Tethys, 6, 69–81, 2009
Revista del tiempo y el clima del Mediterráneo occidental
www.tethys.cat
ISSN-1697-1523
eISSN-1139-3394
DOI:10.3369/tethys.2009.6.05

Revista editada por **ACAM**
(Associació Catalana de Meteorologia)

Estudio de la granizada del 17 de septiembre de 2007 en el Pla d'Urgell. Primera parte: trabajo de campo y análisis de los granizómetros

C. Farnell[1], **M. Busto**[1], **M. Aran**[1], **A. Andres**[1], **N. Pineda**[1] **y M. Torà**[2]

[1]Servei Meteorològic de Catalunya. C/Berlín 38-36, 4a planta. 08029 Barcelona
[2]Agrupació de Defensa Vegetal de les Terres de Ponent

Recibido: 12-III-2009 – Aceptado: 4-VIII-2009 – **Versión Traducida**

Correspondencia a: maran@meteo.cat

Resumen

El llano de Lleida es una zona agrícola con cerca de 200.000 ha de cultivo. El 17 de septiembre de 2007 una granizada afectó 889 ha de superficie de frutales, y de forma especial la comarca del Pla d'Urgell. Esta granizada fue la más importante desde 1990 según datos recogidos por la Agrupació de Defensa Vegetal de les Terres de Ponent (ADV-TP): piedras de más de 5 cm de diámetro y 81 granizómetros impactados (el promedio en la zona de Lleida en septiembre es de 7 granizómetros afectados). Fue provocada por un sistema convectivo de mesoescala originado en el Sistema Ibérico que se reactivó al llegar a Cataluña, provocando una granizada especialmente virulenta y de gran extensión (la segunda parte del estudio se centra en el análisis sinóptico y mesoescalar). En esta primera parte se presenta el análisis de los datos de la red de granizómetros que gestiona la ADV-TP y de la información obtenida de los observadores de la zona afectada. A partir de ellos se concluye que la localización de la piedra más grande no coincide con la zona donde hubo más impactos. En cuanto a la información cualitativa obtenida de los colaboradores, la zona de afectación es similar a la obtenida con los granizómetros. No obstante, cabe destacar del estudio comparativo entre ambas fuentes de información que los observadores tienden a percibir sólo la piedra de mayor tamaño cuando hay una mezcla de diámetros. A modo de conclusión, se presenta una serie de recomendaciones con el fin de objetivar al máximo los informes de los observadores.

Palabras clave: granizo, granizómetro, diámetro, observadores, regla

1 Introducción

Las granizadas son uno de los fenómenos meteorológicos más temibles para la agricultura, en especial para la huerta y los frutales. Una granizada puede echar a perder completamente la cosecha de un año en sólo unos minutos.

España es el país europeo con las mayores pérdidas en agricultura provocadas por el granizo. Entre los años 1991 y 2001, las compañías aseguradoras abonaron más de 2200 M€ en el conjunto del estado español en compensación por daños en cultivos provocados por granizadas, y la mitad de ellas se produjeron en la zona central del valle del Ebro (Sánchez et al., 2003). Según datos de Agroseguros (comunicación personal), en el año 2007 se pagaron 12.5 M€ a modo de indemnización por daños ocasionados por la piedra en los cultivos de Lleida.

El llano de Lleida se caracteriza por ser una zona agrícola con cerca de 200.000 ha de cultivo. El impacto de las granizadas en esta área es importante y desde la *Agrupació de Defensa Vegetal de les Terres de Ponent* (ADV-TP) se llevaron a cabo campañas de prevención del granizo en Lleida (ADV, 2001; Sánchez et al., 2007) en el período 1976-2004. Su repercusión también se pone de manifiesto con el número de estudios realizados en la zona (p. ej. Pascual, 2002; Tudurí et al., 2003; Ceperuelo et al., 2006; y Aran et al., 2007).

La granizada del día 17 de septiembre de 2007 fue la más fuerte desde 1990 según datos recogidos por la ADV-TP. En situaciones parecidas (Ramis et al., 1997; Pascual, 2002 y Ceperuelo et al., 2006) se ha observado que la convección se inicia fuera de la zona y entra por el suroeste de Lleida. La

(cc) BY *2009 Autor(es). Este trabajo tiene licencia "Creative Commons".*

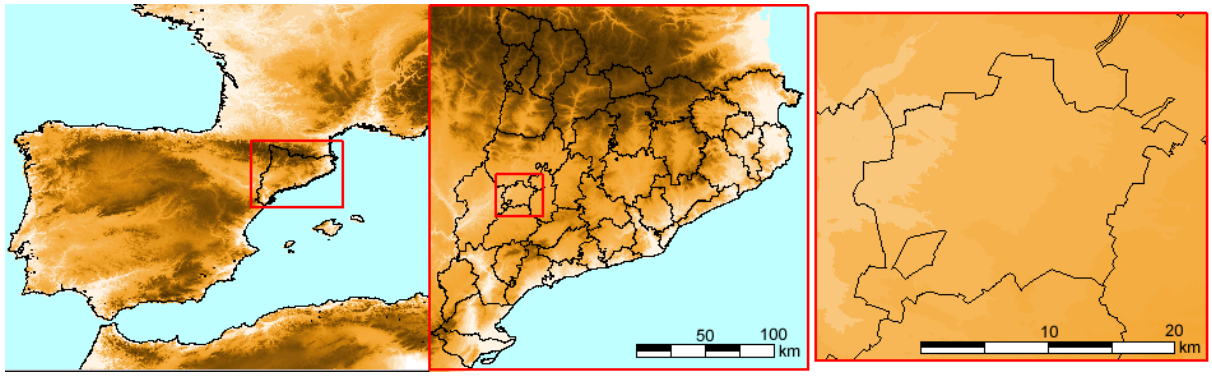

Figura 1. Situación de la zona de estudio: Península Ibérica (izquierda), Cataluña (centro) y comarca del Pla d'Urgell (derecha).

Tabla 1. Superficie de fruta afectada en la zona de Lleida (en ha) y porcentaje de superficie afectada para cada cultivo. Fuente: DAR (*Departament d'Agricultura, Alimentació i Acció Rural*)

Municipios o comarcas	Manzana (ha)	% medio (ha)	Pera (ha)	% medio (ha)	Melocotón (ha)	% medio (ha)
Pla d'Urgell	207	Más del 50%	63	Más del 50%	4	Más del 50%
Agramunt, Castellserà, La Fuliola, Puigverd d'Agramunt y Tornabous	117	Más del 50%	3	Más del 50%	2	Más del 50%
Juneda, Puiggròs, Borges Blanques	43	Más del 50%	11	Más del 50%	4	Más del 50%
Soses, Alcarràs, Lleida, Montoliu, Alamús, Sudanell	235	Más del 50%	85	Más del 50%	115	Más del 50%
TOTAL	602		162		125	

presencia de una vaguada a niveles altos asociada a una baja en el norte de la Península Ibérica es una situación que se repite en las situaciones de granizo en Lleida (más del 38% de días según la climatología de Pascual, 2002). El día 17 se formó un sistema convectivo de mesoescala en el suroeste del Sistema Ibérico a las 09:00 T.U. que fue desplazándose hacia el noreste. Los núcleos convectivos se reactivaron al llegar a Cataluña (14:00 T.U.). La parte más intensa del episodio tuvo lugar en la zona del Pla d'Urgell (Figura 1) entre las 14:54 T.U. y las 15:00 T.U. El análisis meteorológico del episodio se describe con detalle en la segunda parte de este estudio (Pineda et al., 2009).

