

TORMENTAS Y TORNADOS EN LA PENINSULA IBERICA. METEOROS ADVERSOS EXTREMOS QUE LE CARACTERIZAN

José Jaime Capel Molina
Universidad de Almería

RESUMEN

En este estudio se analizan las tormentas y su distribución espacial en la Península Ibérica. Al mismo tiempo se estudian algunas situaciones sinópticas que generaron tornados y trombas marinas, así como los meteoros adversos que le caracterizan.

Palabras clave: Climatología. Península Ibérica. Tormentas y tornados. Granizo

ABSTRACT

This survey addresses and investigates the storms in the Spain and Portugal and its annual and seasonal distribution in the Iberian Peninsula. Simultaneously we study some synoptic situations that have generated twisters and marine whirlwinds, so the adverse meteors that go with it.

Key words: Climatology. Iberian Peninsula. Storm, twisters and marine whirlwinds. Thunder

La tormenta es quizás el meteoro más amenazante y espectacular de cuantos se originan en la atmósfera terrestre. El aspecto oscuro, siempre tenebroso, de los Cumulonimbos, los aguaceros y vientos racheados que le caracterizan, así como los relámpagos y el consecuente sonido aterrador de los truenos que le acompañan, son sus rasgos distintivos cuando se acerca a un observatorio.

Se generan las tormentas por los desequilibrios térmicos en la atmósfera, como respuesta violenta de la transferencia vertical del calor ó convección. Las tormentas se forman obedeciendo a diferentes procesos, en cualquier caso se manifiestan cuando el decrecimiento vertical de la temperatura en los niveles bajos de la atmósfera es suficientemente fuerte. Las tormentas pueden clasificarse en cuatro grupos diferentes, determinado por los distintos procesos que los originan: 1.- «Tormentas de calor» producidas por el calentamiento del suelo bajo la radiación solar. 2.-»Tormentas de inestabilidad», por el recalentamiento continuo de las capas bajas de una masa de aire frío que atraviesa una superficie relativamente caliente. 3.-»Tormentas orográficas», en este caso el aire cálido y

ligero puede verse forzado a ascender, por la presencia de un obstáculo orográfico, a través de las laderas de la montaña. 4.- «Tormentas frontales», producidas por la convergencia dinámica dentro de una zona de bajas presiones. A los Cumulonimbos que se forman dentro de una masa de aire cálido que se ven obligados a ascender por encima de un frente frío reciben esta denominación. En este caso el aire es forzado a ascender a gran altura si el aire cálido es convectivamente inestable, provocando tormentas severas. Puede ocurrir en cualquier época del año y hora del día, aunque adquieren mayor frecuencia en el solsticio estival y a últimas horas de la tarde, cuando la termoconvectividad es más elevada, por delante del frente frío.

Debido a las corrientes de convección, una vez que la columna ascendente alcanza un nivel donde el aire se satura de humedad (temperatura del punto de rocío), da lugar a la condensación. El continuo movimiento ascendente del aire origina enormes y desarrolladas nubes cumuliformes; a medida que el Cumulus congestus sigue creciendo, el vapor de agua se convierte en partículas congeladas o líquidas, desencadenando la liberación de calor latente de condensación, que acelera el desarrollo de las nubes. La etapa final de este proceso es la formación de un “Cumulonimbus” que puede tener varios kilómetros de diámetro en su base y elevarse hasta la Tropopausa. Los vientos fuertes del Oeste que se desplazan cerca de la Tropopausa a cualquier latitud, cortan la nube de su cima superior o yunque. La mayor parte de las tormentas eléctricas se componen de más de una célula con un periodo de vida en torno a 30 minutos; las células viejas son reemplazadas por otras nuevas, posibilitando que algunas tormentas duren varias horas.

Debido a la ubicación latitudinal de la Península Ibérica en la Zona Templada solo una parte de las precipitaciones tienen un origen termoconvectivo y, por tanto, asociadas a nubosidad cumuliforme (-Cu y Cb-), y sólo éstos últimos desencadenan tormentas eléctricas. Sobre el cielo de la Península, preferentemente, durante el estío, se elevan grandes nubes tormentosas que alcanzan sus cimas hasta 11.000 metros de altitud, -límite de la tropopausa-, son éstas más modestas que las que se originan en la Zona Intertropical, las cuales pueden llegar hasta los 17.000 metros. A lo largo de las primeras fases de su desarrollo, a partir de grandes Cúmulus fuertemente desarrollados por un proceso de evolución continua, los Cb muestran con frecuencia, en su cima protuberancias redondeadas, aunque algunas de ellas haya comenzado a perder sus contornos cumuliformes, pero en la que no se divisan ninguna parte cirriforme. Tanto convexidades como protuberancias tienen tendencia a formar una masa blanquecina con estrías relativamente verticales: Cumulonimbus calvus. Finalmente, esta parte alta se transforma completamente en una masa cirriforme de estructura manifiestamente estriada o fibrosa, la cual tiene frecuentemente la forma de yunque o de un amplio penacho. Cuando las temperaturas en altura son extraordinariamente bajas, la estructura fibrosa se puede extender a la totalidad de las masas nubosas: Cumulonimbus capillatus. El aspecto amenazante de estas grandes nubes de desarrollo vertical se intensifica por los rayos y truenos, además de los intensos aguaceros, bien de agua o de granizo; las corrientes ascendentes que se manifiestan en ellos son particularmente violentas, con velocidades de hasta 108 kilómetros por hora, sumándose la presencia de turbonadas y ciertas particularidades, tales como mamma y raramente tuba.

