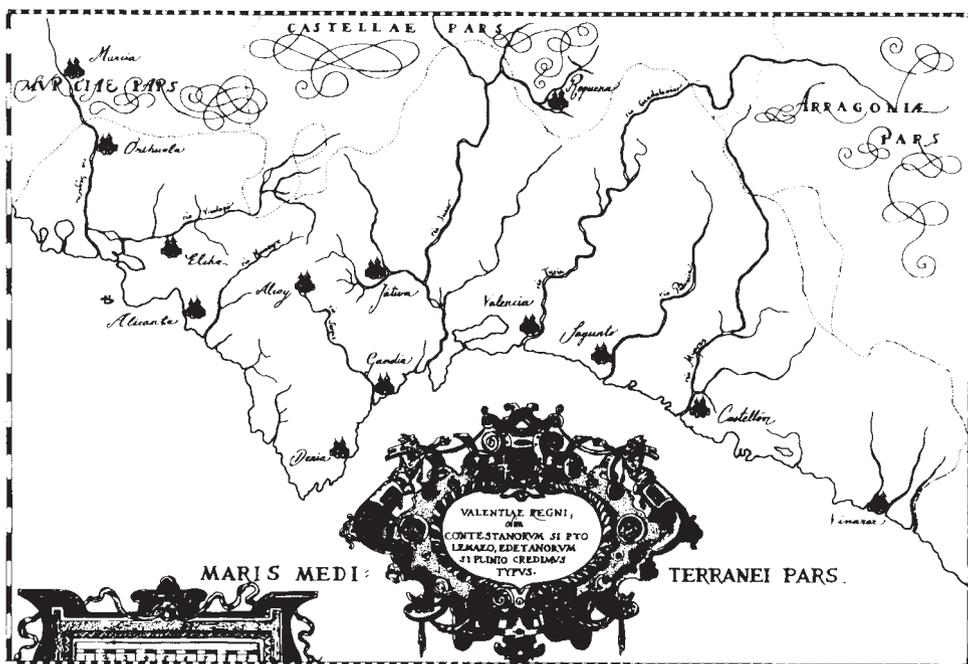


INVESTIGACIONES GEOGRÁFICAS

INSTITUTO UNIVERSITARIO DE GEOGRAFÍA
UNIVERSIDAD DE ALICANTE



ANALES DE LA UNIVERSIDAD DE ALICANTE
INSTITUTO UNIVERSITARIO DE GEOGRAFÍA
ENERO - JUNIO 1998

19

LAS TORMENTAS DE GRANIZO EN LA COMUNIDAD VALENCIANA: CARTOGRAFÍA DE RIESGO EN LA ACTIVIDAD AGRARIA

Jorge Olcina Cantos
Antonio M. Rico Amorós
Arturo Jiménez Rodríguez

RESUMEN

Las tormentas de granizo constituyen uno de los riesgos climáticos más dañinos para la actividad agraria de las tierras valencianas. Con un calendario de riesgo que se prolonga entre abril y octubre, las distintas comarcas sufren, con diverso grado de incidencia, las consecuencias de este fenómeno meteorológico. Vaguadas y depresiones frías en altitud generadas por expansión de masas de aire frías de procedencia diversa —polares y árticas— son la causa meteorológica que motiva el desarrollo de potentes núcleos convectivos con precipitación de granizo. En el trabajo se presenta un mapa de riesgo de los episodios de granizo en la región valenciana atendiendo a la frecuencia de aparición y valoración de daños en los cultivos, de gran utilidad para la posterior elaboración de propuestas de ordenación de la actividad agraria.

Palabras clave: tormentas de granizo, causas atmosféricas, áreas de riesgo, valoración de pérdidas.

ABSTRACT

Hail storms are one of the most harmful climatic risk for agriculture in valencian lands. With a risk calendar that extends between April to October, the different regions suffer consequences of this meteorological phenomena with different effects. Thought and cold air pool, originated by different air masses expansions —artic and polar air masses— are meteorological origin that cause growth of powerfull convective clouds with hail. This paper offers a hail storms risk map in valencian region according to his frequency and agricultural economic losses in order to make crop manegement proposals.

Key words: hail storms, meteorological causes, risk areas, agricultural economic losses.

1. Repercusión económica de las tormentas de granizo en la actividad agraria valenciana

El verano de 1997 ha sido pródigo en episodios de tormenta, granizos y pedriscos, que han causado cuantiosas pérdidas en la actividad agraria nacional. Los medios de comunicación, dentro del actual «estado de alarma» que preside las noticias del medio ambiente y del tiempo atmosférico, han recogido las consecuencias de estos eventos presentando estos hechos como resignada estantigua de las consecuencias del cambio climático o del fenómeno de «El Niño», verdadera estrella de la propaganda climática que invade los medios audiovisuales. «Verano excepcional», «el verano más tormentoso del siglo» «pedriscos de 10 cm. de diámetro», son algunos titulares manejados para referirse a los episodios registrados en Aragón, Cataluña, Castilla León, Castilla-La Mancha, Madrid, Andalucía, Extremadura, La Rioja y Navarra¹. Las pérdidas totales fueron estimadas superiores a los 100.000 millones de pesetas por las organizaciones agrarias. Hasta el prestigioso diario económico estadounidense «Financial Times» dedicaba, el 18 de agosto, un editorial referido a la caída de producción y el incremento de precios (hasta un 30% en mercados británicos) registrado en las producciones hortofrutícolas de la Europa mediterránea a consecuencia de las tormentas veraniegas².

El granizo se define como fenómeno atmosférico con precipitación de tipo sólido, de afección local, con calendario de aparición preferentemente estival y graves consecuencias para el sector agrario. Ciertamente es que sequías e inundaciones son los episodios atmosféricos extraordinarios que originan más daños causan en la actividad agraria nacional pero la relación de sectores afectados es más amplia (espacios industriales, sector servicios, infraestructuras urbanas). El granizo, por su parte, es un riesgo climático eminentemente agrario, con buen número de episodios a lo largo del año, y por tanto, después de aquéllos, el que más pérdidas económicas causa en las producciones agrícolas de nuestro país.

El estudio geográfico del riesgo de granizo no puede basarse en el análisis de los datos meteorológicos anotados en las estaciones colaboradoras de la red de observación del Instituto Nacional de Meteorología y ello por la poca densidad de observatorios que cubren el territorio nacional y el carácter esencialmente urbano de dicha red. En efecto son escasas las estaciones meteorológicas situadas en espacios no urbanos que, con fines agrarios, resultan básicas para un estudio de este riesgo climático; además, al ser el granizo un fenómeno local, en ocasiones puntual, puede no ser recogido como tal en las fichas de anotación pluviométrica de dichos observatorios. Sucede incluso que el observador anota como «tormenta» lo que ha sido precipitación de granizo en algún sector del término municipal.

De ahí la necesidad de manejar, sin olvidar la consulta de la fuente meteorológica, datos extraídos de informes de daños en actividad agraria realizados por Agencias de Extensión Agrarias, Cámaras Agrarias locales, destacando la aportación básica del trabajo de campo y la entrevista personal. Sólo así se puede evaluar, geográficamente, el riesgo de granizo. El objetivo último del trabajo es la elaboración de un mapa del riesgo de granizo en la actividad agraria. En el presente análisis se ha escogido la escala comarcal intentando

1 La relación de tormentas de granizo registradas en el campo español en el verano de 1997 incluye las tormentas de 18 de junio en Albacete y diversos puntos de la provincia de Alicante; el granizo del 2 de julio en las comarcas septentrionales de la provincia de Alicante, el pedrisco del 10 de julio en la cuenca alta y media del Vinalopó (Alicante); las tormentas de agua y granizo del 15 de julio en Palencia; el pedrisco del 8 de agosto en la provincia de Cuenca, las tormentas del 10 de agosto en Baena, Cabra y Lucena (Córdoba); el pedrisco de 1 de septiembre, de nuevo, en Palencia.

2 Vid. diario *Financial Times*, monday, August 18, 1997. Sección «Companies & Markets», p. 15.

mejorar la aproximación primera presentada en algún estudio anterior (Olcina Cantos, 1995), a sabiendas que, con verdadero sentido geográfico, sólo el ámbito local (municipio y, dentro de él, pagos o pedanías) es el más apropiado para el diagnóstico del riesgo de granizo; por ello en la descripción de las áreas de riesgo se ha descendido, cuando ha sido posible, a la escala local.

El análisis de riesgos climáticos debe tener presente los cultivos practicados en las diversas comarcas o municipios, su distribución espacial y su ciclo vegetal, con objeto de relacionarlo con el calendario de aparición de los diversos eventos meteorológicos extraordinarios que pueden afectar dicho territorio. Las tierras valencianas, en virtud de sus condiciones climáticas —ubicadas en el sector meridional de la franja planetaria de circulación del oeste—, geográficas —distribución de relieves, llanos y valles— y, sobre todo, de las agriculturas en ellas practicadas, constituyen un espacio de elevado riesgo ante episodios atmosféricos extraordinarios en el conjunto del territorio nacional por la gravedad de los daños que éstos causan en unos cultivos de valor comercial. Entre éstos, el granizo es el episodio atmosférico extraordinario de mayor frecuencia de aparición anual.

De entrada hay que distinguir entre *tormentas* de granizo, es decir, episodio de inestabilidad atmosférica con precipitación de granizo vinculado al desarrollo de nubosidad convectiva y *episodios o sucesos* de granizo, expresión que alude al espacio geográfico afectado por una tormenta de granizo, en suma, a las consecuencias de aquéllas. El análisis del primero permite estimar la frecuencia anual de episodios y la distribución mensual de los mismos, el segundo es esencial para la estimación del riesgo territorial de granizo, puesto que una misma tormenta puede afectar y de hecho sucede así en la mayoría de ocasiones, a varias comarcas a la vez, con lo que interesa precisar el número de *sucesos de granizo* vinculados a una misma jornada tormentosa. Así pues, la expresión *tormentas de granizo* se refiere al fenómeno atmosférico y el *suceso de granizo* a los efectos territoriales. Una y otra deben ser tratadas, de forma complementaria, en cualquier aproximación geográfica al estudio del riesgo, a sabiendas que el estudio de los sucesos es el que otorga verdadero sentido geográfico al análisis de este riesgo climático. Para su diagnóstico se han manejado datos de la relación de fuentes señaladas (vid. supra) para el período 1980-1996³.

