

Observando una piedra de granizo: ¿podemos saber qué procesos tuvieron lugar en el interior de la tormenta?

J. L. SÁNCHEZ CATEDRÁTICO DE FÍSICA APLICADA. IMA. ULE

Las piedras de granizo que vemos en el suelo son una consecuencia de varios procesos en los que intervienen las características de la tormenta en la que las piedras se generaron, fundamentalmente el valor de la velocidad ascensional que tiene en su interior y las dimensiones, especialmente el techo de la nube, todo ello es fruto de una inestabilidad que favorece la convección. Dentro de estos dos aspectos, podemos encontrar situaciones en las que se dan valores elevados de la corriente ascensional, con lo que trasladan una mayor masa de vapor de agua hacia arriba, que al entrar en zonas frías se condensa, con lo que se forman gotas de agua. Pero puede seguir ascendiendo e intentando, cuando sube lo suficiente, alcanzar otras regiones en las que la temperatura se encuentre por debajo de 0 °C. En este caso el paso de líquido a hielo es más complejo ya que si se encuentra en niveles en los que la temperatura no llega a -40 °C, necesita la ayuda de núcleos de congelación que faciliten ese tránsito. Y estos núcleos -apenas unos pocos por litro- son escasos -a diferencia de los de condensación que son varios cientos de miles por centímetro cúbico- con lo que el agua líquida permanece en ese estado, incluso a temperatura bien por debajo de 0 °C. Se dice que se encuentra en un estado "metaestable". Como puede desprenderse de este proceso, el calor latente juega un papel fundamental.

En el caso de que las tormentas tengan un espesor de al menos 8 km, con la base unos 2-3 km de altura y el techo a no menos 10-11 km, las precipitaciones van a ir acompañadas de granizo. El contenido de agua líquida de una tormenta de granizo, en promedio, es de al menos 1 g/m³, aunque es muy habitual encontrar regiones en su interior con valores muy superiores incluso a 10 g/m³. Teniendo en cuenta que una tormenta, no extremadamente violenta, tiene un volumen de 1000 km³, un simple cálculo nos

lleva a que contiene más de un millón de toneladas de agua en su interior.

En la península ibérica, en la época estival, las tormentas suelen tener la base a una temperatura unos grados por encima de 0 °C y el techo a otra de al menos -40 o -45 °C. En estas condiciones la corriente ascensional que impulsa esa masa tormentosa puede llegar a tomar valores superiores a 8 o 10 m/s. Con lo que se dan unas condiciones favorables para que se formen embriones de granizo que irán aumentando de tamaño hasta que alcancen una masa que no sea capaz de ser soportada por la corriente ascensional.

El crecimiento del granizo puede seguir dos vías diferentes. Una de ellas, probablemente la más habitual en la mayor parte de los casos, es cuando sigue el denominado crecimiento seco. En este caso el diámetro máximo que puede alcanzar una de estas piedras no suele sobrepasar los 2 cm de diámetro, tomando un aspecto más blanquecino y esférico. Blanquecino porque la congelación ha sido rápida y no le ha dado tiempo a desprenderse de las burbujas de aire con lo que, al ser iluminada por los rayos del Sol, toma ese color como ocurre con los copos de nieve, pero en este caso mucho más compacto.

En este tipo de crecimiento la parte con-

gelada es la más externa y en el interior se encuentra la líquida que todavía no ha tenido tiempo de congelarse. Probablemente la superficie ha encontrado núcleos de congelación que han ayudado a congelar y ese paso a hielo se va haciendo desde el exterior hasta el interior. En el suelo el resultado es una piedra más o menos esférica, aunque hay que tener en cuenta que el crecimiento lo ha hecho en el seno de un fluido turbulento en el que la velocidad ascensional ha llegado al menos a valores de 10 m/s.

En la formación y crecimiento de las piedras de granizo hay otra opción. Inicialmente se forma una parte central congelada y como consecuencia de unas condiciones que se dan en el interior de una tormenta mucho más violenta que en el caso anterior, se mueve en un entorno con una gran cantidad de agua líquida que estando a tem-

Figura 1: Regla utilizada para observar con realismo los tamaños de las piedras de granizo precipitadas. Se ve que en la parte mas externa es transparente a diferencia de la parte central que es mas blanquecina. Señal de que el crecimiento ha sido por vía húmeda





Figura 2: piedras de granizo con un tamaño comparable a pelotas de tenis en las que se puede apreciar que contienen pequeñas piedras de granizo formando un conglomerado

peratura por debajo de 0 °C aún no ha conseguido congelar. En este caso, la parte central de la piedra de granizo está “intentando” aumentar de tamaño, pero al estar rodeada de una cantidad de agua que no puede congelar ni fácil ni rápidamente, esta “piel” lo hace más lentamente, poco a poco, cediendo calor latente y desprendiendo burbujas de aire. Incluso puede llegar a soltar una parte del agua líquida puesto que se mueve con un movimiento parecido al de una peonza. El resultado es una piedra menos regular y esférica que en el caso del crecimiento seco, y se detecta muy bien en el suelo por tener una parte central blanquecina y otra externa más transparente (ver figura 1). En este caso la tormenta ha sido más violenta, con mayores velocidades ascensionales (no es infrecuente que tengan más de 15 m/s) y con una cantidad de agua líquida suficientemente elevada que al llegar a alturas por debajo de 0 °C no consigue congelar fácilmente.