La distribución espacial de las tormentas en la Península manifiesta diferenciados seis áreas:

- a.-Los sistemas montañosos del cuadrante Nororiental, Pirineos, Cordillera Cantábrica, Sistema Ibérico y Sierra de Gredos con más de 25 días de tormenta al año.
- b.-El valle del Ebro, entre 20 y 26 días.
- c.-El Cantábrico oriental: País Vasco y Santander, llegándose hasta 30 días en San Sebastián «Monte Igueldo», que constituye el observatorio más tormentoso de la Península.
- d.-Las altiplanicies del interior -Submeseta del Duero y Castilla-La Mancha e interior gallego, entre 14 y 20 días.
- e.-El litoral mediterráneo levantino y catalán, entre 15 y 20 días.
- f.-Litoral de las rías bajas, Portugal, golfo de Cádiz, bajo Guadalquivir y litoral mediterráneo andaluz, que es el área menos tormentosa.

De todo ello se deduce que los núcleos más tormentosos (con más de 25 días anuales) se sitúan en los Pirineos, Montseny, litoral guipuzcoano, sector meridional del Sistema Ibérico (Sierra de Gúdar, Sierra de Javalambre, Sierra de Albarraín, Serranía de Cuenca) y Sierra de Gredos. Todos ellos, actúan como «nidos de tormentas» o sea, núcleos orográficos que fuerzan el disparo vertical de las masas de aire, cualquiera que sea su origen, en el decurso del año.

Ritmo anual de las tormentas

El ritmo anual de las tormentas en España y Portugal manifiesta su concentración en el solsticio de verano y una frecuencia superior en julio y agosto, tanto en los observatorios costeros del Mediterráneo catalán, Cantábrico, y en las zonas del interior continental-ambas Submesetas, depresión del Ebro y sistemas montañosos. En áreas aisladas del levante, litoral mediterráneo andaluz y del golfo de Cádiz, el máximo se desplaza al otoño, o bien se traslada al invierno en puntos de las rías bajas y altas gallegas (Vigo y La Coruña), o incluso a la primavera como sucede en Badajoz, Santiago y Sevilla.

Esta mayor actividad tormentosa en verano está motivada, entre otros factores, por las condiciones térmicas óptimas de superficie, con elevadas temperaturas que facilitan la termoconvección, al Frente Polar, a la irrupción de aire relativamente frío en las capas altas y medias de la atmósfera (vaguadas de aire polar, que afectan a nuestro territorio en su extremo meridional; o embolsamientos de aire frío migratorios, e incluso a gotas frías).

EL RAYO

El rayo es una descarga eléctrica entre nubes de tormentas (Cumulonimbus) y el suelo, promovida por las diferencias acusadas de potenciales eléctricos. El rayo toma el trayecto de menor resistencia, que por lo general es la distancia más corta entre la nube y el suelo. El rayo es el medio de la atmósfera de equilibrar las cargas eléctricas entre la ionosfera y la superficie terrestre, con las tormentas eléctricas que actúan de mediadoras. Por lo común, la tierra está cargada negativamente con relación a la atmósfera, más cuando la tormenta pasa sobre el suelo emplazado debajo y a varios kilómetros alrededor de la tormenta, la carga del suelo sigue a la tormenta como una sombra eléctrica, haciéndose más fuerte en tanto que la

carga negativa de la nube aumenta. Las diferencias de potencial eléctrico entre el suelo y la nube pueden alcanzar algunos cientos de millones de voltios; no obstante, como el aire es más conductor de la electricidad y aísla la nube del suelo, evita el paso de la corriente. Una descarga provoca después de que un canal ionizado se ha formado a través del aire por una descarga anterior denominada *conducto* que zigzaguea en su trayecto a tierra. Formado el conducto y establecido el contacto con el suelo, se completa un recorrido conductor entre el suelo y la nube una oleada de corriente denominada recorrido de retorno, surge al instante. Normalmente, un conducto y un recorrido se repiten varias veces por el mismo canal, produciéndose los recorridos múltiples de rayos.