La actividad agraria valenciana, por término medio, pierde 4.000 millones de pesetas al año, por efecto de las tormentas de granizo. Se trata de una cifra media que oculta la enorme variabilidad de los daños por granizo de un año a otro, pero que resulta significativa puesto que, si se estima una aportación media del subsector agrícola a la producción final agraria de la Comunidad Valenciana de 215.000 millones de pts., el 2 % de la misma se pierde, de manera sistemática, cada año, a consecuencia de las tormentas de granizo en el territorio valenciano. Este porcentaje de pérdidas alcanza al 6% si se considera únicamente el daño ocasionado en las producciones de hortalizas y frutos no cítricos (75.000 millones de pts. anuales, por término medio) que, en realidad, son las más perjudicadas por las tormentas de granizo. Con ser estos datos relevantes, hay que pensar que el granizo, como se ha señalado, es un fenómeno local, que concentra, por tanto, daños en un territorio muy concreto, por lo que la importancia económica de las pérdidas causadas por el granizo debe efectuarse teniendo en cuenta la superficie concreta y cultivos dañados en ella, puesto que al afectar a comarcas, municipios o parajes dentro de ellos puede suponer verdaderos

3 Sólo a partir del año 1986, se dispone de valoraciones económicas de pérdidas realizadas con criterio uniforme por parte de los Servicios provinciales de Estudios del organismo agrario autonómico. Esta serie de dos lustros se ha completado hasta 1980 para la elaboración del mapa comarcal de riesgo, a partir de informaciones de prensa diaria, informes de Cámaras agrarias y partes de observatorios meteorológicos.

Cuadro 1
DAÑOS POR GRANIZO EN LA ACTIVIDAD AGRARIA VALENCIANA (1986-96)

Año	Nº Episodios	Daños Económicos (Pts. constantes*)
1986	1	6.125.748.000
1987	1	7.283.843.000
1988	7	4.588.580.000
1989	5	3.045.467.776
1990	4	1.118.845.720
1991	3	42.490.000
1992	10	1.957.597.200
1993	5	4.067.694.400
1994	5	1.436.484.000
1995	9	15.433.000.000
1996	4	2.087.295.000

Fuente: Generalitat Valenciana. Informe del Sector Agrario (años 1986-1996).

* Las pérdidas económicas han sido actualizadas al año 1996, a partir de tablas de «Valor adquisitivo de la peseta 1946-96» elaboradas por el Instituto Nacional de Estadística. (Anuario El País. 1996).

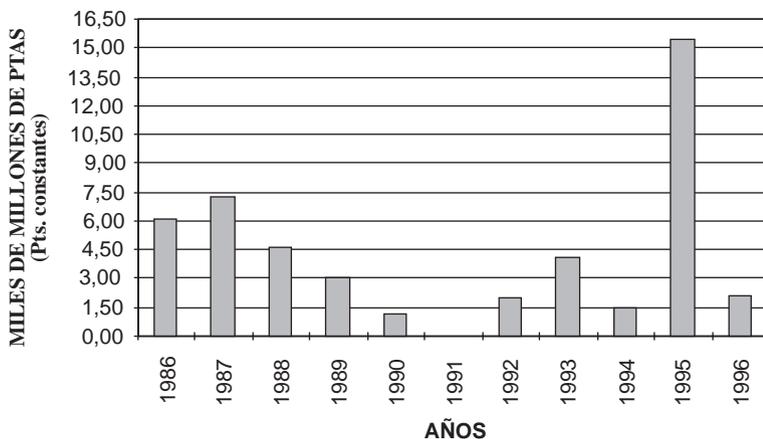


GRÁFICO 1. *Daños ocasionados por las tormentas de granizo en la actividad agraria valenciana. (1986-1996)*

desastres a nivel local. Es el caso de las tormentas de junio de 1988 en el municipio de Aspe, en el Medio Vinalopó, que motivaron el abandono de importantes extensiones de uva de mesa (aprox. 500 Ha.) a consecuencia de los daños causados por dichos eventos⁴, o de la tormenta de 31 de agosto de 1995 que ocasionó daños evaluados en 7.500 millones de

4 En la comarca del Medio Vinalopó las tormentas de granizo de junio de 1988, unidas al temporal de viento de febrero de 1989 y las lluvias intensas de septiembre de 1989, ocasionaron el abandono de 4.000 Ha. dedicadas a uva de mesa, cultivo principal de la agricultura comarcal.

pesetas en la producción de cítricos de la Ribera Alta, con particular afección en los municipios de Rafelguaraf, La Pobla Llarga, Castelló de la Ribera, Carcaixent, Alberic, Massalavés, L'Alcúdia, Alzira, Guadassuar y San Juan de Énova.

Del análisis de la serie de años escogida (1980-1996) se deduce que el granizo es un episodio de elevada irregularidad interanual; así frente a años con elevado número de sucesos (1988, 1992, 1995) hay años que apenas registran uno o dos (1980, 1984, 1986, 1987). Ahora bien, no hay relación directa entre pérdidas económicas y número de eventos registrados. En efecto, años con apenas uno o dos episodios pueden ocasionar pérdidas más cuantiosas que las registradas en años con gran número de sucesos (1986, episodio del 25 de julio; 1987, tormenta del 28 de octubre), y ello en función de la superficie agrícola afectada, del mes del año en que se desarrolle y de los cultivos practicados en el territorio dañado (vid. cuadro 1 y gráfico 1).

Parece confirmarse el hecho del mayor número de tormentas de granizo en períodos de sequía, como se señalaba en investigaciones anteriores (Morales, Rico y Olcina, 1996), con lo que se agravan las elevadas pérdidas económicas en la actividad agraria ocasionadas por la disminución de precipitaciones. Así sucede en el último intervalo seco (1992-95) que concentra, en sólo cuatro años, más de la mitad de los episodios de granizo de toda la serie analizada, con picos en 1992 (10 sucesos) y 1995 (9 sucesos, en uno de los años más secos del presente siglo en numerosos observatorios valencianos). Mecanismos de reajuste de energía en el hemisferio norte que generan, como contrapunto a inviernos excepcionalmente estables (incremento de la presencia de dorsales anticiclónicas) veranos con elevada actividad tormentosa, estarían en la base de la explicación de dicho aumento.

2. Causas atmosféricas y geográficas de los episodios de granizo

Se ha definido el granizo como fenómeno atmosférico de preferente aparición en los meses de verano y de afección local, frente a otros riesgos climáticos de mayores efectos territoriales (heladas, lluvias torrenciales, sequías o temporales de viento).

Es interesante destacar el período anual de riesgo. Las tormentas de granizo muestran preferencia de gestación en los meses del semestre Mayo-Octubre (vid. cuadro 2). Este semestre, en efecto, concentra el 82% de los episodios de granizo ocurridos en las tierras valencianas en el intervalo considerado. Se trata de un calendario de riesgo común en los espacios geográficos de latitudes medias y clima templado o templado-frío (vid. gráfico 2). En tierras valencianas es el semestre de rasgos estivales con matices propios para cada comarca, según su posición y altitud, y variando cada año de acuerdo con la sucesión de las situaciones sinópticas y de los tiempos a ellas asociados. Dicho intervalo presenta dos períodos de adaptación, en sus extremos, a los rasgos fríos del año —las «épocas de paroxismo» de Durand-Dastes⁵—. No obstante, hay que señalar que el calendario de riesgo se prolonga por encima de los límites cronológicos de dicho semestre hasta incluir los meses de abril, por un lado, y noviembre y diciembre, por otro. Se trata, en definitiva, de una época anual de riesgo que incluye el período de crecimiento y maduración de la inmensa mayoría de productos agrarios del campo valenciano, destacando frutales (cítricos y no cítricos) y hortalizas.

5 Vid. Durand-Dastes, F. (1982): *Geografía de los Aires*, Edit. Ariel, Barcelona, pp. 119-194.

Cuadro 2
*FRECUENCIA MENSUAL DE LOS EPISODIOS DE PEDRISCO EN TIERRAS
 VALENCIANAS (1980-1996)*

Mes	Nº De Episodios	%
ABRIL	6	9,8
MAYO	7	11,5
JUNIO	16	26,2
JULIO	5	8,2
AGOSTO	11	18
SEPTIEMBRE	7	11,5
OCTUBRE	4	6,5
NOVIEMBRE	2	3,3
DICIEMBRE	3	4,9

Fuente: Informes de daños elaborados por las Hermandades Sindicales de Labradores y Ganaderos, por la Sección de Estudios del Ministerio de Agricultura y por la Consellería de Agricultura y Pesca. (1980-1996).

De este intervalo anual de riesgo destacan dos períodos de máximo desarrollo de tormentas y sucesos de granizo: mayo-junio en el inicio de la temporada estival y agosto-septiembre en su cese, con un hiato de menor frecuencia de aparición en el mes de julio. Es este un hecho de interés puesto que el menor número de episodios en el mes de julio, así como en el intervalo canicular de 15 de julio a 15 de agosto, confirma la idea que las tormentas de pedrisco deben esencialmente su origen a la presencia de atmósferas baroclínicas, lo que contrasta con las viejas creencias que asociaban las cascarrinadas a simples «tormentas de calor» estival, sobrevalorando las condiciones de superficie.

