

4.4.

Granizo y convección severa

El granizo y su formación

El granizo, y por extensión el resto de los meteoros resultantes de la denominada convección severa, constituye uno de los elementos del clima más adversos a las actividades humanas, en particular para la agricultura. El granizo se define como una bola o forma irregular de hielo con un tamaño que puede variar entre los 0,5 y 15 cm.

Su origen está en los procesos convectivos de la atmósfera, que estimamos conveniente explicar de forma breve. Los movimientos predominantes en la atmósfera son los horizontales, pudiendo una masa de aire recorrer varios centenares de kilómetros en un solo día. Estos movimientos son primordiales para la circulación general de la atmósfera y para la configuración de los climas de la Tierra.

Los movimientos verticales de las masas de aire son mucho más limitados, y normalmente, sobre una superficie extensa, no alcanzan en promedio más allá de unas pocas decenas de metros. Sin embargo, la importancia de esos movimientos es fundamental para dos procesos; la transferencia de energía desde el suelo, calentado por el sol, a las capas altas de la atmósfera y la condensación del vapor de agua presente en el aire.

Como es sabido, el agua es un componente muy minoritario de la atmósfera y además, y a diferencia del resto, muy variable en su distribución espacial.

Los movimientos verticales de la atmósfera son los causantes, si son ascendentes, de la condensación del vapor de agua, de la formación de nubes y de las precipitaciones, y si son descendentes normalmente provocan el efecto contrario. Si los ascensos en la atmósfera se producen sobre grandes extensiones y de forma lenta, dan lugar a nubes de tipo estratiforme, que producen precipitaciones con una intensidad de débil a moderada, como la de los frentes cálidos. Si el ascenso se produce de forma más localizada, como consecuencia del paso de una superficie frontal de tipo frío, de un calentamiento local diferenciado, de una mayor disponibilidad de humedad en las capas bajas de la atmósfera, de una inestabilidad vertical o, lo que es más frecuente, de una combinación de estos u otros factores, como los orográficos, se producen procesos convectivos, que son la excepción a la laxitud y suavidad de los movimientos verticales de la atmósfera.

En los movimientos convectivos, las partes de una masa de aire pueden ascender localmente centenares de metros en cuestión de minutos, incluso de segundos, acarreado una enorme liberación de energía por el propio ascenso y, sobre todo,



Foto 04. ▼ El granizo constituye un riesgo climático importante, de efectos espacialmente muy localizados, pero que pueden provocar pérdidas importantes en la agricultura así como en los bienes y viviendas. En la imagen aparecen los daños ocasionados en un vehículo por el granizo en Alcañiz, el 16 de agosto de 2003. Los daños producidos se estimaron en más de 60 millones de euros, sin incluir los derivados del efecto sobre la agricultura. Foto FEG

por la condensación súbita del contenido en vapor de agua del aire en la misma. La nubosidad propia de este tipo de procesos es la cumuliforme, en particular los cúmulos de gran desarrollo y los cumulonimbos. Esta disponibilidad de energía se manifiesta en la violencia que frecuentemente acompaña a los fenómenos derivados de estos procesos, entre los que se encuentra el granizo.

Los ascensos del aire en una célula convectiva suponen la condensación rápida de grandes cantidades de vapor de agua. Este agua líquida, en forma de minúsculas gotas, se puede encontrar a niveles cuya temperatura sea inferior a 0°C , lo que se denomina en estado subfundido. Cuando el agua subfundida encuentra una superficie, que puede ser una pequeña partícula de hielo, se congela rápidamente sobre la misma, dando origen al crecimiento de las piedras de granizo. En la práctica totalidad de las células convectivas existe granizo en su interior, sólo que si las corrientes no tienen la entidad o persistencia suficiente no alcanzan grandes tamaños y se funden antes de alcanzar el suelo en forma de chubasco.

Cuando las corrientes convectivas ascendentes y descendentes están organizadas dentro de una célula, dan lugar a células de convección profunda.