Esta granizada fue especialmente virulenta y de gran extensión. En el Centro de Atención Primaria de Mollerussa se atendieron 6 personas con contusiones leves. También, se vio afectado mobiliario urbano y vehículos que en algunos casos quedaron prácticamente destruidos. Según el informe del *Departament d'Agricultura, Alimentació i Acció Rural* (DAR), los cultivos más afectados fueron las variedades tardías de manzanero, peral y melocotonero. Los daños en cultivos de maíz afectaron menos a la producción porque la mazorca ya estaba formada y el grano se encontraba en fase de secado. En total se cuantificaron 889 ha de superficie de fruta afectada según se muestra en la Tabla 1.

Una de las fuentes de información de un servicio meteorológico son los colaboradores y aficionados a la meteorología, en algunas situaciones, los propios afectados. La dificultad de tratar este tipo de información es motivo de muchos estudios (p. ej. Llasat-Botija et al., 2007; Delitala, 2005). Estos autores se han centrado en la percepción que tiene la gente de estas situaciones y en su posible sesgo debido principalmente a la influencia que ejercen los medios de comunicación y a la memoria histórica que se tiene de otros episodios. El objetivo principal de este trabajo, a parte de caracterizar el tipo de precipitación y su distribución, es el de hacer una primera evaluación de fiabilidad de la información facilitada por testigos para mejorar su calidad. Por este motivo se ha realizado un estudio comparativo entre estos datos y los registros de la red de granizómetros.

En este estudio se siguieron las indicaciones de la publicación *"El manual d'estil"* ("El manual de estilo") del *Servei Meteorològic de Catalunya* (SMC, 2008) donde se define el granizo como "precipitación de granos de hielo redondos y medio transparentes inferiores a 10 mm de diámetro e iguales o mayores de 10 mm en el caso de piedra".

Después de esta introducción, se presenta en el apartado 2 la red de granizómetros. El apartado 3 contiene el trabajo de campo desde su realización hasta la determinación de las

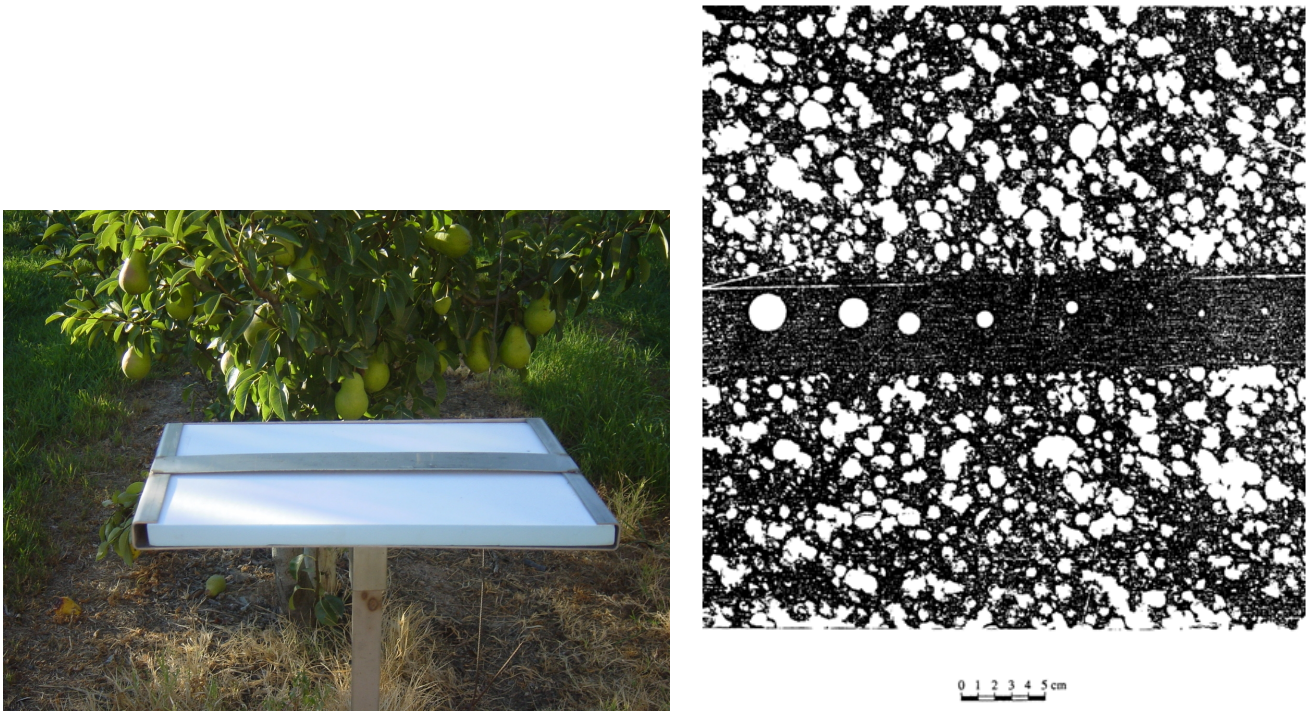

Figura 2. (a) Granizómetro utilizado por ADV-TP. Fuente: M. Torà. (b) Placa con impactos pintada de negro preparada para su análisis. En la franja central hay los impactos realizados en el laboratorio para hacer el calibrado. Fuente: Grupo de Física de la Atmósfera, Universidad de León.

zonas afectadas. En el apartado 4 se elabora el estudio comparativo de los datos de campo con los medidos a partir de los granizómetros. En el apartado 5 se proponen algunas indicaciones para la mejora de la obtención de la información facilitada por los observadores. Finalmente, se presentan las conclusiones del estudio en el punto 6.

2 Red de granizómetros

Para analizar de modo objetivo la granizada se utilizaron los datos obtenidos de la red de granizómetros de la ADV-TP. En este apartado se presentan primero las características de la red de granizómetros, seguidamente se analizan los resultados obtenidos y, finalmente, se comparan estadísticas elaboradas en el período 1990-2007.

2.1 Características de la red de granizómetros

Un granizómetro se compone de una placa de poliestireno de 30x40x3 cm con una capa de pintura blanca para exteriores para evitar que se estropee con las inclemencias meteorológicas y por la radiación solar (Fraile et al., 1992; Schleusener y Jennings, 2006). Esta placa se sitúa aproximadamente a 1.5 m del suelo (Figura 2a). Una parte de la placa está protegida de los impactos con una lámina de hierro para poder efectuar el calibrado. Después de un episodio de granizo o piedra, las placas afectadas se envían a analizar y se substituyen por placas nuevas. En el caso de la ADV-TP, las placas se analizan en el laboratorio del Grupo de Física de la Atmósfera de la Universidad de León. En el laboratorio, las placas impactadas se pintan con pintura gráfica negra (Figura 2b) para facilitar la medida del tamaño y la profundidad de la huella a partir de las cuales se obtendrán otros parámetros como por ejemplo el diámetro, la energía, la masa, etc. de la piedra o del granizo (Palencia et al., 2007).

En el llano de Lleida, la ADV-TP creó una red de granizómetros con una densidad de 4 x 4 km. Este diseño de un granizómetro cada 16 km^2 supone un total de 170 granizómetros distribuidos por la zona de control (Figura 3). Esta distribución de granizómetros y su cantidad responde a tres criterios (Fraile et al., 1992):

- Promedio de superficie afectada por granizada en los diez años anteriores a la colocación de la red.
- Necesidad de obtener 10 granizómetros afectados en cada granizada importante, para poder realizar su estudio y comparación.
- Criterios de mantenimiento de la red.