Esta frecuencia de aparición mensual encuentra explicación en factores atmosféricos y geográficos. Para el diagnóstico de la situación sinóptica que esta en el origen de estas tormentas es, pues, indispensable el análisis de la dinámica de las capas medias-altas de la troposfera. En efecto, la distribución de campos de presión en superficie en estos episodios se caracteriza por presentar distribuciones isobáricas poco definidas —pantanos barométricos, talwegs apuntados desde el norte de África o mínimos relativos— que enmascaran la inestabilidad existente en la columna atmosférica. En pocas ocasiones, los episodios de granizo analizados se han asociado con la presencia, en superficie, de superficies frontales sobre la Península o de pequeñas bajas de origen dinámico (1012 Hpa) originadas por la baroclina existente sobre las tierras peninsulares. La instalación, sobre el espacio sinóptico peninsular, de dinámicas atmosféricas asociadas a expansiones de masas de aire frías resulta esencial para el desencadenamiento de tormentas de granizo. La presencia de vaguadas y depresiones frías asociadas que originan la instalación de sectores de elevada advección de vorticidad sobre la fachada mediterránea peninsular de consumo a la ubicación de sectores de difluencia entre las superficies equipotenciales de las vaguadas o la circulación de ramales del Jet polar (streaks) con efectos de succión participan, como factores de inestabilidad, en el desarrollo de sistemas nubosos con precipitación de granizo. Se manifiesta la complejidad meteorológica del período estival, lo que completa afirmaciones de supuesta «tranquilidad meteorológica» y «buen tiempo» durante los veranos ibéricos en función de la mayor presencia de circulaciones atmosféricas vinculadas a

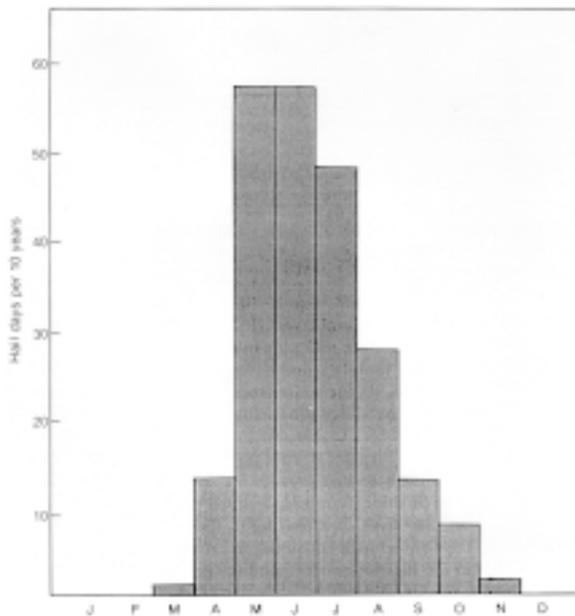
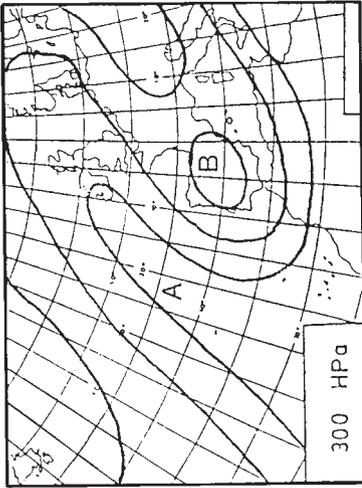


GRÁFICO 2. Frecuencia mensual de desarrollo de las tormentas de granizo en los Estados Unidos. (Fuente: Eagleman, J. R. *Severe and Unusual Weather*, Trimedia Publishing Company, Kansas, 1990.)

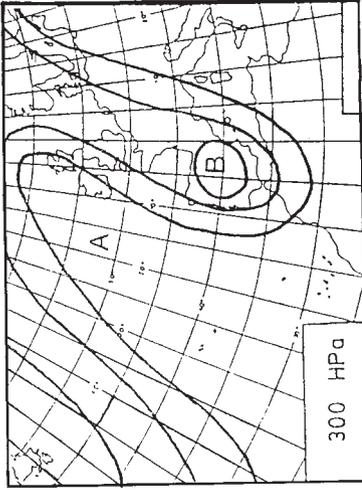
expansiones de masas de aire subtropicales⁶. En el verano ibérico hace más calor, pero no hay tranquilidad atmosférica.

Entre la variada gama de configuraciones que han estado en el origen de las tormentas de granizo de efectos dañinos para el campo valenciano destacan las vaguadas (y depresiones frías) de filiación diversa con su eje centrado sobre la Península Ibérica y las circulaciones de tipo retrógrado (vid. fig. 1). Estas últimas generan atmósferas particularmente inestables y son las que han estado en el origen del mayor número de episodios analizados (vid. cuadro 3). Aunque se ha señalado que la instalación de sectores de elevada vorticidad absoluta en altitud es factor básico para el desencadenamiento de procesos de tormenta estivales (vaguadas de aire polar o ártico marítimo con su eje entre 5°-10° oeste) y ello se refleja en el elevado porcentaje de episodios que tienen por causa dichas configuraciones sinópticas, la sola presencia de aire frío en altitud. Ello explica el destacado número de tormentas de granizo originadas por la instalación de vaguadas, y depresiones frías en su seno, situadas sobre el Mediterráneo Occidental, dejando las tierras de la fachada mediterránea peninsular en el área, teóricamente menos inestable, de convergencia de vientos en altitud. Papel destacado por la escasa inestabilidad que, por su configuración sinóptica, se les supone han tenido las «ondas cortas» de aire polar marítimo. Son ondulaciones de gran longitud de onda y escasa amplitud, con rápida evolución horaria, que sitúan su eje entre 5°-10° oeste abrazando la totalidad del espacio sinóptico de la Península Ibérica. Con acumulaciones de calor sensible durante jornadas previas, la instalación de estas «ondas cortas» favorecen el desarrollo de fenómenos tormentosos con caída de granizo de impor-

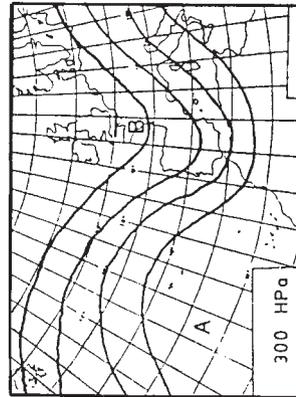
6 Vid. Capel Molina, J.J. (1981): *Los climas de España*, Edit. Oikos-Tau, Barcelona, pp. 393-396.



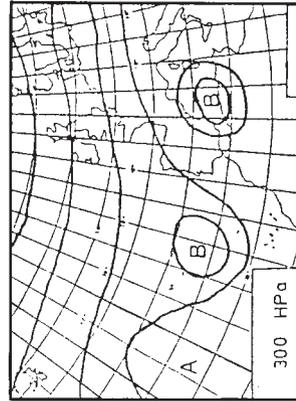
MASA DE AIRE CONTINENTAL EUROPEO
VAGUADA DE EVOLUCIÓN RETRÓGRADA CENTRADA
EN LA PENÍNSULA IBÉRICA



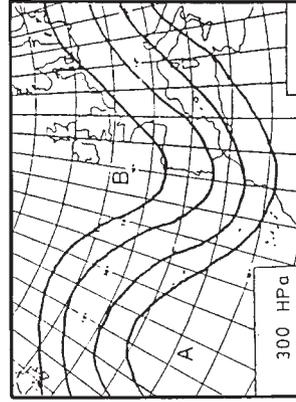
MASA DE AIRE ÁRTICO MARÍTIMO
VAGUADA Y DEPRESIÓN FRÍA CENTRADA EN LA
PENÍNSULA IBÉRICA



VAGUADAS CENTRADAS



MASA DE AIRE POLAR MARÍTIMO
DEPRESIONES FRÍAS EN EL MAR DE
ALBORÁN-ARGEL



VAGUADAS AL OESTE DE LA PENÍNSULA
IBÉRICA

FIGURA 1. Situaciones atmosféricas causantes de tormentas de granizo.

Cuadro Nº 3
CIRCULACIONES ATMOSFÉRICAS CAUSANTES DE TORMENTAS DE GRANIZO EN LA COMUNIDAD VALENCIANA (1980-1996)

Masa de aire	Situación sinoptica en la Troposfera media y alta	% de episodios Registrados
POLAR MARÍTIMA	VAGUADAS Y DEPRESIONES FRÍAS CENTRADAS EN LA PENÍNSULA IBÉRICA	6
	VAGUADAS Y DEPRESIONES FRÍAS AL OESTE DE LA PENÍNSULA IBÉRICA	2
	VAGUADAS Y DEPRESIONES FRÍAS EN EL MEDITERRÁNEO OCCIDENTAL	7
	VAGUADA AL NORTE DE LA PENÍNSULA IBÉRICA	2
	ONDA CORTA CENTRADA	3
	ONDA CORTA AL OESTE DE LA PENÍNSULA IBÉRICA	2
	ONDA CORTA SOBRE EL MEDITERRÁNEO OCCIDENTAL	2
ÁRTICA MARÍTIMA	VAGUADAS Y DEPRESIONES FRÍAS CENTRADAS EN LA PENÍNSULA IBÉRICA	8
	VAGUADAS SITUADAS EN EL MEDITERRÁNEO OCCIDENTAL	7
	VAGUADAS AL NORTE DE LA PENÍNSULA IBÉRICA	1
	VAGUADAS CON EJE AL OESTE DE LA PENÍNSULA IBÉRICA	1
CONTINENTAL EUROPEO	VAGUADAS Y DEPRESIONES FRÍAS EN CIRCULACIONES DE TIPO RETRÓGRADO	13
POLAR MARÍTIMO Y SUBTROPICAL CONTINENTAL	CIRCULACIONES MIXTAS VAGUADA/CRESTA	3
ÁRTICO MARÍTIMO Y SUBTROPICAL CONTINENTAL	CIRCULACIONES MIXTAS VAGUADA/CRESTA	1

Fuente: Boletín Meteorológico Diario. Instituto Nacional de Meteorología.

tantes efectos para el campo valenciano como los ocurridos el 25 de julio de 1986 (vid. fig. 2), 19 de agosto de 1989, 1 de julio de 1993 (vid. foto 1) o 21 de agosto de 1996.