Nada es comparable dentro de la naturaleza con los rayos, desde el punto de referencia de una liberación instantánea de intensa energía (ERICKSON, 1991). Suele ser la causa de la mortalidad humana mayor que de cualquier otro fenómeno meteorológico. En España, cada año mueren fulminados por los rayos 16 personas (periodo 1971-1995) y, los meses de mayor incidencia junio, julio y septiembre. En la distribución de sexos, corresponden a los hombres (83,4%), consecuencia natural de ser ellos los más dedicados a las actividades agrícolas. Con anterioridad a este periodo, en España morían por esta causa cada 50 personas (periodo de 1941 a 1980): las provincias más afectadas fueron Badajoz, Cáceres, Ciudad real y Lugo, y, los meses de mayor incidencia junio, julio y septiembre. En la distribución de sexos correspondían a los hombres (GARCIA-PERTIERRA, 1982).

La disminución del número de muertos, así como la proporción de muertes, se corresponde con una disminución del porcentaje de la población que vive en áreas rurales.

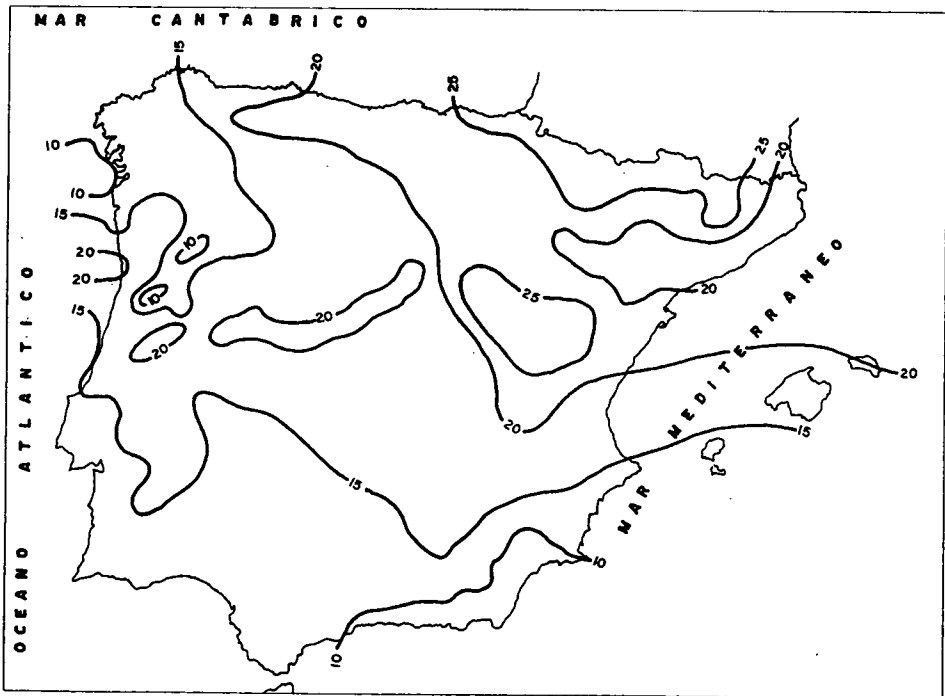


Figura 1. Días de tormenta al año en la Península. Periodo: 1961-1990

La proporción de la población que estaba al aire libre durante la actividad agrícola o ganadera era mucho más elevada hace 50 años que ahora. Igualmente otros cambios socioeconómicos asociados con el proceso de urbanización durante este periodo puede también haber influido en el descenso de la mortalidad por rayos.

EL TORNADO Y LAS TROMBAS MARINAS

El tornado es el meteoro más violento y destructivo de todos los conocidos en la atmósfera. Es un derivado de la tormenta, específicamente de la interacción de una tormenta violenta con vientos en la Troposfera. En el proceso mediante el cual se desencadena un tornado, una pequeña fracción de la ingente energía de la tormenta (Cumulonimbus) se concentra en una zona que no suele exceder su diámetro en varios centenares de metros. Se trata de un vórtice, a modo de un gigantesco embudo de aire girando constantemente en forma de torbellino que se descuelga de la base de un Cumulonimbus, extendiéndose hasta el suelo. El aire sopla en espiral ciclónica, dirigido hacia arriba, lo que provoca la rápida expansión, enfriamiento y condensación, originando una densa y oscura nube que configura el embudo del tornado. Su velocidad de avance oscila entre 40 y 65 kilómetros por hora, con una trayectoria errática. Las velocidades observadas en sentido vertical son superiores a 300 kilómetros/ hora y los vientos horizontales, aún mayor, hasta 500 kilómetros/ hora. Los tornados se forman a consecuencia de las corrientes ascendentes de una tormenta o están ligados con el paso sobre el continente de un ciclón tropical. En el hemisferio Sur giran en el sentido de las agujas del reloj y en el hemisferio Norte en sentido contrario. Frecuentemente, el torbellino se divisa como una nube en forma de embudo amplio y oscuro que cuelga del Cumulonimbus o alcanza el suelo. En los grandes tornados se forman columnas cilíndricas de hasta 1500 metros de anchura y es frecuente observar como cuelgan largos tubos de la nube tormentosa. Durante las pocas horas de vida de un tornado, la forma, tamaño y color del embudo puede variar ostensiblemente, dependiendo de la fuerza de los vientos, la advección del aire que afluje y el tipo de suelo sobre el que transcurre. Estados Unidos de América es el país que anota un mayor número de este meteoro al año, especialmente en la cuenca del río Missisipi-Missouri, sin embargo también tienen especial incidencia en Argentina, Australia, India y Rusia.