2.2 Análisis de los datos de los granizómetros del Pla d'Urgell

Este estudio se centra en la comarca del Pla d'Urgell en la que hay 18 granizómetros (Figura 3). A través de los granizómetros se obtienen los valores de varias variables que permiten saber las características de la piedra: su diámetro,

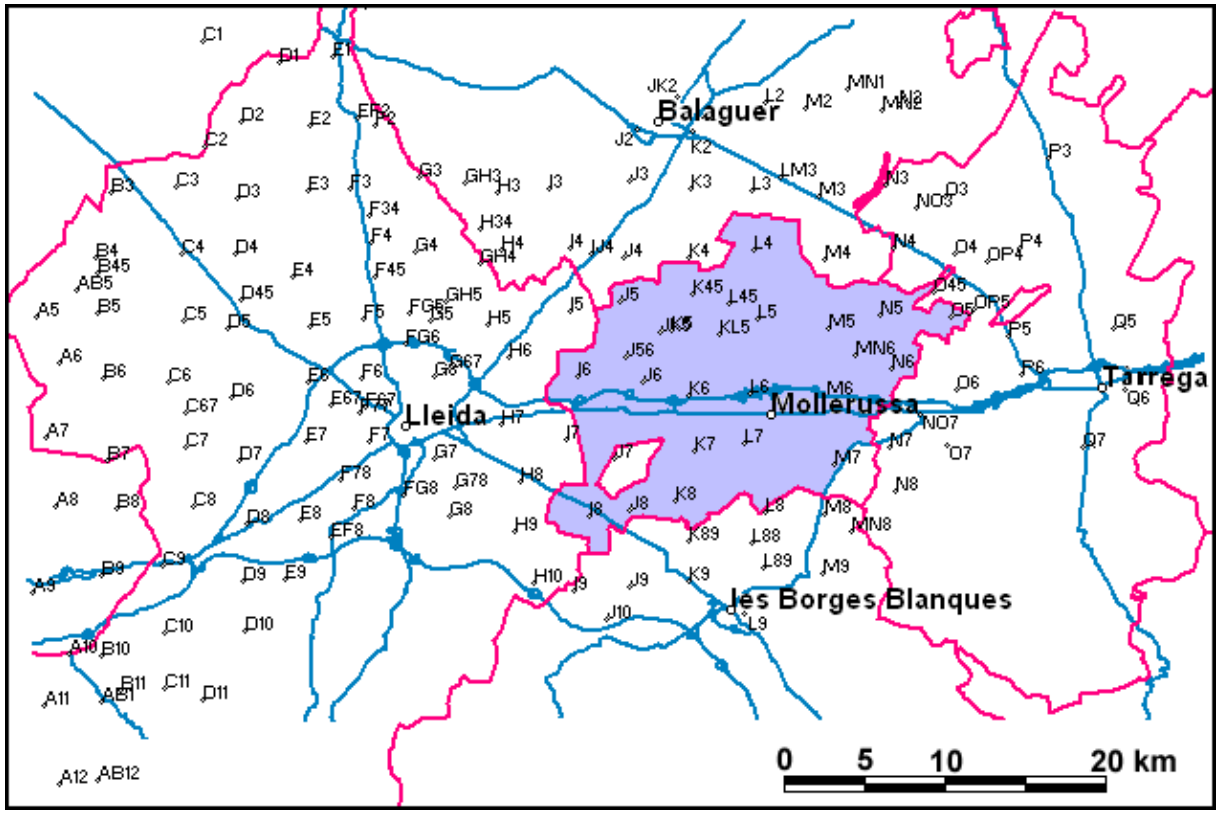

Figura 3. Red de granizómetros de la ADV-TP: compuesta por 170 granizómetros distribuidos por las comarcas (límites en color rosa) del Segrià (Lleida), La Noguera (Balaguer), el Pla d'Urgell (Mollerussa), l'Urgell (Tàrrega) y Les Garrigues (Les Borges Blanques). Destacamos en morado la comarca del Pla d'Urgell, donde hay 18 granizómetros de la red. En azul, la red de carreteras principales de la zona.

Tabla 2. Código del granizómetro, diámetro máximo (mm), impactos (número m^{-2}), masa (kg m^{-2}) y energía (J m^{-2}) de los impactos para cada granizómetro del Pla d'Urgell.

Código	Diámetro máximo (mm)	Diámetro medio (mm)	Impactos (número m^{-2})	Masa (kg m^{-2})	Energía (J m^{-2})
K7	56.45	14.29	914	4.377	1566.9
K6	52.81	12.15	1581	3.397	946.6
L6	48.86	10.84	1486	2.429	670.3
J7	41.10	11.84	771	1.733	465.4
L7	33.71	11.80	571	1.042	216.2
L5	28.08	10.27	5152	4.015	527.2
N5	25.53	9.83	914	0.683	94.9
J8	21.50	8.97	286	0.198	29.2
J6	20.77	7.90	391	0.143	15.7
M5	20.26	10.71	1762	1.391	164.3
M4	19.17	9.55	4143	2.321	247.4
MN6	18.76	9.11	524	0.283	31.3
I8	18.25	8.18	581	0.245	27.2
J56	16.94	6.84	1133	0.241	20.0
O5	15.86	11.06	67	0.050	5.5
M6	13.41	8.13	152	0.049	4.0
K5	11.14	6.71	219	0.036	2.3
N6	13.56	7.23	314	0.076	6.1
J5	9.76	7.32	67	0.015	1.0

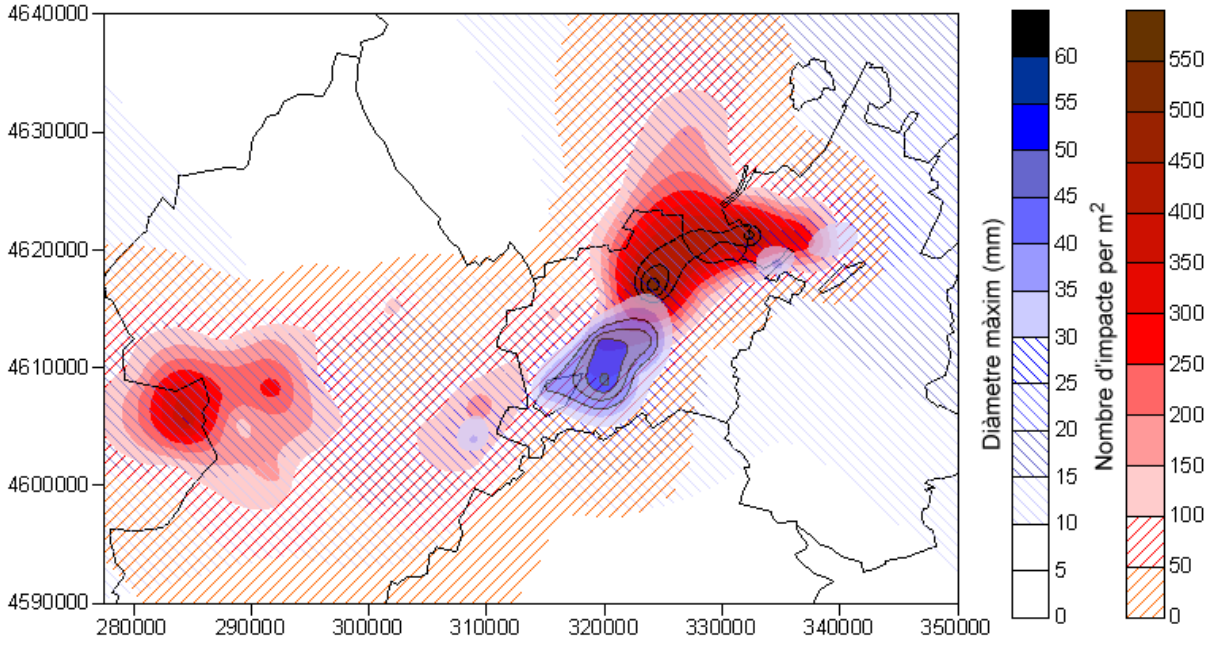

Figura 4. Distribución espacial del diámetro máximo del granizo (en mm y escala de color azul) y del número de impactos por m^2 (escala de color rojo).

el número de impactos por m^2 que hace referencia a la intensidad de la granizada, su masa y la energía (Tabla 2). Para la estimación de la energía (Lozowski y Strong, 1978) se supone una velocidad final de caída de una piedra en función de su diámetro (Fraile et al., 1992).