En el interior de estas células hay una región óptima de crecimiento del granizo que suele estar entre los niveles de 0°C y de -40°C , lo que supone unos 5 o 6 Km en vertical dentro de la nube, cuya altura total suele alcanzar los 15 Km. Para que se produzcan grandes crecimientos de las piedras de granizo debe producirse temporalmente un equilibrio entre las corrientes ascendentes y descendentes, de tal manera que los embriones del granizo circulen varias veces por entre las masas de agua subfundida, lo que confiere a las piedras de granizo de mayor tamaño su peculiar estructura interna en forma de capas concéntricas. Finalmente, el granizo cae detrás de la principal corriente ascendente de la célula y, si se dan las condiciones de baja temperatura en los niveles bajos o de gran tamaño de las piedras, éste alcanza la superficie con los resultados por todos conocidos.

Las condiciones para la formación de células convectivas de gran desarrollo, cuya máxima expresión son las denominadas en Meteorología “supercélulas”, se dan predominantemente en verano. Lo frentes fríos más activos desarrollan en su seno nubes convectivas que frecuentemente producen precipitaciones de granizo, pero el menor desarrollo vertical y el menor grado de organización de las mismas supone un tamaño inferior de las piedras de granizo resultantes, junto con el hecho de que se producen en los meses invernales, por lo que los daños a la agricultura son mínimos.

El granizo en Aragón

El granizo es un meteoro difícil de cartografiar por su carácter extremadamente local y por su irregular aparición. Con frecuencia pasan varios años sin que el granizo haga acto de presencia en un lugar y en una determinada situación se pueden producir varios días consecutivos de granizo. La cartografía de granizo adjunta hace referencia al número medio anual de días de granizo en Aragón, y ha sido realizada utilizando los datos de los observatorios principales del Instituto Nacional de Meteorología (INM), así como de una selección de los de la red secundaria del INM.

Conseguir una serie de registro de meteoros con la calidad y riqueza suficiente no es sencillo, por lo que este criterio de calidad, junto con el de una distribución espacial adecuada, han sido los utilizados para la selección de observatorios. Los datos pertenecen al último periodo de referencia climatológico 1970-2000, extendiéndolo en lo posible hasta 2005 y, en cualquier caso, seleccionando aquellos observatorios de la red que tuvieran datos de, por lo menos, los diez años del periodo 1996-2005 (tabla 5).

Como resultado de todo ello aparece una distribución que, en la mayor parte del territorio, salvo el centro de la Depresión del Ebro y la Hoya de Huesca, presenta valores superiores a un día de granizo de media al año. Al sur, se alcanzan máximos locales superiores a los tres días anuales (que provienen de máximos aún mayores en la Serranía de Cuenca) en el sector sur de los ramales de la Ibérica zaragozana y en las sierras más occidentales de Teruel, así como en la Sierra de Gúdar. El corredor del Jiloca presenta mínimos locales inferiores a los dos días, que es el número medio mínimo de días anuales de granizo del resto de la Ibérica aragonesa. Es interesante mencionar que la zona con más de dos días anuales de granizo se prolonga por los somontanos de la Ibérica, extendiéndose por buena parte de las comarcas de Tarazona, Borja, Aranda, Campos de Cariñena y de Belchite, Cuencas Mineras, Andorra y Bajo Aragón. Esta penetración de mayores frecuencias de granizo hacia las zonas del llano se debe al desplazamiento típico de los sistemas convectivos, que se generan sobre el Sistema Ibérico aprovechando la convergencia de flujos contrapuestos en superficie y el levantamiento orográfico y se desplazan hacia el nordeste empujados por el flujo del suroeste en niveles medios que está presente cuando se dan las condiciones más favorables a la inestabilidad atmosférica estival. Además, el desplazamiento de esos núcleos hacia zonas llanas, que han recibido mayor insolación y están a mayor temperatura, favorece el crecimiento adicional de las corrientes ascendentes y eleva en esta zona las intensidades de las precipitaciones y, consecuentemente, la frecuencia de granizo. Una vez descargan las precipitaciones, la frecuencia desciende hacia el Ebro

En los Pirineos de nuevo vuelve a ascender el número medio de días anuales de granizo, hasta alcanzar los máximos regionales, pero aparecen unos matices importantes.