En la terminología de Doswell, una tormenta es severa cuando produce alguno o más fenómenos tales como granizo de un tamaño superior a 2 cm de diámetro, tornado o cuando induce vientos de fuerza superior a 50 KT (DOSWELL, 1985). La presencia de estos fenómenos, que tienen un fuerte impacto social por los meteoros adversos extremos que le caracterizan, suelen estar asociados a cierto grado de organización de la convección, a través de supercélulas ó en intensas estructuras multicelulares. Las cuales, a su vez, se pueden desarrollar de forma aislada o embebidas en otras entidades con un mayor grado de organización como son los Sistemas Convectivos de Mesoescala (MARTIN LEÓN et Al, 1995).

Aunque existen algunas referencias de sus efectos devastadores, la meteorología de la Península Ibérica no es muy propicia para la formación de estos meteoros adversos extremos («Tornados»), sí, en cambio, su franja costera, especialmente el litoral mediterráneo y archipiélago Balear (SOLIÑO y GAYA, 1996). Los trabajos científicos publicados, respecto a ellos fué siempre mínima, hasta comienzos de la década de los años 90, donde ya

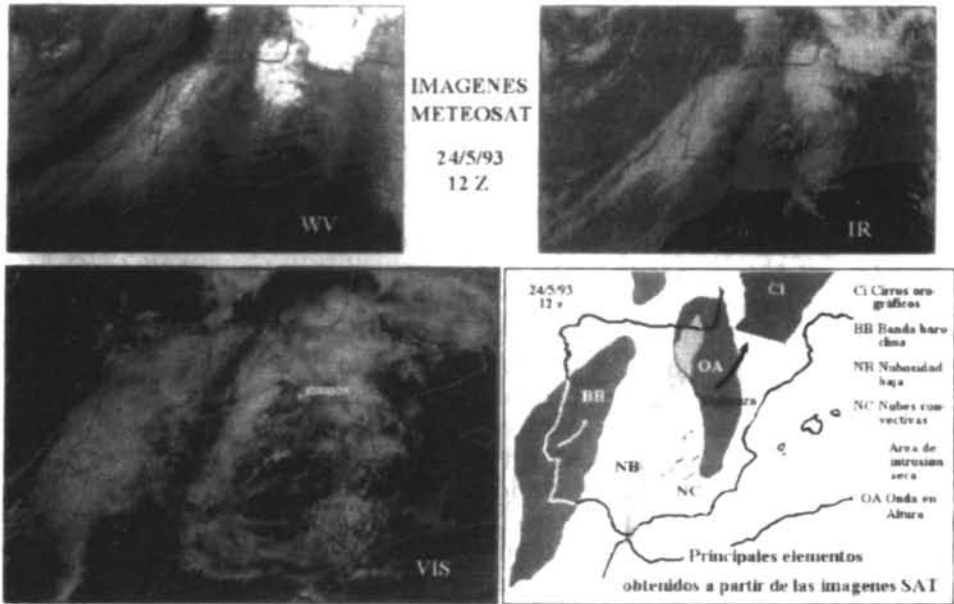


Figura 2. Tornado de Sigüenza. Imágenes del Meteosat a las 12,00 UTC para los canales. Absorción de vapor de agua (WV), infrarrojo (IR), visibles (VIS), y figura de los principales elementos obtenidos a partir de los diferentes canales del Meteosat (según Martín León *et al.*, 1995).

comienza a ser cotidiano su seguimiento; y todo ello, gracias a las posibilidades de la teledetección, sobre todo el radar. Vamos a considerar dos ejemplos característicos.

El tornado del 29 de septiembre de 1997 en Mojácar. El 29 de septiembre en el litoral de Mojácar (Almería) hubo evidencia de dos tornados. El segundo de ellos se avistó a las 9:10 UTC sobre el mar, como manifestación marina (Tromba marina), con un recorrido aproximado de 7 kilómetros y una duración de 15 minutos. La situación atmosférica se correspondía, en niveles altos, con una depresión fría, con núcleo sobre 35° N y 10° W, e isotermas de -15° sobre Gibraltar, y un área de bajas presiones relativas interesaban al norte de África y mar de Alborán (1010 hPa). A 300 hPa, un ramal del *Chorro Subtropical* aparece sobre la vertical del sur peninsular que se superponía a la advección cálida del Sur/Sureste de niveles bajos, provocando una fuerte succión de la masa superficial y la aparición de procesos convectivos muy intensos sobre el Sureste de España. Generándose un Sistema Convectivo de Mesoescala, una de cuyas células creó varias trombas marinas, como la que afectó a Mojácar.