En la Figura 4 se presenta la distribución del diámetro máximo y del número de impactos para la comarca del Pla d'Urgell. En cuanto a los diámetros máximos, el mayor se registró en el sur de la comarca. En cambio, el diámetro inferior se registró en el noroeste. Sin embargo, si se analiza la distribución del diámetro medio (no se presenta) el granizómetro con un mayor promedio se sitúa al noroeste. En esta zona el granizómetro no registró un diámetro máximo demasiado destacado pero la distribución de los diámetros se centra alrededor de valores medios. En referencia a la intensidad, la más elevada se registró en el granizómetro situado al norte. En cambio, los valores más bajos correspondientes a la zona de menos afectación se registraron en los límites de la comarca tanto por poniente como por levante. Esta disociación espacial entre el diámetro máximo y la intensidad es similar a la presentada en el estudio de Fraile et al. (1992) para la zona de León y Zamora.

Con el gráfico de la distribución espacial de la masa y la energía (no se presenta) se vio que las zonas con valores más altos de estas variables correspondían a los lugares donde se registraban valores más altos tanto de diámetro máximo como de número de impactos. Esto se debe a que tanto la masa como la energía son función del diámetro y del número de impactos.

Un factor que hay que tener presente a la hora de analizar los granizómetros es el hecho que cuando se registran diámetros grandes, se infravalora el número de impactos por el granizo pequeño, ya que estos últimos quedan enmascarados bajo los de mayor diámetro (Dessens et al., 2007). Por otro lado, también hay una infravaloración en el caso de piedra de diámetro grande ya que la probabilidad que impacte en el granizómetro es muy pequeña (Smith y Waldvogel, 1989; Bardsley, 1990; Fraile et al., 1999).

2.3 Climatología de las granizadas

En el llano de Lleida, septiembre no es un mes en el que se den muchos episodios de granizo puesto que el promedio de este fenómeno en el período comprendido entre 1995 y 2007 es de un día (el promedio anual es de 12 días). El mes con mayor frecuencia de granizadas es el de mayo con tres días, seguido de cerca por el de abril con 2. En el año 2007, hubo 17 días de granizada con 8 días en el mes de abril, 4 en el de mayo y 1 en el de septiembre.

En general, las granizadas del mes de septiembre se caracterizan por ser de poca extensión con un promedio de 7 granizómetros afectados. Hasta el año 2007, el número máximo de granizómetros impactados en el mes de septiembre era de 26 (2002). En cuanto a los valores absolutos, el promedio de granizómetros impactados por día de granizada es de 12 y el máximo de granizómetros en un día estaba situado en 41, hecho que se ha producido dos veces, una de ellas el 17 de abril de 2008.

Figura 5. (a) Piedra de 5 cm de diámetro del día 17/09/2007. Fuente: F. Farnell. (b) Placas de poliestireno expandido de una nave industrial de la zona. Fuente: Cornolsa, S.A.

Tabla 3. Grado de afectación según tamaño e intensidad.

Categoría	Tamaño	Intensidad	Grado de afectación
5	Huevos de gallina	Alta	Muy alto
4	Cereza hasta huevos de gallina	Alta - muy alta	Alto
3	Cerezas y nueces	Alta	Moderado
2	Garbanzos y avellanas	Baja	Bajo
1	Lentejas, guisantes y garbanzos	Baja	Muy bajo
0	No afectada	No afectada	Nulo

El día 17 de septiembre se vieron afectados 81 granizómetros, que representan el 30% de los granizómetros afectados durante el año 2007. Así, en un solo día se vieron afectados tantos como durante el mes de mayo y junio de 2007, señal de la magnitud de la extensión de la granizada. En referencia al tamaño de la piedra, en el mes de septiembre acostumbra a ser pequeña, en el 70% de los casos se trata de granizo. El día en estudio se recogieron piedras de diámetro superior a los 5 cm de diámetro (Figura 5a).

3 Trabajo de campo

Para complementar la información que proporcionan los granizómetros, es importante disponer de más datos sobre el fenómeno meteorológico, que puede recogerse de distintas maneras. En primer lugar, puede utilizarse una red de observadores o colaboradores lo suficientemente densa como para abarcar la zona de estudio tal como hicieron Sánchez et al. (1996). Si la densidad de colaboradores no es lo bastante grande, hay que utilizar los datos de compañías de seguros puesto que proporcionan la información del granizo que es lo suficientemente grande como para producir daños (Dessens, 1986). Y si se dispone de recursos necesarios y la ley de privacidad de datos los ampara se puede llamar a la gente que está siendo afectada por una granizada en tiempo real según los datos de las imágenes radar (Smith et al., 2006).

En el presente estudio no se dispuso de estos recursos. Para conseguir información complementaria, se procedió de la siguiente manera: (i) Se determinó la zona afectada a partir de los datos meteorológicos de las informaciones de los medios de comunicación. (ii) Se escogieron los lugares a visitar, empezando por los más afectados y acabando por los que menos daños sufrieron. (iii) Se concertaron días de visita con las personas afectadas por contacto telefónico. (iv) Finalmente se realizó la visita de campo, con entrevista directa con el testigo.