Si la circulación atmosférica en la troposfera media y alta es causa primera de las tormentas de granizo, una serie de factores geográficos que actúan conjuntamente en su desarrollo de procesos inestables de granizo, explica la distribución de estos en el espacio geográfico valenciano.

Un primer factor son los valores de los elementos climáticos relacionados con la radiación solar. Las tormentas de granizo desarrolladas entre mayo y octubre deben su

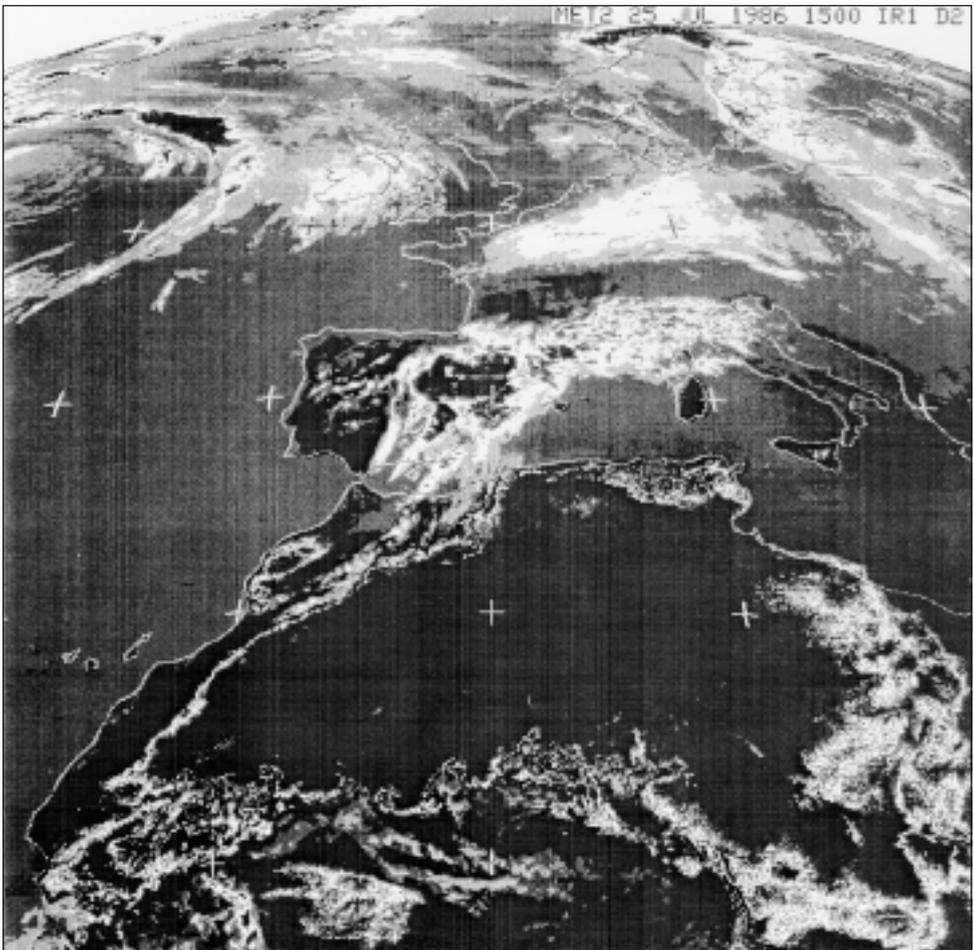


FIGURA 2. Imagen del satélite METEOSAT 2. Canal Infrarrojo. 15:00 h. Se observa un extenso conjunto convectivo de mesoscala generado por la presencia de una onda corta en altitud con ramal del jet stream circulando sobre la mitad oriental de la Península Ibérica. Esta situación fue causa del episodio de granizo de 25 de julio de 1986, uno de los que más pérdidas ha provocado en la agricultura valenciana en los últimos lustros.

origen a procesos termoconvectivos. Es preciso, como se ha señalado la presencia de aire frío en altitud, pero ello se acompaña con importantes acumulaciones de calor sensible en los meses más cálidos del año. El semestre estival concentra los valores de temperatura más elevados del año, los registros de insolación mayores y los índices de radiación incidente más altos, y ello debido a la altura del sol como causa astronómica fundamental. Son los meses con los valores medios de temperatura máxima por encima de 25°C , que alcanzan su ápice en Julio y Agosto, meses en los que, según la latitud y continentalidad de los observatorios analizados, estos registros pueden llegar a 33°C y, por doquier, por encima de 28°C . Coincidiendo con ello, el número medio mensual de horas de sol está por encima de 220 (—Julio 358—), y con fracciones de insolación más elevadas (superiores a



FOTO 1. *Efectos del pedrisco de 1 de julio de 1993 en parcelas con uva de vinificación. Salinas (Alto Vinalopó).*

60 %). La radiación recibida, variable según la ubicación de los observatorios, oscila entre los valores extremos de 287 y 639 cal/cm²/día. Junto a estos valores medios, es necesario referirse a los registros que presentan las temperaturas en las jornadas de granizo. El dato básico es la temperatura máxima diaria, puesto que el estallido de las tormentas de granizo se produce la mayoría de ocasiones analizadas a partir del mediodía, cuando el calor acumulado es mayor. Ahora bien, este dato térmico máximo es, por sí solo, poco indicativo sino se analiza en el contexto de una curva normal de valores de días previos. Así, las máximas registradas en días de granizo muestran, en un 95% de los casos, un descenso, por lo común, de 2° C (aunque no han sido desconocidas jornadas con descensos de 7° C) entre el día de caída de granizo y los días anteriores. En este hecho confluyen la evolución propia de las situaciones sinópticas de altitud, que en dichas jornadas está ligada a la presencia de aire frío y el efecto de parasol producido por el desarrollo de nubes convectivas. La relación entre episodios de granizo y temperaturas es menos evidente para los episodios ocurridos en noviembre y diciembre, cuyo hay que asociarlo a la inestabilidad provocada por las irrupciones de aire frío en altitud.

Por su parte, hay que destacar la circulación estival de vientos en superficie que debe mucho a la proximidad del cálido mar Mediterráneo. Elemento esencial es, en efecto, la naturaleza del aire que pueda entrar en juego en el estallido de los fenómenos de granizo, y en este punto, es fundamental referirse a las características propias de la cubeta mediterránea y al régimen de vientos superficiales que actúa a favor de la llegada a los sectores de choque y ascenso de masas húmedas y cálidas. Es conocida la importancia del mar Mediterráneo en el clima de la fachada oriental peninsular que, efectivamente, se comporta como un reservorio de humedad y calorías. Lo que interesa ahora es conocer cómo se

manifiesta esa influencia en los episodios de inestabilidad. El estudio de los mapas de presión a nivel de mar muestra que el mayor porcentaje de las situaciones sinópticas de superficie se corresponden con la instalación de sistemas barométricos caracterizados por la debilidad de los gradientes horizontales de presión y en estas circunstancias cobra relevancia el funcionamiento de los sistemas de brisas. Problema distinto es conocer la influencia tierra adentro de las marinadas o brisas diurnas que son los vientos que interesa analizar al estudiar los episodios de granizo y que, justamente, en función del movimiento solar, muestran su mayor intensidad durante el semestre analizado. Quereda y Torres (1989) señalan extensiones horizontales de las marinadas para dicho período anual que puede llegar a más de 100 Km. A su vez, la presencia de flujos húmedos se ve reafirmada en las anotaciones de los observadores durante el desarrollo de la tormenta de granizo puesto que apuntan advecciones orientales, principalmente del segundo cuadrante.

Destacada participación en la formación de células de tormenta tienen, por su parte, las unidades de relieve que incentivan los procesos de ascenso, y que actúan, asimismo, como puntos de calor. La existencia de unas formas de relieve cuya disposición (solanas) favorece el calentamiento del aire suprayacente así como los efectos friccionales de los flujos que chocan sobre ellos es otro factor de capital importancia para el establecimiento de zonas proclives a la gestación de tormentas de pedrisco. El espacio valenciano se singulariza por la dicotomía existente entre alineaciones serranas (ibéricas y béticas), algunas de las cuales se elevan por encima de los 1.100-1.200 m., y depresiones litorales y fosas interiores que son, precisamente, las áreas ocupadas por los cultivos de mayor valor comercial. Se configura así un dominio morfoestructural que presenta una serie de alineaciones, desde la costa hacia el interior, separadas por grandes valles de fractura que ven decrecer la influencia de los flujos marinos y asimismo acrecentar los rasgos propios de la continentalidad, con las repercusiones que ello comporta en los elementos del tiempo (incremento de oscilaciones diarias, con máximas muy elevadas). Con esta disposición estructural adquiere papel relevante la dualidad solana y umbría al permitir, en las primeras, recepciones máximas de radiación en las horas centrales del día. En la serie de años analizada, se comprueba, en efecto, que estos episodios atmosféricos presentan elevadas frecuencias en determinadas áreas de las tierras valencianas y, por tanto, la referencia a su ubicación respecto a las unidades del relieve parece fundamental en su explicación. En este sentido, es preciso establecer la distinción entre áreas de formación o gestación de los núcleos de calor convectivos, y las áreas afectadas por la caída de los núcleos de precipitación sólida. Las primeras encuentran su hogar en los relieves más elevados y de exposición y pendiente más favorable a los ascensos; en la localización de las segundas juega el hecho de la caída del pedrisco en la periferia de las células convectivas (donde la velocidad de los movimientos ascendentes es menor), de ahí que sean áreas deprimidas o valles, a favor de encajamientos tectónicos, las zonas de caída más comunes y de efectos más perniciosos puesto que en ellas se asienta la actividad agraria. No es arriesgado hablar de «pasillos» de circulación frecuente de las tormentas de granizo flanqueados por relieves destacados; así de sur a norte del territorio valenciano pueden señalarse

- a) la Vega Baja del Segura entre Orihuela y Rojales en relación con las alineaciones béticas de las Sierras de Orihuela y Callosa y la alineación subbética de la Sierra de Crevillente.
- b) Algueña-Pinoso (hasta el pago de Paredón) en relación con las Sierras del Reclot y Salinas.
- c) Hondón de las Nieves-Aspe-Monforte vinculado a la presencia de las sierras de Arayat, Crevillente, Horna, San Pascual.