Su movimiento fue del ENE/WSW, las dimensiones la a de las zonas dañadas afectan a una franja de 150 metros de diámetro y un kilómetro de longitud. De los destrozos producidos, en edificios, árboles, etc. (una mujer que se encontraba en el interior de una oficina móvil de información en una promotora turística en Mojácar, le hizo volar a lo largo de más de 60 metros, tras arrancarla del suelo, sufriendo traumatismo craneoencefálico), se dedujo que el viento pudo alcanzar velocidades superiores a 200 Kilómetros por hora.

El tornado del 24 de mayo de 1993 en Sigüenza. El flanco oriental de la Península se veía afectado por una intensa actividad convectiva. Un conjunto de tormentas llegó a organizarse en una estructura lineal, afectando a la provincia de Guadalajara. Una de estas células convectivas que configuraba el sistema generó un tornado que afectó a Sigüenza entre las 19:30 y 19:40 UTC. Su movimiento, del SSW hacia el NNE, fue prácticamente rectilíneo y las dimensiones de las zonas dañadas, a lo largo de un corredor de 2-3 kilómetros de ancho y vientos entre 117 y 181 kilómetros /hora. Los daños se estimaron en más de 400 millones de pesetas del año 1993, afectando a gran parte del casco urbano.

EL GRANIZO

Una forma de precipitación de especial interés es aquella constituida por el granizo, precipitación de glóbulos de hielo -agua congelada- con forma de esfera o cono, cuyo diámetro es del orden de 2 a 5 mm, aunque pueden llegar incluso a los 5° (pedrisco) en forma sólida y amorfa y que caen al suelo separados los unos de los otros. Resulta de mecanismos de precipitación esencialmente convectivos, normalmente apoyados por temperaturas superficiales altas y por la orografía cuando ésta presenta pendientes suficientemente abruptas y amplias como para forzar el disparo vertical del aire superficial hacia la Tropopausa donde las temperaturas bajas ocasionan la congelación del agua que es transportada en el seno de las nubes de gran dimensión vertical.

Así pues, el granizo se forma únicamente en las nubes cumuliformes, especialmente en los Cumulonimbos muy desarrollados, provistos de movimientos ascendentes muy intensos. En la parte superior de los Cumulonimbos, donde coexisten cristales de hielo y gotitas de agua, la presión saturante del vapor de agua sobre el hielo es menor que sobre el agua, pero estará sobresaturado con respecto al hielo. Esto da lugar a que las gotitas de agua sobrefundidas se evaporen y ese vapor se sublima, posteriormente, sobre los cristales deshielo. Por este proceso, denominado «efecto Bergueron», los cristales aumentan de tamaño. Cuando el tamaño alcanzado por los cristales es grande, caen a través de la nube y arrastran a las gotas de agua que se encuentran a su paso. Cristales de hielo y gotas de agua son arrastrados por las corrientes descendentes en el seno de los Cumulonimbos. Los cristales de mayor tamaño son sobrepasados por las pequeñas gotas de agua y la diferencia de velocidad provoca numerosos choques entre las gotas de agua y los cristales de hielo. Cuando las gotas sobrefundidas son poco numerosas y de pequeño tamaño, se congelan inmediatamente al chocar contra el cristal de hielo, formando un granizo opaco, ligero y blando, denominado nieve granulada. Granizo que adquiere escasa velocidad, y puede fundir con facilidad antes de tocar el suelo. Por el contrario, si las gotas sobrefundidas son muy numerosas y las corrientes de aire en la nube convectiva son violentas, el ritmo de captación de gotas por el cristal de hielo es muy rápido y se desprende suficiente cantidad de calor como para recalentar la superficie del bloque formado hasta la temperatura de 0°C. Originándose una masa de hielo rodeada de agua que se congelará en forma de hielo transparente al atravesar zonas de temperatura bajo cero; los granizos formados están recubiertos de una capa de hielo transparente, pesado y duro, que son arrastrados por las fuertes corrientes de aire, repitiéndose el proceso. Nuevas gotas de agua se añaden al granizo que aumenta su grosor en capas concéntricas hasta que su tamaño es suficiente-

mente grande y a pesar de las fuertes corrientes ascendentes, se ve obligado a caer al suelo precedido de un ruido sordo, probablemente, debido al choque de unos granizos con otros en el seno del aire. El granizo suele presentar forma esférica o cónica. La mayor parte de los daños que ocasiona el granizo se debe a la destrucción de las cosechas, popularmente se le denomina «la plaga blanca».

El fenómeno del granizo en la Península Ibérica se distribuye en condiciones muy diferentes, con la consiguiente existencia de acusados contrastes internos (referidos tanto al número de días de granizo como al ritmo interestacional), debidos a las condiciones que se ofrezcan a los siguientes factores: 1.-Presencia de altas temperaturas en el suelo. 2.-Existencia de pendientes importantes. 3.-Proliferación de situaciones atmosféricas de tiempo que posibiliten la convectividad o la origenen.