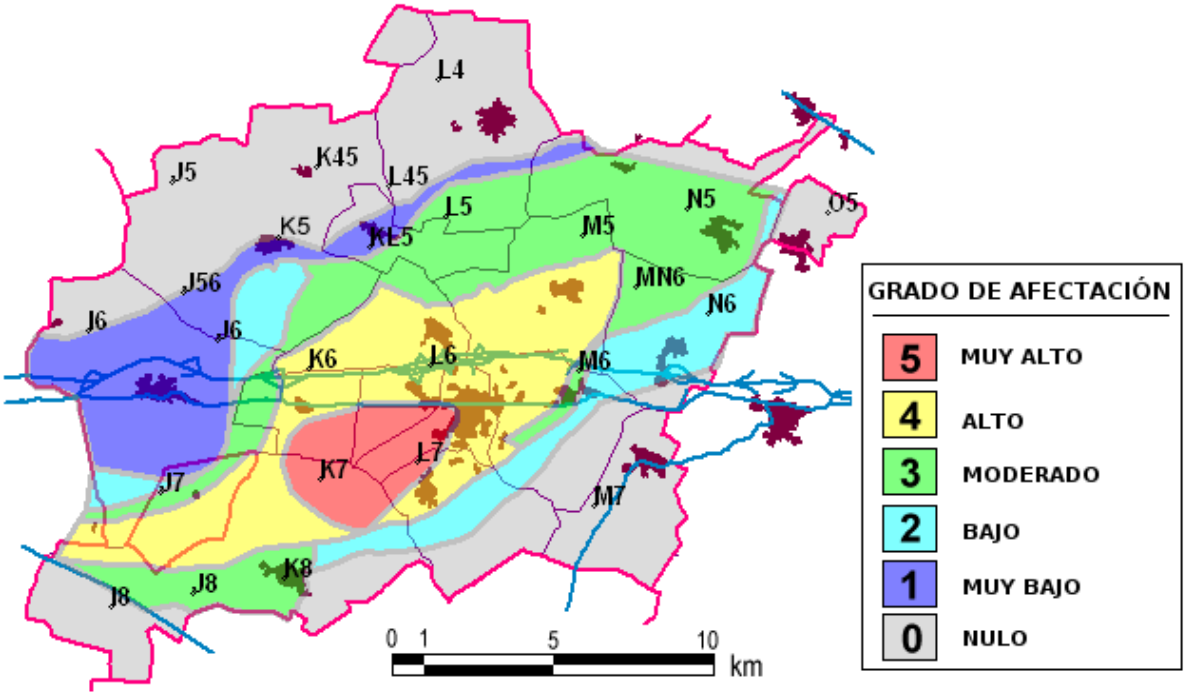

Figura 6. Zonas afectadas por el granizo determinadas a partir del trabajo de campo en la comarca del Pla d'Urgell. Código de los granizómetros de la comarca (Tabla 1). Límites municipales (lila), carreteras principales (azul) y principales núcleos de población (marrón).

En las visitas se obtuvo la descripción de los acontecimientos por parte de personas directamente afectadas: evolución de la tormenta, tipo de precipitación, tamaño máximo de la piedra, variedad de diámetros, intensidad de la granizada, otros meteoros observados relevantes durante la granizada y los daños provocados. Además, se recogió material de interés como podían ser fotografías o material afectado por los impactos (Figura 5b).

En total se realizaron 11 entrevistas a personas afectadas que facilitaron información de prácticamente toda la comarca. Por otro lado, se realizaron otras visitas para obtener información complementaria. Este estudio de campo se realizó unos días después que hubiera tenido lugar la tormenta.

A modo de ejemplo, una de las descripciones recogida de uno de los agricultores (Miralcamp) entrevistados es la siguiente: "Cayó granizo muy grande hacia la Sierra, del tamaño de huevos de gallina. Al principio, cayó piedra seca, es decir, sin lluvia. Después de caer unas cuantas piedras, cayó mezclada con lluvia y eso hizo que el golpe de la piedra no fuera tan duro". Y según la intensidad (el Poal): "En el pueblo no hizo nada. Pero hacia Sarcènit cayó mucha y con una fuerte intensidad."

En la Tabla 3 se describe la escala utilizada por la ADV-TP y en la que se ha incorporado el grado de afectación de este episodio. En la Figura 6 se muestra la distribución espacial de los grados de afectación según las observaciones antes mencionadas.

Tabla 4. Equivalencia en mm del objeto usado para describir el granizo y la piedra.

Objeto descriptivo	Tamaño representativo (mm)
Huevo de gallina	40 - 50
Nuez	30
Cereza	15 - 20
Garbanzo	15
Avellana	10
Lenteja	6
Guisante	5
Arroz	5

4 Estudio comparativo entre granizómetros y observaciones

Una vez establecidas las zonas según el grado de afectación (apartado 3), se realizó la comparativa entre los datos de los granizómetros y los datos de los observadores. Con el fin de hacer el estudio comparativo se estableció el diámetro correspondiente a cada uno de los objetos de referencia usados por los observadores de la red de la ADV-TP.

El estudio comparativo se centró en tres variables: el tamaño máximo de la piedra, la variedad de diámetros registrados y la intensidad de la granizada. Para comparar tanto los datos de tamaño máximo como la variedad de diámetros, resulta necesario conocer el tamaño de los objetos de refe-

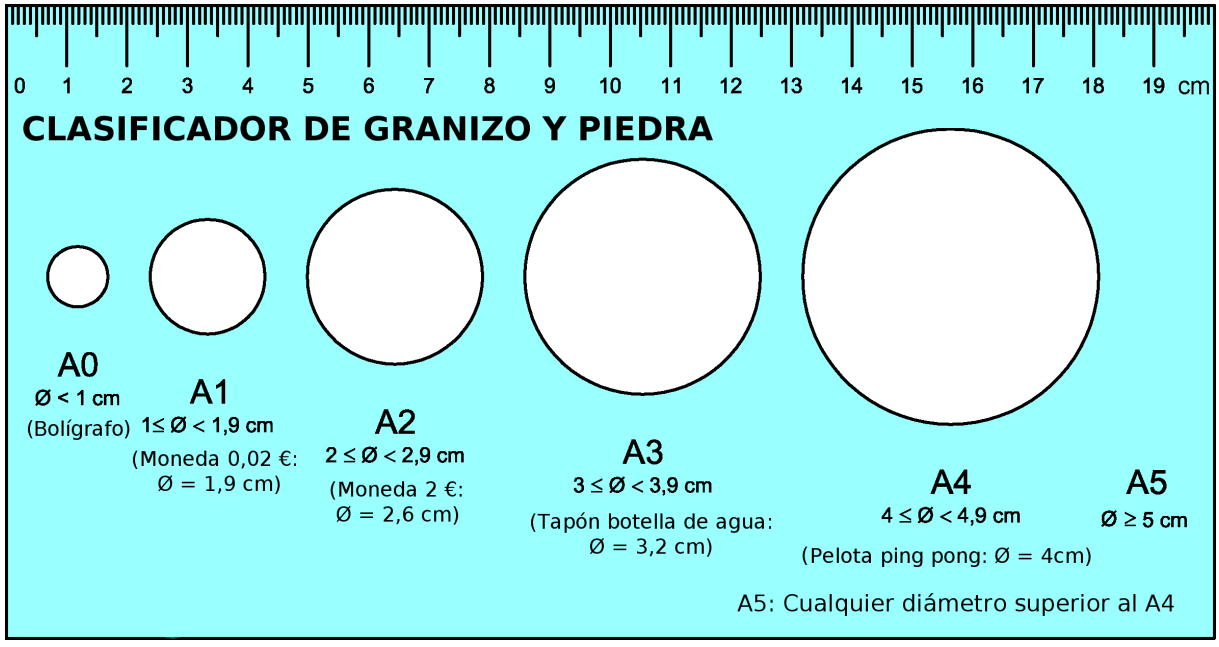

Figura 7. Regla para realizar medidas del diámetro del granizo y clasificarlo.

Tabla 5. Puntuación media de la concordancia entre la descripción hecha por los observadores y los datos de los granizómetros por zonas. El valor 1 indica la máxima concordancia.

Variable	Zona 1 (rojo)	Zona 2 (amarillo)	Zona 3 (verde)	Zona 4 (azul cielo)	Zona 5 (azul marino)	Puntuación media final
Tamaño máximo	2	1	1	1	1	1.25
Variedad de diámetros	3	2	1	3	1	2
Intensidad	3	2	2	1	1	2

rencia usados por los observadores de la red de la ADV-TP (ver la Tabla 4). Para poder comparar los datos de la intensidad se contrastó la descripción del observador con el número de impactos registrados en el granizómetro más próximo (ver Anexo A).

El siguiente paso consistió en realizar una asignación cualitativa de un valor del uno al tres según el grado de concordancia (1: exacta; 2: concordancia aproximada; 3: baja concordancia) para las variables de tamaño máximo, variedad de diámetros e intensidad. Aplicando esta equivalencia se obtuvo el valor medio para cada variable analizada y para cada zona (Tabla 5). El análisis de estas equivalencias pone de manifiesto que el máximo grado de concordancia entre las observaciones visuales y los granizómetros se da en la zona en la que el grado de afectación es bajo (zona 5), para todas las variables. Por lo tanto, para un observador es más fácil describir un episodio habitual (baja intensidad y granizo pequeño) que uno extraordinario.