El crecimiento es brusco y no afecta tanto a las Sierras Exteriores como a sus unidades más septentrionales. Existe una mayor extensión de las zonas con mayor número de días de granizo a ambos extremos del Pirineo aragonés, pero sus orígenes son diferentes. Los sectores más occidentales presentan más días de granizo procedente del paso de frentes, que afectan a esta zona con mayor frecuencia e intensidad que a cualquier otra parte de Aragón, mientras que las zonas más orientales, presentando también una relativamente alta frecuencia de paso de sistemas frontales, tienen un carácter más claramente mediterráneo y por tanto la frecuencia y, sobre todo, la intensidad de las tormentas estivales es mucho mayor. Si se recuerda, además, el patrón de desplazamiento suroeste-nordeste de los núcleos convectivos y que los mismos se suelen reactivar al elevarse de nuevo en los Pirineos, resultará que buena parte de ellos terminará en las sierras de la Ribagorza, que son las que presentan los máximos absolutos de frecuencia de granizo de Aragón.

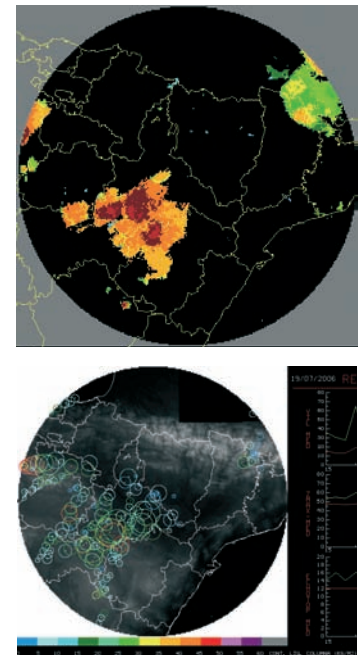
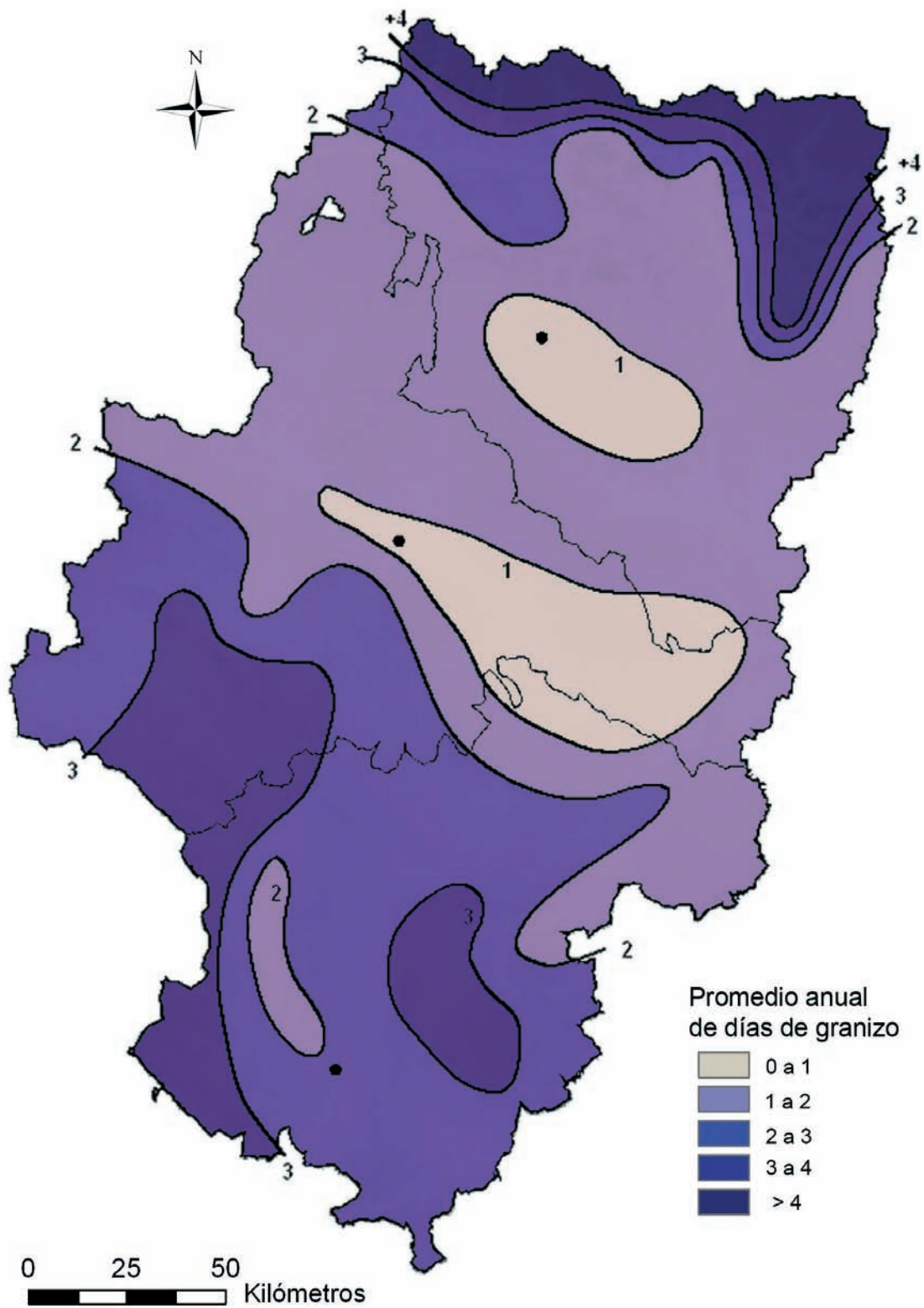