- d) Algueña-La Romana-Novelda-Agost orlado por los relieves de las sierras del Argayat-Reclot-Beties-Cid-Serreta Llarga y Maigmó.
- e) Valle de Biar, con las sierras de la Villa y del Frare y Fontanella flanqueándolo por el norte y sur, respectivamente.
- f) Valle de Benejama orlado por las sierras de la Villa y la alineación Morrón-sierra de la Solana.
- g) Valle de Agres, entre las sierras de Mariola, por el sur y Benicadell por el norte.
- h) La Encina-Fuente La Higuera-Mogente-Játiva-Alzira flanqueado por los sectores de la Sierra Grossa y la Sierra de Enguera.
- i) Ayora-Jalance-Cofrentes, orlado por los relieves de las Muelas de Jalance, La Pedriza, Caroch, al este y Sierra del boquerón, Palomeras y de la Pared al oeste.
- j) Sinarcas-Utiel-Requena, entre las sierras del Negrete, la Ceja y de Utiel.
- k) Casinos-Lliria-Pobla de Vallbona, entre la Sierra de Rodana, por el sur y Espadán, al norte.
- l) Vall d'Uixo-Castellón de la Plana en relación con la Sierra de Espadán.
- m) San Juan del Moro-Castellón-Benicasim con los relieves del Desert de Les Palmes y La Peña.
- n) Alcalá de Chivert-Benicarló-Vinaroz flanqueadas por la sierra de Valdancha.

Por estos «pasillos» se desplazan las tormentas de granizo en relación con la circulación de vientos en la troposfera media y alta; de ahí que generalmente el movimiento de las células convectivas tenga sentido suroeste-noreste por la instalación de vaguadas con su eje centrado o al oeste de la Península Ibérica. La posición de estos «pasillos» de circulación frecuente de núcleos de tormenta da idea de la localización de sectores agrarios con riesgo de granizo.

3. El riesgo de granizo en las tierras valencianas. Mapa comarcal de riesgo. La importancia de la escala local en el análisis de riesgo

En virtud de la época anual de riesgo señalada (abril a diciembre) es posible detallar la gama de cultivos más afectados por estos fenómenos tormentosos. Así, según el mes en que se desarrollan episodios se puede hablar de la relación siguiente de «cultivos con riesgo» ante una tormenta de granizo:

- Abril y mayo: afectan a variedades de naranja tardía (-late), al níspero del valle del Algar y Alto Palancia, a la cereza y hortalizas.
- Junio: los pedriscos que descargan en este mes pueden arruinar las cosechas de uva de vinificación y de mesa en plena época de crecimiento.
- Meses centrales de verano (julio a septiembre): Junto a la vid, son los frutales (melocotón, pera, manzana,...) en plena maduración en esta época del año y las hortalizas de temporada (melón, sandía, pepino, calabaza,...), los cultivos más afectados por los granizos caniculares.
- Octubre a diciembre: causan daños en uva de mesa (aledo), variedades tempranas de cítricos, tomate de invierno y hortalizas.

Junto a estos cultivos hay que mencionar las cuantiosas pérdidas que las tormentas de granizo causan en la horticultura de ciclo manipulado que se practica en las tierras valencianas (huertas de Valencia y Castellón, Campo de Alicante, Bajo Vinalopó y Bajo Segura), dado el alto valor comercial de los cultivos practicados y las costosas inversiones que

conlleven, sobre todo cuando se efectúan bajo plástico. En estos casos las tormentas más dañinas son las que se desarrollan en los meses de octubre a diciembre, y abril y mayo, puesto que el granizo daña cultivos de fuera de temporada y estructuras de plástico (balsas e invernaderos), disparando así el volumen de pérdidas (Morales Gil, 1997). Así ocurrió con los episodios de granizo de 16 de octubre de 1994 con pérdidas de 732 millones de pts. en cultivos hortícolas y estructuras de plástico del Bajo Segura (Orihuela y Pilar de la Horadada, fundamentalmente) y los granizos del 9 y 11 de diciembre de 1995 con graves daños en la cosecha de brócoli del campo de Orihuela y lechuga «iceberg» de Pilar de la Horadada.

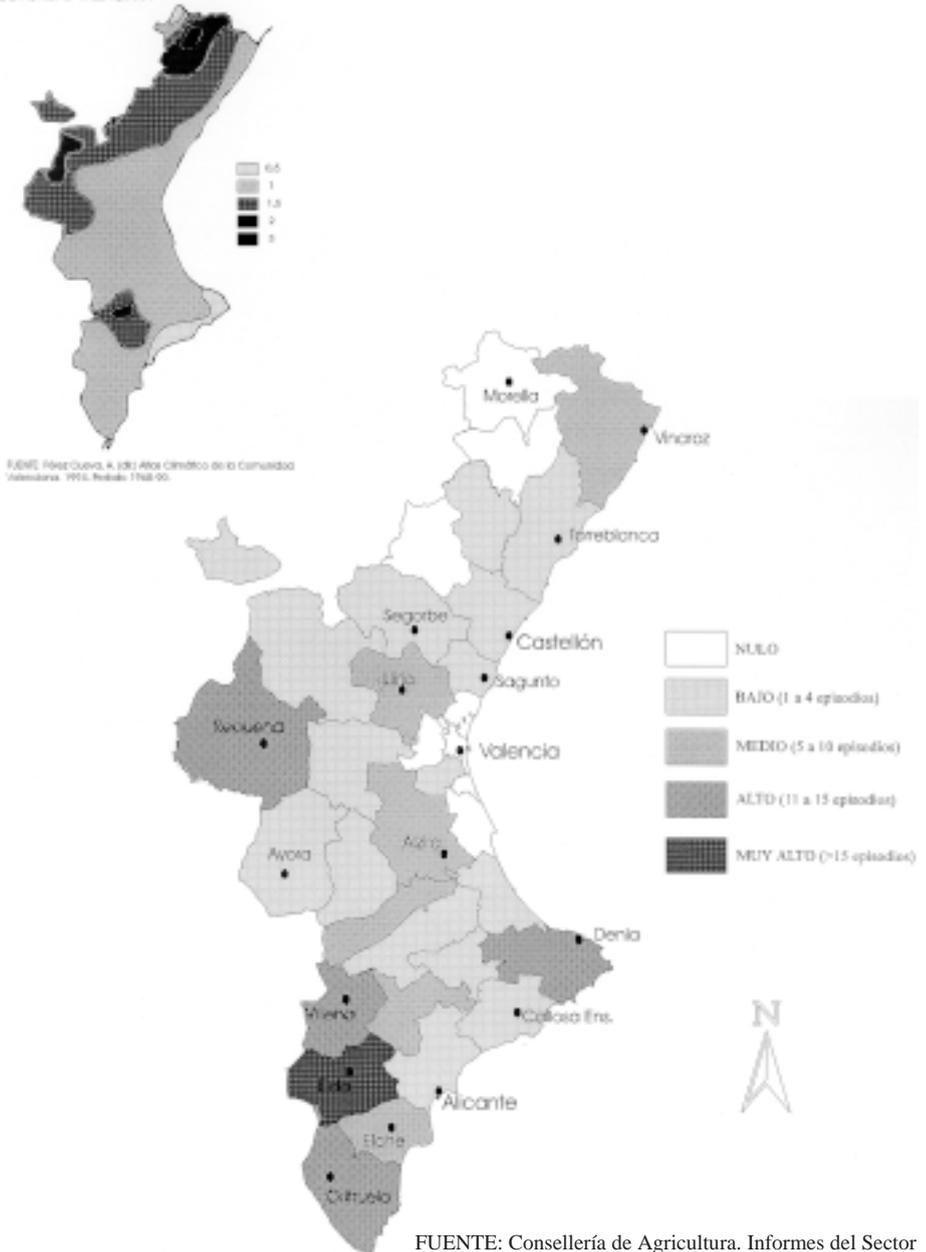
Teniendo presente la época anual de riesgo, los factores atmosféricos y geográficos señalados, la distribución espacial de los cultivos se puede elaborar un mapa de riesgo comarcal de granizo en la actividad agraria valenciana (vid. mapa 1). Resulta interesante contrastar este mapa con la distribución anual de las tormentas de granizo en la Comunidad Valenciana elaborada a partir de la información de la red de observatorios de segundo y tercer orden. La comparación de ambos mapas muestra la diferencia señalada entre el granizo como fenómeno meteorológico y la distribución espacial de sus efectos que es el análisis con verdadera significación geográfica. En efecto el mapa de media anual de días de granizo muestra tres áreas de elevado riesgo (entre 2 y 3 días/año) que coinciden con áreas del interior valenciano. Según la mayor frecuencia de desarrollo de tormentas de granizo destacan: Els Ports-Alt Maestrat, entre Herbes y Villafranca del Cid, este sector forma parte del sistema del relieve del Maestrazgo, una de las zonas con mayor frecuencia anual de granizo del territorio nacional; Los Serranos-Altiplano de Requena-Utiel, entre Titaguas y Requena en el sector ibérico interior valenciano; y el sector bético, entre las provincias de Valencia y Alicante, que se corresponde con las comarcas de La Vall d'Albaida, La Costera, El Alcoia y el Alto Vinalopó, con área de máximo riesgo entre las localidades de Fontaneres y Albaida. De estas tres zonas con elevada frecuencia anual de desarrollo de tormentas de granizo, sólo las dos últimas presentan relación con el mapa comarcal de riesgo en la actividad agraria elaborado en el presente estudio, al coincidir con áreas donde se practican cultivos de temporada estival que, en efecto, se ven afectados por el granizo. Por el contrario, el área interior castellanense, con importancia del sector ganadero, pero con desarrollo poco relevante de cultivos hortícolas o frutales queda difuminada como un sector de riesgo de granizo nulo (vid. mapa 1).