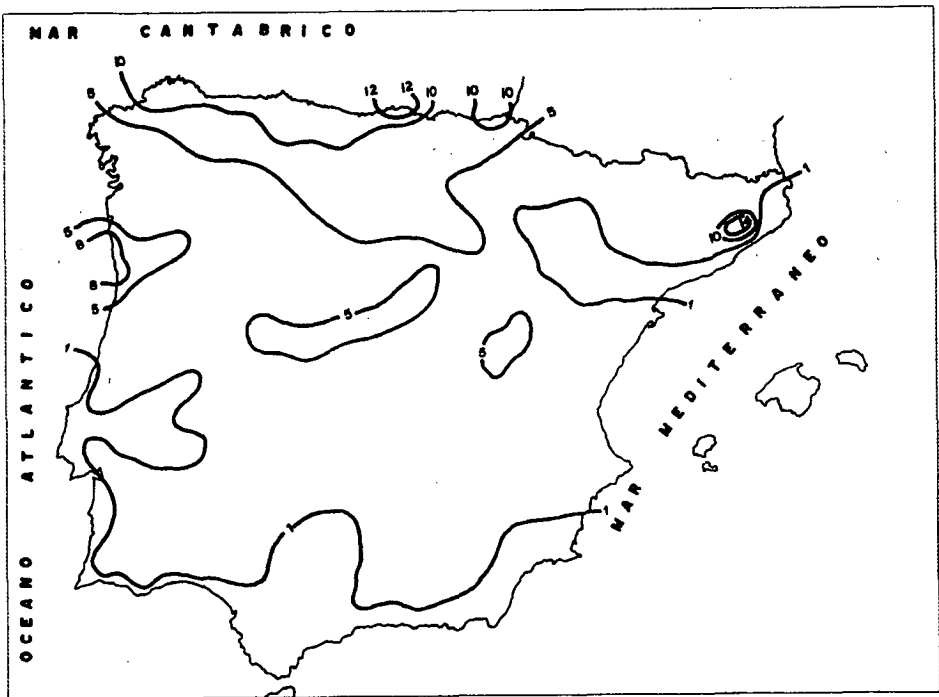


Figura 3. Días de granizo al año en la Península. Periodo: 1961-1990

A cerca de la Orografía peninsular como factor condicionante del Granizo

En las comarcas costeras del Mediterráneo, golfo de Cádiz, del Algarbe, Extremadura y zonas deprimidas -depresiones del Ebro, Tajo-Sado, Guadalquivir, desierto de Calanda, depresión Ibérica- raramente alcanzan una granizada al año, siendo frecuente encontrar observatorios donde apenas registraron alguna que otra granizada para un periodo de 30 años. De este hecho es posible intuir una interrelación entre altitud sobre el nivel del mar y número de días de granizo (en áreas bajas pocos días de granizo). Sin embargo, dista mucho

de ser cierto, pues el proseguir el análisis de áreas progresivamente más elevados sobre el nivel del mar no se aprecia el incremento de días de granizo que cabría esperar; de hecho, el segundo y tercer máximos de la Península (12, 5 y 11, 1 en Santander y Gijón, respectivamente), se sitúan a escasa altura sobre el nivel del mar. Por otro lado, son numerosos los observatorios que, a altitudes mayores de 1000 m, apenas si alcanzan 5 días (4,4 en Penhas Douradas; 5,6 días en el Puerto de Navacerrada; 1,1 días en Teruel; 3,2 días en Molina de Aragón; 3,3 días en Segovia). Si correlacionamos ambas variables -altitud y días de granizo-, se obtiene un índice $\langle r \rangle = 0,66$ que equivale a un coeficiente de determinación del 54%, o sea, en un 54% la altitud explica el número de días de granizo. Ello indica una importancia tan solo secundaria del factor altitud. Efectivamente, así debe ser si consideramos que los mecanismos atmosféricos tendentes a la convección, de los que resulta el granizo, no cuentan con la topografía más que como elemento acelerador del disparo vertical del aire superficial, y ello no está en relación con la existencia de la altitud, sino de pendientes abruptas y amplias. Por lo general, una pendiente fuerte y prolongada conduce a la progresiva elevación de la superficie terrestre sobre el nivel del mar, de ahí que el índice $\langle r \rangle$ sea moderadamente alto, aunque la existencia de altas planicies, tierras elevadas ausentes de escarpes orográficos pronunciados, impide que $\langle r \rangle$ sea superior, distorsionando la correlación establecida. En el mapa de la distribución espacial de los días de granizo, se aprecia efectivamente como las laderas con fuertes pendientes de las alineaciones montañosas peninsulares (Cordillera Cantábrica, Pirineos, Montseny, Sistema Ibérico, Sierra de Freita, Sierra de Gerês, Montalegre, entre otras) incrementan considerablemente las posibilidades de existencia más o menos frecuente del granizo. Sin embargo, no todas las alineaciones montañosas de la Península revelan una igualdad de condiciones en la cartografía adjuntada, lo cual revela en primer lugar la aleatoriedad del hidrometeoro y la intervención de otros factores.