Imagen 4. ▲ Arriba. Imagen del radar meteorológico de Monte Oscuro (Zaragoza), en el momento de producirse diversas tormentas en las comarcas de la Comunidad de Calatayud, Campo de Daroca y Jiloca, entre ellas la que dio lugar a una muy fuerte granizada en el municipio de Maluenda (Zaragoza), el 19 de julio de 2006. Se puede apreciar como los topos de los núcleos convectivos más activos superan los 16 Km de altura. (Fuente: INM)

Imagen 5. ▲ Debajo. Postproceso de las imágenes de radar que muestra la evolución de los centroides de las células convectivas entre las 17 y las 20 horas locales del 19 de julio de 2006. Los núcleos siguen una trayectoria SW-NE, intensificándose sobre la Ibérica y sus somontanos a sotavento, disminuyendo de intensidad hacia el centro del valle. (Fuente: INM).

Número de días de granizo promedio por año



Estación	Altitud	Días granizo	Periodo	Frecuencias estacionales (%)			
				Invierno (DEF)	Primavera (MAM)	Verano (JJA)	Otoño (SON)
Aínsa	530	1,71	89-05	0,0	25,0	62,5	12,5
Alcañiz	320	2,00	90-04	10,0	30,0	43,3	16,7
Ariño	520	2,43	91-05	2,9	32,4	50,0	14,7
Atea	842	3,33	70-03	1,1	28,9	60,0	10,0
Ayerbe	585	1,31	92-05	5,9	35,3	52,9	5,9
Benabarre	740	6,29	88-05	7,5	40,2	32,7	19,6
Biel	760	1,26	70-05	11,6	23,3	51,1	14,0
Bielsa – Javierre	1.095	4,27	95-05	2,2	31,9	57,4	8,5
Botorríta	386	1,92	92-05	26,1	34,8	26,1	13,0
Calaceite	490	1,85	91-05	8,3	12,6	70,8	8,3
Caniás	855	2,73	71-05	17,1	53,6	19,5	9,8
Cedrillas	1.023	3,62	84-05	1,4	28,9	52,6	17,1
Cella	1.023	1,87	70-05	10,2	42,3	33,9	13,6
Daroca	779	3,54	70-05	6,5	46,7	39,5	7,3
Ejea de Los Caballeros	321	1,78	96-05	6,3	50,0	31,2	12,5
Fanlo - Refugio De Góriz	2.215	3,00	82-04	11,6	43,5	20,3	24,6
Fuentes de Ebro	195	0,58	70-05	5,6	38,8	27,8	27,8
Hecho	860	4,75	90-05	9,2	38,2	36,8	15,8
Hostal de Ipiés	780	1,20	81-05	8,3	29,2	33,3	29,2
Huesca - Monflorite	541	0,76	70-05	7,7	38,4	46,2	7,7
Illueca	581	2,38	97-05	10,5	26,3	26,3	36,9
La Almunia de D. Godina	370	2,16	86-05	20,5	25,6	43,6	10,3
La Mata de los Olmos	900	2,42	84-05	13,8	48,3	17,2	20,7
Lanaja	380	1,10	96-05	0,0	9,1	90,9	0,0
Mas de las Matas	500	1,80	91-05	7,4	18,5	51,9	22,2
Mediano	504	1,67	71-92	8,6	40,0	42,8	8,6
Monreal de Ariza	765	2,30	96-05	0,0	47,8	43,5	8,7
Puebla de Híjar	245	0,75	85-05	6,7	33,3	40,0	20,0
Puente de Montañana	535	1,30	96-05	0,0	38,5	38,5	23,0
Tamarite de Litera	218	1,20	91-05	16,7	22,2	44,4	16,7
Teruel - Observatorio	900	2,21	87-05	2,4	23,8	64,3	9,5
Tornos	1.018	3,56	70-05	15,2	50,8	27,7	6,3
Villarroya de los Pinares	1.320	2,06	90-05	6,1	15,2	54,5	24,2
Yebra de Basa	910	1,04	71-05	8,3	16,7	58,3	16,7
Zaragoza - Aeropuerto	247	0,66	70-05	4,3	30,4	30,4	34,9

Estacionalmente, existe una clara tendencia al desplazamiento de la mayor frecuencia de granizo al verano o incluso a principios del otoño cuanto mayor sea la proximidad al Mediterráneo, mientras que las zonas más occidentales, en especial ese sector de los Pirineos y el extremo oeste de la Ibérica turolense, presentan sus máximos en primavera. El granizo estival es mucho más perjudicial, puesto que se genera en núcleos convectivos con una gran liberación de energía, lo que les permite alcanzar grandes tamaños e intensidades y porque coincide con una etapa altamente sensible en los cultivos, especialmente para la vid y los frutales. Así, aparecen en Aragón unas zonas donde el granizo supone un mayor riesgo para estas actividades, que a grandes rasgos coinciden con la depresión intraibérica del Jalón-Jiloca y, en general, todos los somontanos de la Ibérica, donde este riesgo está claramente identificado y se emprenden tareas de defensa antigranizo, bien pasivos, como la protección mediante redes o pantallas de los cultivos, bien activos, como la siembra de núcleos de condensación en los días identificados por el INM como de riesgo de granizo. Este proceso se basa en la hipótesis de que un mayor número de núcleos de condensación hará que el agua subfundida se congele sobre un mayor número de partículas, de forma que las piedras de granizo no lleguen a alcanzar tamaños excesivamente grandes y reduciendo, por tanto, la energía con la que llega la precipitación al suelo o facilitando que el granizo de menor tamaño se funda en su descenso y llegue a la superficie en forma líquida.