El tamaño máximo es la variable que se aprecia mejor. En la zona de mayor afectación, zona 1, algunos observadores relatan un tamaño mayor al registrado por el granizómetro. Puede tratarse de una exageración del observador, pero también puede darse el caso de que en el granizómetro no quede registrado el diámetro más grande (Smith y Waldvogel, 1989).

Por lo que respecta al diámetro, se detecta que el observador retiene principalmente el tamaño de la piedra más grande y tiende a ignorar el de tamaño inferior. Este hecho es comprensible debido a que la piedra grande es la que hace más daño y la que permanece más tiempo en el suelo después de caer, puesto que la piedra más pequeña se deshace con mayor rapidez.

La determinación de la intensidad (número de impactos por m^2) es el punto más débil a la hora de interpretar la información obtenida del observador, ya que es la más subjetiva de todas al no existir unos parámetros estándares para definirla.

5 Recomendaciones

Siguiendo la vía iniciada por Eduard Fontserè sobre recomendaciones para observadores meteorológicos rurales (Fontserè, 1923) y debido a la gran cantidad de documentación gráfica existente de este episodio, se considera

Tabla 6. Clasificación del granizo según su diámetro, objetos de referencia o consecuencias según la escala ANELFA (Dessens et al., 2007). Cada categoría tiene que complementarse con un signo + o - en función de si el suelo se encuentra cubierto de piedra/granizo significativamente en más del 50% o en menos del 50%.

Categoría	Diámetro máximo de la piedra (cm)	Objeto de referencia	Consecuencias típicas asociadas
A0	<1	Guisante	Los árboles se quedan sin flor. Accidentes de tráfico.
A1	1 - 1.9	Uva, canica, cereza	Afectación de las viñas, árboles frutales y tabaco.
A2	2 - 2.9	Huevo de paloma	Daños serios a los cereales, hortalizas y árboles.
A3	3 - 3.9	Nueces, pelota de ping-pong	Daños completos en todas las cosechas, ventanas rotas y coches afectados.
A4	4 - 4.9	Huevo de gallina, pelota de golf	Paisaje invernal, animales muertos, personas heridas, daños en aviones.
A5	≥ 5	Naranja, melocotón, manzana, pelota de tenis	Evento extremadamente peligroso, personas desprotegidas muertas.

Tabla 7. Escala propuesta en este estudio utilizando referencia de objetos. Cada categoría tiene que complementarse con un signo + o - en función de si el suelo se encuentra cubierto de piedra/granizo significativamente en más del 50% o en menos del 50%.

Categoría	Diámetro máximo de la piedra (cm)	Objeto de referencia
A0	<1	Base bolígrafo estándar (BIC)
A1	1 - 1.9	Moneda de 2 céntimos de € (1.875 cm)
A2	2 - 2.9	Moneda de 2€ (2.575 cm)
A3	3 - 3.9	Tapón de botella de agua (de plástico)
A4	4 - 4.9	Pelota de ping-pong o golf (4.267 cm)
A5	≥ 5	Pelota de tenis (entre 6.5 y 6.858 cm)

apropiado redactar una serie de instrucciones para mejorar la transmisión y posterior interpretación de la información entre un observador y un servicio meteorológico.

El observador obtiene información a partir de las consecuencias de la granizada sobre su cosecha en un terreno que conoce muy bien. Partiendo de esta premisa se puede trabajar para conseguir que la transmisión de información sea más provechosa y exacta, mejorando aspectos esenciales como el de la toma de fotografías, el canal de comunicación y la descripción del fenómeno.

Las imágenes tienen una gran importancia ya que muestran visualmente las características de la piedra y los desperfectos que se han producido. A la hora de realizar una fotografía es importante tener presentes algunas características como por ejemplo:

- Llevar el control de la fecha, la hora y la localización del lugar donde se ha tomado la fotografía.
- Poner objetos de referencia con un tamaño universal, para comparar el tamaño de la piedra.
- También puede usarse una regla. Buscar un fondo oscuro para aumentar el contraste.
- Además, si es posible, hacer una fotografía general de la situación antes y después de la tormenta, anotando con la dirección hacia donde mira el objetivo.

La recepción de información de los colaboradores por parte de los servicios meteorológicos debería hacerse de una forma unificada y más estandarizada. Hay que dar a conocer el canal establecido y trabajar para conseguir una comunicación ágil, eficiente y fluida.

En cuanto a la descripción, tal como ya hemos comentado, el observador da normalmente el tamaño de la piedra más grande, pero sería de gran ayuda si también pudiera transmitir la existencia de piedra de tamaño inferior.

La clave de una buena descripción está en la utilización de una clasificación de granizo y piedra lo más simple y objetiva posible. En la actualidad se utilizan principalmente tres escalas para su clasificación: la escala de Torro (Webb y Meaden, 1986), la escala GSC (Moisselin y Guillande, 2004) y la escala ANELFA (Dessens et al., 2007).

En este estudio se ha optado por utilizar la escala ANELFA (Tabla 6) ya que también es la empleada por la ADV-TP. En ella la categoría de la clase se determina por el valor entero del tamaño del diámetro más grande de la piedra medida en cm. En el caso de no disponer de esta medida, la clase se determina a partir de su equivalencia con objetos como por ejemplo guisante, uva, huevo de paloma, nuez, huevo de gallina y naranja y los daños ocasionados. Y finalmente, tal y como también se hace en la escala de Fu-

jita (1971), se utilizan las consecuencias y la gravedad de los daños ocasionados para catalogar el granizo.

Aún así, esta escala sigue partiendo de un cierto grado de subjetividad, ya que hay diferentes tamaños de huevos de gallina y granos de uva. Para conseguir una descripción lo más objetiva posible, hay que usar objetos de referencia conocidos y de tamaño universal y único, como por ejemplo las monedas de euro, una pelota de ping-pong o una pelota de tenis.

Por este motivo, se propone una adaptación de la escala ANELFA con las correspondencias estándares con objetos comunes universales (Tabla 7).

Finalmente, se propone facilitar una regla a los colaboradores para categorizar con más facilidad el granizo observado (Figura 7).

6 Conclusiones

En el caso de la tormenta del 17 de septiembre de 2007 que afectó al Pla d'Urgell, se observa que el viento del suroeste a niveles medios favoreció el desplazamiento de la tormenta en esta dirección. El grado de afectación fue pequeño siguiendo el movimiento de la tormenta tanto a su derecha como a su izquierda. En cambio, la zona central, orientada de suroeste a noreste, fue la que registró mayores daños. Además, en la zona sur se registraron impactos de mayor diámetro y en la zona norte hubo una mayor intensidad pero el granizo era de menor diámetro.

Del estudio comparativo se extrae que los observadores tienden a percibir la piedra de mayor tamaño y no tanto la piedra de tamaño pequeño o granizo, aunque el número de estos últimos sea más elevado. Sin embargo, los granizómetros infravaloran el número de impactos con mayor diámetro. Además, se hacen patentes las carencias de los granizómetros para detectar piedra de diámetro muy grande por la baja probabilidad de impactar en la placa o de infravalorar el número de impactos pequeños por quedar enmascarados bajo los de mayor diámetro.