Sin embargo, hay una variante a este caso. Se produce cuando en pleno crecimiento húmedo, con esa piel en estado líquido, resulta impactada con otra de menor tamaño. En este caso, puede suceder que la más pequeña que se mueve en el seno de la corriente ascensional, impacte y quede “pegada” a la grande gracias a un pegamento: el agua líquida en situación metaestable que la sumerge en su interior. Eso solo puede suceder cuando la corriente ascensional es capaz de mantener piedras de gran tamaño “flotando”. Por decirlo de otra manera, es como cuando en una fuente colocamos un balón encima de uno de los chorros de agua y se mantienen flo-

tando sobre ellos gracias a que el peso del mismo es soportado por la velocidad con la que se impulsa el agua hacia arriba. Las piedras más pequeñas, de menor masa, se mueven hacia arriba y pueden impactar con las mayores. ¿El resultado? Un conglomerado de piedras de gran tamaño, muy irregulares como el que se muestra en la figura 2. En este caso pueden alcanzar diámetros de más de 8 cm que con una masa de unos 250 gramos precipita a una velocidad de 20-25 m/s.

En muchos casos cuando se observa una precipitación de granizo se tiende a decir el tamaño más grande observado, siendo útil la comparación con algún objeto que sea cotidiano. Por ejemplo, con una cereza, una moneda, una pelota de ping-pong o una pelota de tenis. Si se recogen las piedras en un mismo punto por el que ha pasado una tormenta de grani-

zo, se puede observar que puede haber diferencias considerables. Es el caso de la figura 3 en la que se pueden ver piedras más pequeñas y casi esféricas y otras más grandes que se alejan de esa forma, siendo más irregulares. Si se pretende establecer una relación entre las variables radar y las piedras de granizo ¿Cuál tomamos? ¿la pequeña? ¿la mayor? No podemos tomar la media de todas ellas puesto que es una distribución log normal. Sin embargo, hay modelos del tipo nowcasting que son capaces de discriminar entre tormentas con y sin granizo a partir de imágenes de radar, y que incluso dan una magnitud de la energía cinética de la precipitación, aunque se trata de una estimación, por lo que hay que manejar con reservas. No es poco, pero no pidamos más porque introduciríamos, muy probablemente, mayor incertidumbre.

Referencias

- Sánchez J.L., L. López, E. García-Ortega, B. Gil. 2013. Nowcasting of kinetic energy of hail precipitation using radar. *Atmospheric Research* 123, 48-60
- López L., J.L. Sánchez. 2009. Discriminant methods for radar detection of hail. *Atmospheric Research* 93, 358-368
- Marcos J. L., J.L. Sánchez, A. Merino, P. Melcón, G. Mérida, E. García-Ortega. 2021. Spatial and temporal variability of hail falls and estimation of maximum diameter from meteorological variables. *Atmospheric Research* 247, 105142

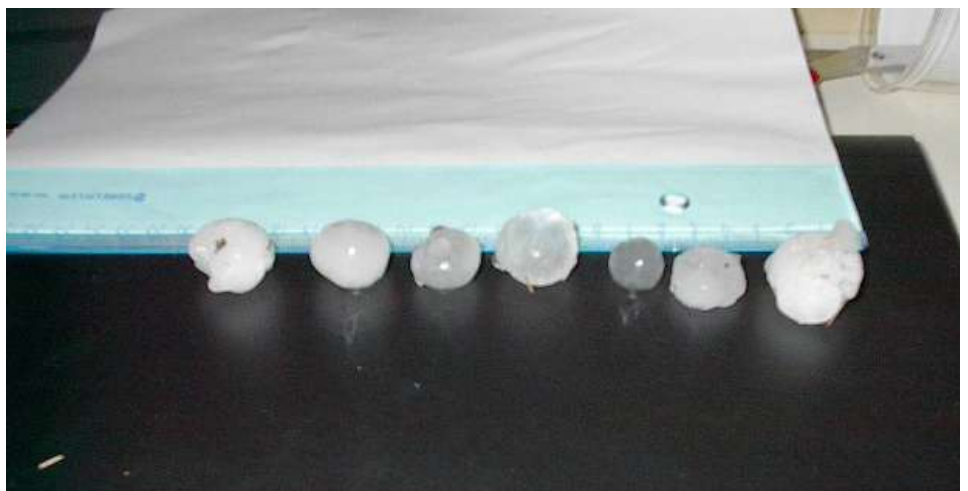


Figura 3: diversas piedras de granizo de distintos tamaños recogidas en un mismo punto al paso de tormenta