Consideraciones sobre la Temperatura como factor condicionante del Granizo

El factor térmico es fundamental en la consideración de los procesos atmosféricos relacionados con la termoconvectividad en la Península. No obstante, la actuación de la temperatura sobre la caracterología se aprecia más en su ritmo estacional que en la distribución espacial de sus valores anuales. A continuación describiremos los diferentes ámbitos peninsulares según el mes en que se localice el máximo número de días de granizo, haciendo las pertinentes observaciones sobre la coincidencia con máximos termométricos, cuando exista ésta.

- En los observatorios del interior de Cataluña y sector oriental de los Pirineos, las granizadas suelen ser más propicias en verano (julio y agosto, meses más cálidos en dicha región). Precisamente el cuadrante nororiental, es el único territorio de la Península que tiene ritmo pluviométrico continental, con máximo de estío, o bien igualado al de otoño, como acontece en la Europa continental.
- En la depresión del Ebro, el granizo se presenta preferentemente durante los meses de mayo y junio. La coincidencia con los máximos termométricos, se hace menos nítida.

- La Meseta castellana, Sistema Central, Sistema Ibérico, Montes de Toledo y litorales de Cataluña, Valencia y Murcia suelen ser más propicios a las granizadas en primavera, especialmente durante los meses de abril y mayo. Se trata de un amplio sector que abarca extensos territorios y en el cual no se verifica ninguna coincidencia.
- En el litoral mediterráneo andaluz, golfo de Cádiz, Algarbe y bajo Guadalquivir, el granizo se presenta a comienzos del invierno, durante diciembre y enero, precisamente, cuando el aire ambiente está muy frío.

Finalmente, en los ámbitos septentrionales, País Vasco, Santander, Asturias, Galicia, norte de Portugal, de manifiesta vocación atlántica, suelen presentar una gran relevancia las granizadas durante el invierno, preferentemente, en los meses más frío del año, enero y febrero.

Consideraciones sobre la circulación aerológica como factor condicionante del Granizo

En la P. Ibérica están presentes los mecanismos dinámico-atmosféricos que provocan la convección, no obstante éstos visitan con mayor frecuencia unas regiones que otras. Tal hecho determina el reducido número de días de granizo observado en el litoral oriental y sur Peninsular -comarcas costeras del Mediterráneo, del golfo de Cádiz y Algarbe-, y zonas deprimidas, en general, -depresiones del Ebro, Tajo-Sado y Guadalquivir- las cuales raramente alcanzan una granizada al año. En estos territorios los mecanismos dinámicos (como las irrupciones frías en altura y curvatura ciclónica) son menos frecuentes, debido a su latitud, y, por consiguiente, alejados de las trayectorias más comunes que sigue el aire polar en su desplazamiento hacia la Europa mediterránea. Los otros mecanismos que actúan en el resto de la Península parecen no ser operativos aquí. Se puede destacar la termoconvectividad resultante de la depresión térmica peninsular (junio a septiembre) y la interacción con los extremos meridionales de frentes fríos, asociados a las perturbaciones del frente polar que aparecen interesando al tercio septentrional de la Península.

Los fenómenos de convección son muy propensos a finales de primavera, preferentemente, en el mes de mayo, en las altiplanicies del interior peninsular. Por un lado, el aumento térmico tan apreciable durante la segunda quincena del mes y, de otro, la llegada de vaguadas y gotas frías de niveles altos (asociadas a sistemas frontales en superficie), propician la formación de abundante nubosidad cumuliforme y granizadas intensas.

Finalmente, nos queda señalar que las perturbaciones frías de niveles altos, asociadas a sistemas frontales de carácter frío, son muy operativas durante los meses de invierno en la formación del granizo, en el Cantábrico, Galicia, Navarra Atlántica y Norte de Portugal.

Resumiendo, los máximos del País Vasco (10 en San Sebastián), Cantabria (12,5 en Santander), Asturias (9,2 en Oviedo), norte de Galicia (10,1 en La Coruña), Douro Litoral (6,7 en Oporto) y Minho (9,4 en Vianna de Castello), Montseny (14), cordillera Cantábrica y Pirineos, son debidos a la superposición de mecanismos atmosféricos favorables a la convección apoyados por el factor orográfico, ante todo. Los mínimos se localizan en áreas donde la inestabilidad convectiva aerológica o las fuertes y prolongadas pendientes se ausentan considerablemente, o al menos, en condiciones más desfavorables: tierras bajas

del litoral Sur y tierras deprimidas (depresiones del Ebro y del Guadalquivir; surco Intrabético y depresión Ibérica).