Hay que homogeneizar los datos facilitados por los observadores para poder analizar correctamente el alcance del episodio y poder tratarlos conjuntamente con los datos obtenidos de los granizómetros. Ambas fuentes de información son complementarias. A tal efecto, se propone una escala de clasificación de granizo y piedra de seis categorías siguiendo la escala ANELFA (Dessens et al., 2007) pero con equivalencias con objetos conocidos y universales. Asimismo se propone el uso de una regla con los diámetros de referencia para cada categoría de la escala ANELFA.

Agradecimientos. Los autores quieren dar las gracias a todos los colaboradores e informadores del Pla d'Urgell y alrededores que nos han facilitado la información sobre el acontecimiento de este episodio, y en especial a: M. Moià, J. Simó, F. Farnell, J. Arderiu, X. Coll, N. Risa, J. Llimes, M. Sans, J. Miret, al ayuntamiento de Bellcaire d'Urgell y al Centro de Atención Primaria del Pla d'Urgell. A Josep Batlló que nos facilitó la publicación Minerva de la cartoteca del *Institut Cartogràfic de Catalunya*. Este trabajo ha sido realizado dentro del marco de colaboración entre el *Servei Meteorològic de Catalunya*, la *ADV Terres de Ponent* y la Universidad de León. Nuestro especial agradecimiento a todo el equipo del Grupo de Física de la Atmósfera de la Universidad de León, especialmente a la Dra. Laura López por sus sugerencias y, finalmente, a todo el equipo de colaboradores de la ADV.

Anexo A

En el anexo se presenta la información utilizada para realizar el estudio comparativo entre la información obtenida de los observadores y la de los granizómetros más cercanos a la zona afectada.

Para facilitar una visión global de toda esta información se ha elaborado la Tabla A1. En esta tabla se presenta la información siguiente:

- Núm. de zona. Grado de afectación definido en la Tabla 3 del artículo.
- Municipio. Municipio de la zona afectada descrita por el observador.
- Datos del observador: tipo de piedra, tamaño, intensidad, otros fenómenos observados, fotos, comparación con otros objetos y si se mide el tamaño de la piedra o no.
- Datos del granizómetro. Gráfico de barras donde se representa el número de impactos según el diámetro del granizo/piedra registrados en el granizómetro más cercano al punto de observación. Sobre el gráfico se señala en rojo el diámetro máximo descrito por el observador (Figura A1).
- Grado de concordancia. Descripción de la similitud para cada una de las variables: tamaño máximo, variedad de diámetros e intensidad de la información obtenida del granizómetro y del observador.

Tabla A1. Estudio comparativo entre los datos de los observadores y los de los granizómetros.

Núm. de zona	Municipio	Datos del observador							Grado de concordancia		
		Tipo de piedra	Tamaño	Intensidad	Otros fenómenos	Fotos	Comparación con otros objetos	¿Se mide el tamaño de la piedra?	Tamaño máximo	Variedad de diámetros que registraron los granizómetros	Intensidad
1	Miralcamp	1° piedra seca y después mezclada con agua. Piedra dura.	Muy grande, huevos de gallina	Mucha	-	Sí	No	No	Bueno. Fue la zona donde se registró más cantidad de piedra de un tamaño grande.	Mala. El observador sólo cita un tamaño.	Mala, ya que el número de impactos no fue demasiado elevado.
1	Mollerussa	-	Muy grande, huevos de gallina	Mucha	-	No	-	-	Mala, ya que el observador registró piedras con el tamaño de huevos de gallina y el granizómetro da un diámetro de 33-34 mm.	Mala. El observador sólo cita un tamaño.	Mala, ya que el número de impactos no fue demasiado elevado.
2	Sidamon	-	Entre cereza y nuez, y algún huevo de gallina	Mucha	Soplaba mucho viento	No	-	-	Buena	Bastante buena, aunque cayeron piedras de un tamaño inferior al relatado por el observador.	Buena, ya que fue destacada según el registro del granizómetro.
2	El Palau d'Anglesola	Dura	Desde nueces hasta huevos de gallina	Mucha	Soplaba mucho viento e incluso se formaron algunos remolinos	Sí	Sí	Sí	Buena (hay una discordancia de sólo 5 mm entre el tamaño descrito y el registrado).	Mejorable, ya que aunque el observador menciona un rango bastante amplio, no repara en los tamaños inferiores.	Mala
3	El Poal	Dura	Avellana o cereza	Muchísima	-	Sí	No	No	Buena	Buena, aunque hubo también piedra más pequeña.	Buena
3	Ivars d'Urgell	-	Hasta nuez aplanada	Mucha	-	Sí	Sí	Sí	Buena (hay una discordancia de sólo 5 mm entre el tamaño descrito y el registrado).	Buena	Mala
4	Castellnou de Seana	-	Garbanzo	Poca	-	No	-	-	Buena	Mala, ya que no mencionó tamaños inferiores.	Buena
5	Bellvis	-	Guisante	Muy poca	-	No	-	-	Buena (hay una discordancia de sólo 5 mm entre el tamaño descrito y el registrado).	Buena, dado el poco rango de tamaños que se dio.	Buena