Tabla 5. ▲ Resumen de datos sobre el número de días de granizo en Aragón a nivel anual y estacional. Conseguir una serie de registro de meteoros con la calidad y riqueza suficiente no es sencillo. Los datos pertenecen al último periodo de referencia climatológico 1970-2000, extendiéndolo en lo posible hasta 2005 y, en cualquier caso, seleccionando aquellos observatorios de la red que tuvieran datos de, por lo menos, los diez años del periodo 1996-2005. Fuente INM.



Otras manifestaciones de la convección severa

Foto 05. ▼ Vista aérea del centro de la traza descrita por el tornado del 23 de julio de 2003 en el término municipal de Valdealgorfa (Teruel). En el centro de esta val la devastación fue completa, arrasando almendros y olivos, nivelando bancales y destruyendo las edificaciones agrícolas. Foto FEG

El granizo de gran tamaño suele estar acompañado de otros fenómenos, igualmente adversos, como chubascos de gran intensidad y rachas de viento muy fuerte. Sin embargo, las supercélulas mencionadas anteriormente pueden además presentar un tipo muy característico de meteoro de efectos potencialmente devastadores, los tornados.

Aunque no todas las supercélulas produzcan tornados, los de mayor dimensión se producen como consecuencia de éstas. Las supercélulas son sistemas convectivos que pueden alcanzar grandes dimensiones, del orden del centenar de Km en la horizontal y 15 Km o más en la vertical. Su principal característica es que las corrientes convectivas alcanzan un alto grado de organización, lo que permite a la célula mantenerse activa durante más tiempo. La corriente ascendente cuasiestacionaria que la origina está en rotación y es capaz de sostener gran cantidad de precipitación, lo que resulta en una morfología típica en forma de gancho curvado ciclónicamente en torno a la corriente ascendente que se denomina mesociclón. El tornado, definido como un vórtice que gira a gran velocidad bajo la nube convectiva y que puede alcanzar el suelo, se localiza en el mesociclón, en el punto de máxima entrada de aire cálido de los niveles bajos que alimenta a la célula. En la parte posterior del mesociclón se producen intensas precipitaciones de lluvia y, con frecuencia, de granizo.

Los efectos de los tornados pueden llegar a ser muy graves, tanto por la velocidad del viento como por el efecto de succión que se produce hacia su interior, que es enorme. La intensidad de los tornados se mide con la escala de Fujita, que tiene 6 niveles, desde el F0 hasta el F5, con velocidades del viento desde los 64 Km/h hasta más de 420 Km/h.



En Europa, los tornados no son un hecho tan infrecuente como pudiera parecer, aunque normalmente se trata de pequeñas trombas marinas que pueden alcanzar el litoral convirtiéndose en tornados débiles. Sin embargo, en aquellas zonas donde se dan las condiciones necesarias para la formación de supercélulas se pueden producir tornados de mayor severidad.

Aragón aparece como una de las zonas de Europa donde los tornados pueden alcanzar mayor severidad.

Desde 1999, se ha venido observando una media de dos tornados al año en la comunidad, algunos de ellos con intensidad severa (F3 en la escala de Fujita, lo que supone vientos superiores a los 250 Km/h).

Las zonas donde aparecen con mayor frecuencia e intensidad son las de la Ibérica y sus somontanos, aunque se han observado en otros ámbitos, lógicamente siempre en verano, cuando se dan todas las condiciones necesarias para la convección más intensa.

Los tornados de la Sierra del Rayo (28.08.99), Valdealgorfa (23.07.03) y Corbalán (28.08.04), todos en la Provincia de Teruel, dejaron trazas en la superficie de longitudes superiores a los 10 Km y anchuras de entre 100 y 300 m, con gravísimos daños sobre arbolado e infraestructuras, lo que ha permitido su clasificación indirecta como tornados del tipo F3.



Foto 06. ▲ Vista del centro de la traza del tornado del 28 de agosto de 1999 en la Sierra del Rayo, en el término municipal de Mosqueruela (Teruel). Este tornado derribó unos 800000 pinos a lo largo de 12 Km. Por la disposición de los pinos derribados se puede apreciar el sentido de giro ciclónico del tornado. DGA