Con visión geográfica el mapa de riesgo de granizo para la actividad agraria de las tierras valencianas presenta los siguientes sectores con grado de riesgo diverso:

— **Riesgo muy alto**, situado en la comarca alicantina del Medio Vinalopó. Es el espacio que ha padecido mayor número de episodios de granizo de la serie de años analizada. El elevado grado de riesgo se relaciona con la coincidencia entre el período de crecimiento y maduración del cultivo más representado en la comarca (uva de mesa embolsada) y el calendario de riesgo de granizo señalado (abril-diciembre). En efecto el amplio período de permanencia de racimos en la vid justifica el alto grado de riesgo para la actividad agraria de este territorio. Además, la disposición de valles y relieves béticos (suroeste-noreste) favorece el tránsito de tormentas que se desplazan con dirección noreste en los sectores de divergencia de las vaguadas polares y árticas; ello justifica la presencia de un buen número de «pasillos de tormenta» en esta comarca (vid. supra). Si hubiera que destacar algún episodio de granizo realmente aciago en esta comarca en los últimos dos lustros sobresaldrían las tormentas de junio de 1988, con efectos dramáticos en el municipio de Aspe y el episodio de 1 de julio de 1993 con graves daños en Novelda y Agost.

Junto a la uva de mesa embolsada la presencia de uva de vinificación, frutales (peral y melocotón) y hortalizas en los rodales de huerta periurbanos amplían el catálogo de productos afectados por las tormentas de granizo estivales.

MEDE ANUAL DE DÍAS DE GRANIZO
EN LA COMUNIDAD VALENCIANA



FUENTE: Consellería de Agricultura. Informes del Sector Agrario. Años 1986-96. Informes de daños de Cámaras Agrarias (varios años).

MAPA 1. Riesgo de granizo en la actividad agraria de la Comunidad Valenciana (1980-1996) y mapa climático de días de granizo al año.

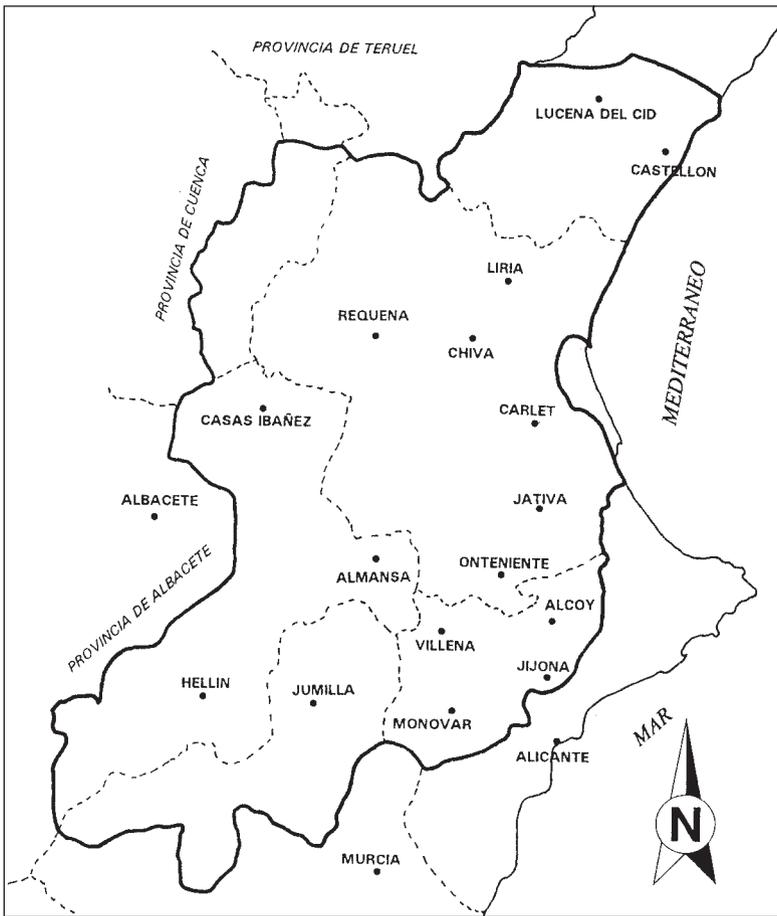
Prueba de la importancia de los episodios de granizo en este territorio es la tradición de lucha anti-granizo que tiene sus inicios a finales de los años cincuenta cuando la Hermandad Sindical Agraria de Novelda pone en marcha un servicio de cohetería, a semejanza de los existentes en otras partes de España, fieles a la creencia, entonces vigente, de que la onda expansiva de la detonación podía disgregar y disolver los núcleos de granizo. A mediados de los años setenta las distintas hermandades sindicales de la comarca se incorporaron a la Campaña Experimental Antigranizo de Levante (CEAL), una de las experiencias de lucha antigranizo más importantes dentro del conjunto de las desarrolladas en los años setenta por el Ministerio de Agricultura en el estado español, con dos millones y medio de hectáreas de las provincias de Murcia, Albacete, Alicante, Valencia y Castellón, supuestamente defendidas con quemadores de yoduro de plata del modelo Dessens (vid. fig. 3). Esta Campaña Experimental funcionó hasta el verano de 1979. La escasa eficacia de este método reflejada en el elevado número de episodios con graves daños que afectaron las tierras defendidas en los veranos de 1975, 1976 y 1979 (este último, de aciago recuerdo para los cosecheros de manzana del Alto Vinalopó) y, sobre todo, la aparición de la Ley 87/1978 de 28 de diciembre, de Seguros Agrarios Combinados, fue factor determinante en el cese de las actividades de la lucha antigranizo en Levante.

Al margen de la contratación de seguros agrarios combinados, en la actualidad se pueden observar en el Medio Vinalopó mallas de plástico «anti-granizo» en parrales y espalderas de uva de mesa. (vid. foto 3).

— **Riesgo alto:** se incluyen las comarcas del Altiplano de Requena-Utiel, Alto Vinalopó, Marina Alta y Bajo Segura. La importancia del viñedo y frutales en las dos primeras, de los cítricos y viñedo en la Marina Alta y de los cultivos de regadío (hortalizas y cítricos) en el Bajo Segura, participan en el elevado grado de peligrosidad que tienen en ellas las tormentas de granizo. En el Altiplano de Requena-Utiel y en el Alto Vinalopó la época anual de máximo riesgo ocupa los meses de junio a septiembre coincidiendo con el período de crecimiento y maduración de la uva de vinificación y de los frutales más representativos (melocotón, pera, ciruelas); en el Bajo Segura y Marina Alta este intervalo de riesgo se prolonga hasta el mes de diciembre por la presencia de los cítricos. Interesa destacar el alto riesgo que suponen las tormentas de granizo de los meses de noviembre y diciembre en la horticultura de ciclo manipulado del sector de Pilar de la Horadada que causan elevadas pérdidas en cultivos al aire libre (lechuga «iceberg», col) y en estructuras de plástico (cobertizos). No debe sorprender el alto de riesgo de la comarca de la Marina Alta, puesto que convergen agriculturas diversas cuyos cultivos ocupan la totalidad de meses de riesgo: frutales (cerezas de los valles interiores, Gallinera, Laguart) con elevado riesgo en abril y mayo; uva de vinificación y mesa (moscatel) y almendro, entre junio y septiembre; y cítricos (naranjas, mandarinas y clementinas), entre septiembre y diciembre.

Hay que señalar que el Alto Vinalopó es la comarca valenciana que más sucesos de granizo registró en los años setenta, particularmente en 1974, 1975 y 1979, que estuvieron en el origen —junto a problemas de precios— de la práctica desaparición del cultivo de manzana de este espacio cuya superficie había experimentado eclosión durante esa década. No en vano el municipio de Villena había sido pionero en la instalación de mallas antigranizo en las tierras alicantinas, a finales de los años sesenta, por difusión de las mallas para manzano instaladas en el municipio próximo de Yecla⁷. De ahí se extendieron a otros

7 Los municipios de Yecla-Caudete y Villena formaban el llamado “triángulo del manzano”, donde junto a variedades autóctonas, proliferó la manzana “starkin” cuyo cultivo entró en un retroceso acelerado a comienzos de los años ochenta.



Fuente: Servicio de Defensa contra Plagas e Inspección Fitopatológica. Ministerio de Agricultura.

FIGURA 3. Área integrada en la zona de defensa de la Campaña Experimental Antigranizo de Levante (1970-1979).

municipios del Alto Vinalopó (Benejama) y Medio Vinalopó (fundamentalmente Novelda).

El Altiplano de Requena-Utiel fue el primer lugar de España donde se llevaron a cabo experiencias de lucha antigranizo con quemadores de yoduro de plata. En efecto, a comienzos de los años sesenta, el Servicio de Investigación y Ensayos de lluvia artificial del Ministerio de Industria proyectó, a semejanza de otros modelos utilizados en Francia, un sistema quemador (tipo S.I.E.L.L.A) para estimular la siembra de nubes con yoduro de plata desde el suelo. La utilización, con carácter experimental, de estos quemadores de carbón activado tuvo su foco originario en el Altiplano de Requena-Utiel, donde, en 1962, la Hermandades Sindicales de la zona constituyen una Asociación de Defensa Antigranizo que llevó a cabo durante una década campañas granífugas mediante el empleo de este modelo de quemador. Las Hermandades Sindicales del Altiplano de Requena-Utiel coordi-

nadas con la Cámara Oficial Sindical Agraria de Valencia, encargaron la organización de la zona de defensa a la empresa química catalana Chemicol, S.A. Las campañas que se iniciaban el 1º de mayo y finalizaban con la vendimia, a finales de septiembre, contaron, hasta 1965, con el asesoramiento del Centro Meteorológico del Pirineo Oriental, año en el que la difusión de las predicciones diarias pasó a depender del Centro Meteorológico Zonal de Levante. En 1976 la Agrupación antigranizo de Requena-Utiel se sumaría a la Campaña Experimental Antigranizo de Levante sustituyendo los quemadores de carbón activado por 35 quemadores con acetona. Tradición de lucha antigranizo, desde los años cincuenta, está documentada, por su parte, en Villena (Alto Vinalopó) cuya Hermandad Sindical Agraria disponía de un servicio de cohertería.