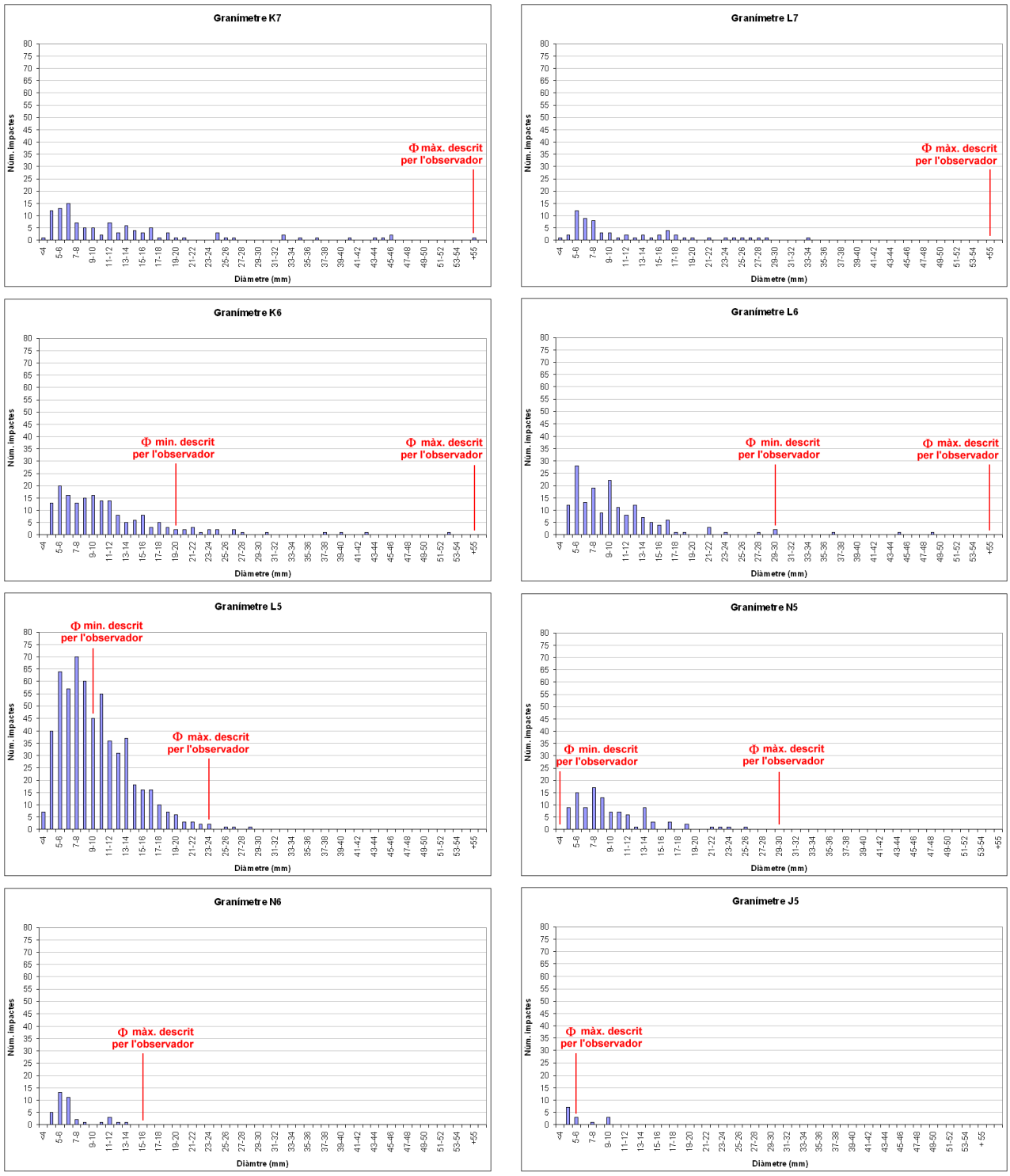

Figura A1. Datos del granizómetro de distintos municipios: (a) (1° izquierda) Miralcamp, (b) (1° derecha) Mollerussa, (c) (2° izquierda), Sidamon, (d) (2° derecha) El Palau d'Anglesola, (e) (3° izquierda) El Poal, (f) (3° derecha) Ivars d'Urgell, (g) (4° izquierda) Castellnou de Seana y (h) (4° derecha) Bellvis. Son gráficos de barras donde se representa el número de impactos según el diámetro del granizo/piedra registrados en el granizómetro más cercano al punto de observación. Sobre el gráfico se señala en rojo el diámetro máximo descrito por el observador.

Referencias

ADV, 2001: 1976-2001: 25 anys de lluita contra la pedra a les comarques de Lleida, Agrupació de Defensa Vegetal de les Terres de Ponent, Lleida.

Aran, M., Sairouni, A., Bech, J., Toda, J., Rigo, T., Cunillera, J., y Moré, J., 2007: *Pilot project for intensive surveillance of hail events in Terres de Ponent (Lleida)*, Atmos Res, **83**, 315–335.

Bardsley, W. E., 1990: *On the maximum observed hailstone size*, J Appl Meteor, **29**, 1185–1187.

Ceperuelo, M., Rigo, T., San Ambrosio, I., y Llasat, M. C., 2006: *Estudio de dos granizadas severas registradas en 2004 en el Llano de Lleida*, Jornadas Científicas de la Asociación Meteorológica Española, **XXIX**.

Delitala, A. M. S., 2005: *Perception of intense precipitation events by public opinion*, Nat Hazards Earth Syst Sci, **5**, 499–503.

Dessens, J., 1986: *Hail in Southwestern France. I: Hailfall Characteristics and Hailstorm Environment*, J Climate Appl Meteor, **25**, 35–47.

Dessens, J., Berthet, C., y Sánchez, J. L., 2007: *A point hailfall classification based on hailpad measurements: The ANELFA scale*, Atmos Res, **83**, 132–139.

Fontserè, E., 1923: Instruccions meteorològiques per als observatoris rurals, Minerva, Col·lecció popular dels coneixements indispensables publicada pel Consell de Pedagogia de la Mancomunitat de Catalunya, vol. XL, 36 pp.

Fraile, R., Castro, A., y Sánchez, J. L., 1992: *Analysis of hailstone size distributions from a hailpad network*, Atmos Res, **28**, 311–326.

Fraile, R., Sánchez, J. L., Madrid, J. L., Castro, A., y Marcos, J. L., 1999: *Some results from the hailpad network in León (Spain): Noteworthy correlations among hailfall parameters*, Theor Appl Climatol, **64**, 105–117.

Fujita, T. T., 1971: Proposed characterization of tornadoes and hurricanes by area and intensity, SMRP Research Paper, 91, University of Chicago, 42 pp.

Llasat-Botija, M., Llasat, M. C., y López, L., 2007: *Natural hazards and the press in the western Mediterranean region*, Adv Geosci, **12**, 81–85.

Lozowski, E. P. y Strong, G. S., 1978: *On the calibration of hailpads*, J Appl Meteor, **17**, 521–528.

Moisselin, J. M. y Guillande, R., 2004: Development of intensity scales for a wide set of natural phenomena, Annual Meeting Abstracts of the European Meteorological Society, pp.134.

Palencia, C., Berthet, C., Massot, M., Castro, A., Dessens, J., y Fraile, R., 2007: *On the individual calibration of hailpads*, Atmos Res, **83**, 493–504.

Pascual, R., 2002: Estudio de las granizadas en el llano de Lleida, Nota técnica núm. 3, Centro Meteorológico Territorial de Catalunya, Instituto Nacional de Meteorología, http://www.aemet.es/es/divulgacion/varios/detalles/biblioteca_tempoweb.

Pineda, N., Aran, M., Andres, A., Busto, M., Farnell, C., y Torà, M., 2009: *Estudi de la pedregada del 17 de setembre de 2007 al Pla d'Urgell. Segona part: Anàlisi meteorològica*, Tethys, **6**.

Ramis, C., López, J. M., y Arús, J., 1997: *Two cases of severe weather in Catalonia (Spain): an observational study*, Meteorol Appl, **4**, 207–217.

Sánchez, J. L., Fraile, R., Madrid, J. L., Rodríguez, P., y Castro, A., 1996: *Crop Damage: The Hail Size Factor*, J Appl Meteor, **35**, 1535–1541.

Sánchez, J. L., Fernández, M. V., Fernández, J. T., Tudurí, E., y Ramis, C., 2003: *Analysis of mesoscale convective systems with hail precipitation*, Atmos Res, **67-68**, 573–588.

Sánchez, J. L., Torá, M., López, L., Dessens, J., y García-Ortega, E., 2007: Physical Evaluation of a Hail Suppression Project with Silver Iodide Ground Generators in Lleida (Spain), 9th WMO Scientific Conference on Weather Modification, http://www.wmo.int/pages/prog/arep/wmp/ninth_wea_mod/documents/Sanchez_Dessens.pdf.

Schleusener, R. A. y Jennings, P. C., 2006: *An energy method for relative estimates of hail intensity*, Bull Am Meteorol Soc, **41**, 372–376.

SMC, 2008: Manual d'estil. Interpretació de les informacions meteorològiques, Publicacions breus del Servei Meteorològic de Catalunya (SMC), Dept. Medi Ambient i Habitatge, Generalitat de Catalunya, http://www.meteo.cat/mediamb_xemec/servmet/pagines/Publicacions/manual_estilv2.pdf.

Smith, P. L. y Waldvogel, A., 1989: *On determinations of maximum hailstone sizes from hailpad observations*, J Appl Meteor, **28**, 71–76.

Smith, T. M., Ortega, K. L., Scharfenberg, K. A., Manross, K. L., y Witt, A., 2006: The Severe Hail Verification Experiment, Amer Meteo Soc, 23rd Conference on Severe Local Storms, st. Louis, MO.

Tudurí, E., Romero, R., López, L., García, E., Sánchez, J. L., y Ramis, C., 2003: *The 14 July 2001 hailstorm in northeastern Spain: diagnosis of the meteorological situation*, Atmos Res, **67-68**, 541–558.

Webb, J. D. C. y Meaden, D. M. E. G. T., 1986: *The TORRO hailstorm intensity scale*, J Meteorol, **11**, 337–339.