrarse en tierra se disiparon rápidamente.

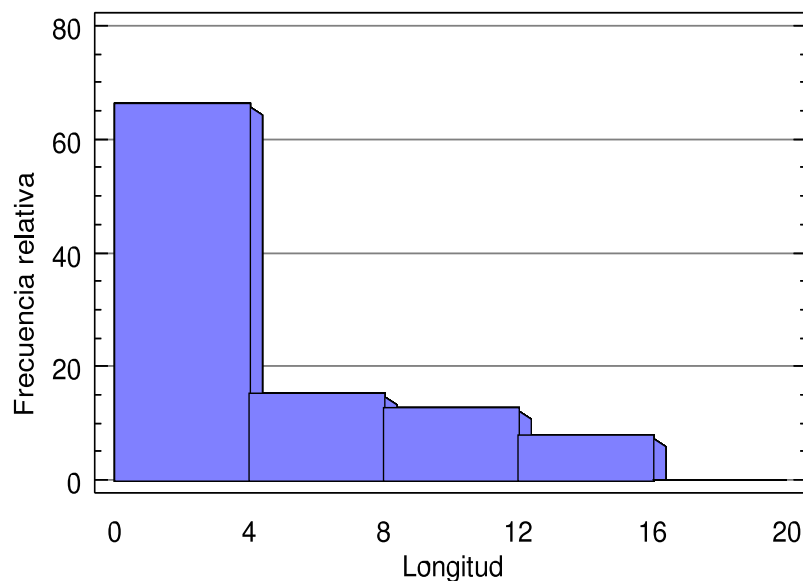


Fig. 9: Distribución de la longitud recorrida por los tornados.

5. Conclusiones y futuros trabajos

A pesar de la percepción general de la población, en España se producen tornados con relativa frecuencia.

Las regiones más expuestas son las Islas Baleares, las provincias de Barcelona y Málaga, y la Comunidad Valenciana.

El período de mayor frecuencia de tornados abarca el final del verano y el otoño, con una fecha de inicio que parece variar desde primavera hasta finales de otoño avanzando de Oeste a Este y de Norte a Sur. El horario preferente está guiado por la influencia del calentamiento solar diurno, alcanzándose el máximo durante la tarde.

La velocidad máxima de los tornados ocurridos en España es fundamentalmente similar a la de otros países del globo, con un máximo de los tornados débiles. No se ha detectado ningún caso en la categoría de mayor violencia.

En un futuro trabajo se presentarán algunas características meteorológicas dominantes así como una climatología sinóptica. Asimismo se está trabajando en los impactos sociales y económicos que los tornados han producido en la sociedad española.

Agradecimientos

El autor desea agradecer a todas las innumerables personas que, de una manera o de otra, han permitido confeccionar la base de datos que ha sustentado el presente trabajo. Entre ellas deseo agradecer, muy especialmente, la colaboración de J. Arús del CMT en Cataluña, de T. Molina de TV3 y de S. Castàn. Asimismo, mi gratitud a J.A. Guijarro, editor de Revista de Climatología, por su apoyo y estímulo en este estudio. A C. Ramis, J. González, M.A. Heredia, A. Jansà, C. Doswell, V. Homar, R. Romero y tantos otros que, a lo largo de estos largos tres últimos lustros, han colaborado en diferentes aspectos de esta base de datos o de sus *consecuencias*. A mis hijos Irene, Mar y Gàbor, que han tenido que soportar algunos *estudios de campo* fuera de horario escolar.

Bibliografía

- Brooks H, Doswell CA III (2001): Some aspects of the international climatology of tronadoes by damage classification. *Atmos. Res.*, 56:191-201.
- Dessens J, Snow JT (1993): Comparative description of tornadoes in France and the United States. *The Tornado: Its Structure, Dynamics, Prediction, and Hazards*. Geophysical Monograph. Amer. Geophys. Union, 79:427-434.
- Doswell CA III (1985): *The Operational Meteorology of Convective Weather. Volume II: Storm Scale Analysis*. NOAA Thecnical Memorandum ERL ESG-15.
- Doswell CA III (2001): Severe Convective Storms. An Overview. En *Severe Convective Storms*. Meteorological Monographs. Am. Met. Soc., 28:1-26.
- Dotzek N (2003): An update estimate of tornado occurrence in Europe. *Atmos. Res.*, 67-68:153-161.
- Fujita TT (1981): Tornadoes and downburst in the context of generalized planetary scales. *J. Atmos. Sci.*, 38:1511-1534.
- Gayà M, Homar V, Romero R, Ramis C (2001): Tornadoes and waterspouts in the Balearic Islands. *Atmos. Res.*, 56:31-55.
- Gayà M (2005): Els fiblons de Barcelona del 7-8 de setembre de 2005: situació meteorològica i estudi de camp. *XI Jornades de Meteorologia Eduard Fontserè*, 25-27 nov. 2005 Barcelona, pp. 147-152.
- Gayà M (2006): The 1886 Tornado of Madrid. *Atmos. Res.* (en prensa).
- Homar V, Gayà M, Ramis C (2001): A synoptic and mesoscale diagnosis of a tornado outbreak in the Balearic Islands: phenomena and environment characterization. *Atmos. Res.*, 56:253-267.
- Homar V, Gayà M, Romero R, Ramis C, Alonso S (2003): Tornadoes over complex terrain: An analysis of the 28th August 1999 tornadic event in eastern Spain. *Atmos. Res.*, 67-68:301-317.
- Leitão P (2003): Tornadoes in Portugal. *Atmos. Res.*, 67-68:381-390.
- Livingston RL, Shaefer JT (1993): County-by-county data on strong and violent tornadoes. Preprints of 17th Conference on Severe Local Storms, St. Louis. Amer. Meteor. Soc., pp. 6-9.
- Palacio JJ, Cano D, Téllez B, Gayà M (2001): Estudio de la situación que dio origen a un tornado en Montesclaros (Toledo). *V Simposio Nacional de Predicción*, Madrid.
- Romero R, Gayà M, Doswell CA III (2005): European Climatology of Severe Convective Storm Environmental Parameters: A Test for Significant Tornado Events. *Atmos. Res.* (en prensa).
- Shaefer JT, Livingston RL (1993): The Stability of Climatological Tornado Data. *The Tornado: Its Structure, Dynamics, Prediction, and Hazards*. Geophysical Monograph Amer. Geophys. Union, 79:459-466.
- Soliño A, Gayà M (1996): La escala Fujita. Medida indirecta de la velocidad del viento en tornados: descripción y utilización en el reconocimiento de campo. *III Simposio nacional de predicción del Instituto Nacional de Meteorología*. Ministerio de Medio Ambiente. Serie Monografías, pp. 13-18.