— **Riesgo medio y bajo:** Se incluye aquí un amplio conjunto de comarcas valencianas con realidades agrarias distintas y una frecuencia de aparición del pedrisco que oscila, como media, entre un episodios al año para los sectores de riesgo medio y un episodios cada dos años en las comarcas con riesgo bajo. Entre los primeros sobresalen las comarcas de: el Bajo Vinalopó y, en particular, el campo de Elche donde las tormentas de granizo afectan a una amplia gama de hortalizas, almendro y uva de mesa; L'Alcoia, con dominio de frutales y hortalizas y un sector de elevada siniestralidad, el municipio de Castalla, en la Hoya del mismo nombre; el corredor de La Costera que se abre hacia La Ribera Alta, donde conviven frutales y hortalizas con una importante presencia de cítricos en la segunda. En este sector destaca como ejemplo de episodio aciago la cascarrinada de finales agosto de 1995 con más de 13.000 millones de pts. de pérdidas en frutales, hortalizas y cítricos; el Camp de Turia donde el grado de riesgo de granizo viene dado por la amplia variedad de cultivos practicados: hortalizas (alcachofa, cebolla, lechuga), uva de vinificación (vinos blancos) y de mesa, olivos, y cítricos; y el Baix Maestrat, en particular el área cítrica en torno a Vinaroz.

Las comarcas castellonenses de la Plana Alta, Plana Baixa y la valenciana del Camp de Morvedre registran riesgo bajo en relación con el escaso número de tormentas que afectan a los cítricos, cultivo más extendido en ellas. El menor número de episodios que se desarrollan entre octubre y diciembre, época de mayor riesgo para la naranja, explica la menor peligrosidad de las tormentas de granizo en estos territorios. Similares consideraciones cabe señalar para el área de Alcora en la comarca de L'Alcalatén ocupada por cítricos.

El bajo riesgo de las comarcas valencianas de Los Serranos, La Hoya de Buñol, Valle de Ayora y Canal de Navarrés estaría en relación con su posición intermedia a caballo de la zona de alto riesgo del Altiplano de Requena-Utiel y del sector oriental del Camp de Turia y La Ribera Alta. En efecto las tormentas causadas por vaguadas con eje centrado o al oeste de la Península Ibérica descargan el granizo en las tierras del interior mientras que las que tienen por causa vaguadas o depresiones frías instaladas sobre el Mediterráneo occidental lo hacen en las comarcas litorales, de manera que el cinturón de tierras intermedias entre la costa y el interior recibe un menor número de tormentas. Es por ello que los municipios que se sitúan en el límite con las comarcas que registran un riesgo mayor participan, en gran medida, del número de sucesos que afectan a aquéllas. Es el caso de Titaguas en Los Serranos, Siete Aguas en la Hoya e Buñol, o Enguera en La Costera. Cuando se desarrollan tormentas con granizo afectan a los cultivos de frutales (peral, albaricoque, melocotón y manzano) y horticolas (pimiento, sandía, lechuga).

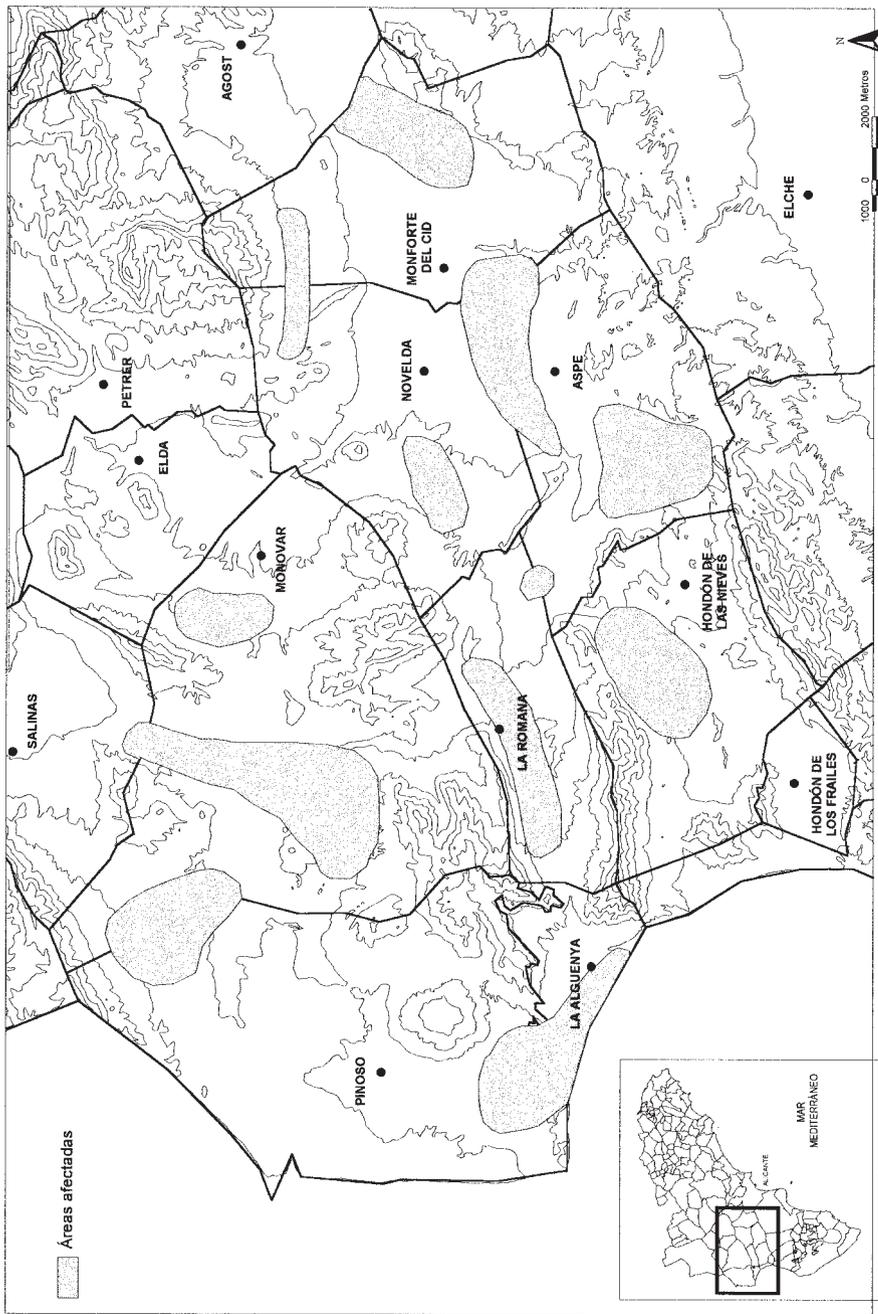
En las comarcas de La Vall de Albaida y El Comtat los cultivos de frutales y hortalizas son los más afectados. Albaricoque, melocotón y cerezos, junto a melón, sandía y tomate sufren los daños de las tormentas de granizo. Los pasillos tectónicos Bocairente-Agres-Alfafara-Muro del Comtat, por el sur, y Fontaneres-Bocairente en la Vall de Albaida son los espacios más afectados en estas dos comarcas. Los núcleos de tormenta que atraviesan



FOTO 2. Cobertizo («cuco») para refugiarse de las tormentas, en Els Ports (Castellón). En las tierras interiores castellanenses, a semejanza del Maestrazgo turolense, se encuentran los ejemplos más interesantes de este tipo de construcciones de la Comunidad Valenciana.

los citados pasillos y alcanzan la comarca de La Safor causan daños en los cítricos que se extienden por las huertas de Gandía, Oliva, Tavernes de la Valligna, Xeraco y Xeresa. Así ocurrió en el episodio de 25 de julio de 1986 a favor del desplazamiento hacia el noreste del conjunto convectivo de mesoscala formado.

En la Marina Baja el grado de riesgo viene impuesto por el cultivo del níspero que se muestra muy sensible a las tormentas que pueden descargar en marzo y abril. En el municipio de Callosa de Ensarriá, aunque con la finalidad esencial de mitigar los efectos del viento para evitar la aparición de «mancha púrpura o dorada», varias explotaciones de níspero (partidas rurales de Algoda, Micleta, Segarra, Raboset, Rutxei), han instalado cobertizos de malla, motivada por los efectos de los pedriscos tempranos (abril) que han azotado la comarca desde 1990 (abril 1990, abril-mayo 1992). El níspero se ve dañado por pedriscos tempranos en la comarca del Alto Palancia, donde dicho cultivo disfruta también



Fuente: Trabajo de campo. Informes de Cámaras Agrarias, Hermandades Sindicales y Conselleria de Agricultura.

MAPA 2. Áreas de afección frecuente de las tormentas de granizo en el sector central de Vinalopó (Alicante).

de condiciones ambientales y geomorfológicas y edáficas idóneas pasa su expansión. Estos pedriscos tempranos afectan asimismo a la cereza. La relación de cultivos perjudicados se incrementa a manzanos y perales si las tormentas se desarrollan entre los meses de junio y septiembre.

El campo de Alicante mantiene bajo riesgo en virtud de los daños que el granizo provoca en la extensión importante de almendro y, sobre todo en el tomate de invierno que ocupa los glacis de relieves prebélicos del sector de Muchamiel y Campello.