BIBLIOGRAFIA

- CAPEL MOLINA, J. J. (1974): «Génesis de las inundaciones de octubre de 1973 en el SE de la P. Iberica». *Cuadernos Geográficos*, Universidad de Granada, num. 4, pp 149-166.
- CAPEL MOLINA, J. J. (1977): «Los torrenciales aguaceros y crecidas fluviales de los días 25 y 26 de octubre de 1977 en el litoral levantino y sur mediterráneo». *Paralelo 37º*, Diputación de Almería, num. 1, pp. 109-132.
- CAPEL MOLINA, J. J. (1980): «Nubes cumuliformes». *Paralelo 37º*; Diputación de Almería, pp. 5-18.
- CAPEL MOLINA, J. J. (1980): «Situaciones sinópticas de lluvias torrenciales en el litoral mediterráneo español». *Anales de Ciencias*, Colegio Univer. de Almería, pp. 121-138.
- CAPEL MOLINA, J.J.(1981): “*Los Climas de España.*” Oikos-Tau, Barcelona.
- CAPEL MOLINA, J. J. (1983): *El clima de la España Cantábrica. Las inundaciones de agosto de 1983 en el País Vasco, Cantabria y Navarra Atlántica.* La Crónica, Almería 146.págs.
- CAPEL MOLINA, J. J. (1983): «Situaciones sinópticas de lluvias intensas en la Meseta Castellana». *Anales de Geografía*, Univer. Complutense, Año III, Madrid, pp.105-123.
- CAPEL MOLINA, J. J. (1985): «Das Unwetter von August 1983 im Kantabrischen Spanien (Baskeland, Kantabrien und Atlantisches Navarra)». *Erkunde*. Bonn, pp. 152-157.
- CAPEL MOLINA, J. J. (1986): «Un fenómeno climático excepcional en Europa Atlántica. La tromba de agua de agosto de 1983 en el golfo de Vizcaya». En Homenaje a Orlando Ribeiro. Universidad Nova de Lisboa, Lisboa, pp. 125-142.
- CAPEL MOLINA, J. J (1988): Trayectorias de las gotas frías en el flanco sur europeo: Archipiélagos Ibéricos, Mediterráneo y Mar Negro. En, *Avances sobre la investigación en Bioclimatología*. C.S.I.C., Madrid, pp. 489-505.
- CAPEL MOLINA, J.J.(1987): El clima de Andalucía. En, *Geografía de Andalucía*, Vol. II, ed. Tartessos, Sevilla.
- CAPEL MOLINA, J. J. (1988): «Las lluvias torrenciales de noviembre de 1987 en Levante y Murcia». *Estudios Románicos*, Vol. 6, Universidad de Murcia, pp. 1551-1562.
- CAPEL MOLINA J. J. (1989): «Incidencia de la termoconvectividad en las lluvias torrenciales de la España mediterránea». En, *Avenidas fluviales e Inundaciones en la cuenca del Mediterráneo*, C.A.M. e Instituto Universitario de Geografía, Alicante, pp. 89-105.

- CAPEL MOLINA, J. J. (1989): «Convección profunda sobre el Mediterráneo español. Lluvias torrenciales en los días 4 al 7 de septiembre de 1989 en Andalucía Oriental, Murcia, Levante, Cataluña y Mallorca». *Paralelo 37º*, Diputación de Almería, 13, pp. 51-80.
- CAPEL MOLINA, J. J. (1990): «Ciclogénesis violenta en el Mediterráneo. La inundación de Málaga de noviembre de 1989». *Papeles de Geografía*, Nº 16, Universidad de Murcia, pp. 9-34
- CAPEL MOLINA, J. J. y OLCINA CANTOS, J. (1993): «Ondas cortas atmosféricas estivales y fenómenos tormentosos con granizo en el Sureste peninsular Ibérico». *Papeles de Geografía*, nº 19, Universidad de Murcia, pp. 1-34.
- CAPEL MOLINA, J. J. (2000): El clima de la Península Ibérica. Ed. Ariel, Barcelona.
- DOSWEL, C.A. (1985): *The operational Meteorologie Convective Weather. Volume II: Storm Scale Analysis*, Environmental Sciences Group, Bolduer, Colorado, april 1985.
- ERICKSON, J. (1991): Las tormentas. Serie Mc Graw-Hill de Divulgación Científica, Madrid.
- GIAO, A (1996): "Climatologie dynamique de la Péninsule Ibérique". *Arquivo do Instituto Gulbenkian de Ciência*. vol.IV, nº4. Lisboa.
- JANSÁ, A. (1985b) : "Alteraciones a mesoescala del campo de presiones en el Mediterráneo occidental" XI Jornadas científicas. *I Congreso de Meteorología mediterránea*, pp. 71-98, A.M.E. Madrid.
- OLCINA CANTOS, J. (1992): "Sistemas nubosos, conjuntos convectivos de mesoscala causantes de precipitaciones torrenciales en la fachada mediterránea de la Península Ibérica. Causas sinópticas". *I Congreso Iberoamericano de Meteorología y V Congreso Interamericano de Meteorología*. Cáceres y Salamanca, octubre.
- OLCINA CANTOS, J. (1994): Riesgos climáticos en la Península Ibérica. Ed. Penthalon, Madrid.
- SOLIÑO VIDAL, A. Y GAYA, M. (1996): "Caps de fibló (trombas o tornados). Algunas observaciones recientes", *III Simposio Nacional de Predicción del I.N.M.*, Madrid, pp.19-25.

Fecha de Recepción: 10 de Enero de 2002. Fecha de aceptación: 25 de Febrero de 2002.