En el mapa de riesgo aparecen representadas con **riesgo nulo** las comarcas de Els Ports, Alt Maestrat y Alto Mijares, a las que había que agregar las tierras interiores de L'Alcalaten (Xodos, Vistabella del Maestrat, Benafigos) donde el escaso desarrollo de regadíos de frutales y hortalizas, en contraste con las amplias extensiones ocupadas por cereales y la importancia de la ganadería extensiva restan peligrosidad a las tormentas de granizo que allí descargan. Como se ha señalado, el mapa climático del número medio anual de tormentas de granizo destaca este sector de las tierras interiores ibéricas de Castellón como el núcleo que concentra mayor frecuencia de aparición de tormentas. No en vano en estas comarcas se localizan el mayor número de refugios anti-tormentas («cucos») y más singulares de todas las tierras valencianas (vid. foto 2). Mención aparte merece el riesgo bajo o nulo de las comarcas del sur de la capital valenciana y la Ribera Baja, con tradición en el cultivo del arroz en la Albufera. El intervalo de estudio escogido ha coincidido con una escasa actividad de tormentas de granizo en este sector, si bien hay que tener en cuenta que en territorio valenciano, las primeras experiencias organizadas de defensa antigranizo, en la década de los sesenta y basadas en el empleo de cohetes con carga especial tienen lugar en el sector arrocerero de la Ribera y Horta Sud, merced a las prácticas de coherería puestas en marcha, a semejanza de la tradición iniciada a finales de los años cuarenta en Cataluña (Fuerzas Eléctricas de Cataluña), por la Mutualidad de Arroceros del Júcar en el verano de 1962. Se iniciaban así una serie de campañas antigranizo con coherería que contaban con el apoyo meteorológico del Centro Meteorológico Zonal de Levante y que dan cuenta de la preocupación por los efectos del granizo en este espacio. En 1976 la Federación Arrocerera del Júcar, se incorporaría a la Campaña Experimental Antigranizo de Levante (CEAL) añadiendo a su tradicional defensa con cohetes 10 quemadores del modelo Dessens.

Debe quedar claro que la cartografía elaborada ofrece grados de riesgo en función de los sucesos de granizo ocurridos, es decir, del daño en cultivos practicados en las diferentes comarcas. Ello significa que una comarca con riesgo medio o bajo puede registrar, en una campaña, daños tan cuantiosos como los evaluados en sectores de alto riesgo en función del valor comercial de los cultivos y del mes concreto en que se desarrolla el episodio y de la intensidad de la granizada. Es, por ejemplo, lo que sucedió a finales de agosto de 1996 en la comarca de la Plana Baixa en relación con los daños provocados en los cultivos de cítricos (1.500 millones de pts.).

Como se ha señalado el estudio geográfico de riesgo de episodios naturales de rango extraordinario debe tener la escala local —y aún puntual— como ámbito último de trabajo; más aún el granizo que por propio desarrollo es un fenómeno atmosférico local o puntual. La escala municipal es la que permite al geógrafo ofrecer diagnósticos del territorio más acertados y propuestas de actuación más ajustadas a la realidad geográfica del espacio considerado. El análisis de riesgo de granizo no debe conformarse con la determinación del riesgo a escala comarcal, hay que precisar que municipios dentro de aquéllas y que pagos en éstos son los que registran frecuencias más elevadas. A tal fin, se ha escogido el área de muy alto riesgo del sector central del valle del Vinalopó (Alicante), que como se ha indicado debe mucho de este elevado riesgo a la práctica de un cultivo (uva de mesa, variedad «Aledo») cuyo calendario vegetativo se prolonga a lo largo de todo el período

anual de riesgo de granizo (abril a diciembre). El fin último es obtener una cartografía de riesgo municipal frente a las tormentas de granizo, que señale que pagos son los más afectados por este riesgo climático. El mapa 2 muestra los sectores de afección frecuente en la comarca del Medio Vinalopó, en la que sobresalen los siguientes:

- Sector comprendido entre Cañada de Don Ciro en el municipio de Monovar y pago de Ubeda en Pinoso, dominado por la uva de vinificación.
- Franja entre las Casas de la Alberta, al sur del municipio de Salinas y Madara-Chinorlet en Monovar y que comprende, asimismo, los pagos de Hondón y Pla Maña en Monovar. Es un sector encajado entre la Sierra de la Umbría, El Cabezo, Sierra de Pedrizas y Collado de El Coto.
- Pago de Chinorla al noroeste del núcleo urbano de Monovar.
- Rodriguillo en Pinoso. Franja que discurre entre éste pago y La Solana en el municipio de Algueña.
- Franja entre la rambla de la Romana y el pago de La Solana en el municipio de La Romana.
- Parajes de la Horna al suroeste del núcleo urbano de Novelda.
- Triángulo comprendido entre las partidas rurales de Horna de Aspe-Campet en Novelda y Huerta en Monforte de Cid.
- Franja situada al noreste del municipio de Monforte del Cid, entre los parajes de Espejeras y Orito.
- Sector comprendido entre La Alguasta y La Canalosa en el término municipal de Hondón de las Nieves.
- Parajes de Tolomó y Borisa al suroeste del término municipal de Aspe.

La delimitación precisa de sectores de riesgo, a escala municipal, resulta esencial para una planificación eficaz de prácticas de cultivo y en la toma de decisiones para su defensa (mallas antigranizo y seguros agrarios combinados).

4. Conclusión: el granizo, un riesgo importante para las agriculturas valencianas

El granizo es uno de los riesgos climáticos más dañinos para la actividad agraria de las tierras valencianas. Tras sequías e inundaciones es el episodio atmosférico de rango extraordinario que más pérdidas económicas provoca en los cultivos practicados al ser el de mayor frecuencia de aparición anual. Anualmente se pierde el 2% de la producción final agraria por efecto de las tormentas de granizo; en los últimos dos lustros el granizo ha provocado daños evaluados, por término medio, en 4.000 millones de pts. en los cultivos de temporada estival. Con ser estos datos relevantes, hay que pensar que el granizo al ser un fenómeno local, en ocasiones puntual, concentra daños en un territorio muy concreto, por lo que la importancia económica de las pérdidas causadas por el granizo debe efectuarse teniendo en cuenta la superficie concreta y cultivos dañados en ella, puesto que al afectar a comarcas, municipios o parajes dentro de ellos puede suponer verdaderos desastres a escala local.

Es necesario distinguir entre tormentas de granizo, fenómeno atmosférico y episodio o suceso de granizo, o expresión que alude a la afección territorial provocada por las tormentas de granizo con graves daños para la actividad agraria desarrollada. Con un calendario anual de aparición que abarca los meses de abril a diciembre y vinculadas a la instalación de configuraciones de vaguada o depresión fría originadas por expansiones de masas de aire frías en la troposfera media y alta, las tormentas de granizo afectan a la



FOTO 3. *Mallas antigranizo en uva de mesa en espaldera. Novelda. Paraje de la Serreta.*



FOTO 4. *Mallas antigranizo en uva de mesa en parrales. Elche. Paraje de Matola.*

práctica totalidad del territorio valenciano, sobresaliendo como áreas de riesgo elevado el valle del Vinalopó (sobre todo sus sectores alto y medio), la comarca del Bajo Segura, la Marina Alta y el Altiplano de Requena-Utiel. Cultivos de hortalizas, viñedo y frutales (cítricos y no cítricos) son los más dañados por estos episodios.

Pese a la nutrida tradición de lucha antigranizo (cohetes, siembra de nubes con yoduro de plata) que ha existido en las tierras valencianas, las actuaciones de prevención deben ir encaminadas al mantenimiento y, en su caso, aumento de la subvención otorgada por las administraciones central y autonómica para la contratación de pólizas de seguro. Es, hoy día, el método más eficaz de lucha antigranizo. A fin de incrementar la superficie asegurada contra el pedrisco para los diversos cultivos afectados, cabría apostar por la obligatoriedad de contratación de seguros agrarios combinados por parte de todos los agricultores ofreciendo contrapartidas como la desgravación en la declaración de la renta. En 1995, la superficie asegurada de hortalizas tan sólo cubría el 10% de la superficie hortícola valenciana, el 21% de la superficie de uva de vinificación y el 30% de la extensión cultivada de cítricos y uva de mesa, por citar los cultivos que más pérdidas padecen por el granizo, con tendencias a la disminución del número de pólizas desde 1993 en los cultivos de uva de vinificación y uva de mesa. Una iniciativa interesante es la llevada a cabo por algunas cooperativas agrícolas valencianas que asumen, mancomunadamente, los daños del pedrisco en los naranjales de sus asociados.

Desde la campaña de 1997, el Plan Anual de Seguros ha establecido una tarifa general de pedrisco para todos aquellos productos que no disponen de una línea específica, favoreciendo así la contratación de pólizas en productos no incluidos de manera específica en dicho Plan (patatas, dátiles). Por su parte, la Consellería de Agricultura tiene previsto recuperar, en la campaña de 1998, la subvención adicional que recibían las producciones de uva de mesa y vino con denominación de origen y que había quedado en suspenso en 1997, al tiempo que ampliará las ayudas al resto de denominaciones de origen existentes en la Comunidad Valenciana.

Asimismo existe el compromiso de incorporar una subvención adicional, para aquellas zonas, producciones u opciones de seguro agrario que están pagando en la actualidad una póliza superior a la media.

Junto a ello la instalación de mallas de plástico se muestra como el método directo de lucha antigranizo más eficaz, con la salvedad del elevado coste, no subvencionado, de instalación de las mismas. En la actualidad mallas antigranizo pueden observarse en algunas plantaciones de nísperos y uva, con sistemas diversos en función de método de plantación escogido (vid. fotos 3 y 4).

Queda claro que las prácticas de defensa orientadas a disminuir la «oferta», es decir, la lucha antigranizo mediante, cohetería o siembra de nubes mediante el empleo de estufas de yoduro de plata (cohetes lanzados por los arroceros de La Ribera y las hermandades sindicales de Villena y Novelda, y empleo de quemadores de yoduro de plata en Requena-Utiel y campaña CEAL), de amplia tradición en las tierras valencianas (Olcina Cantos, 1994), han demostrado su ineficacia secular, con reconocimiento explícito, en 1992, de la propia Organización Meteorológica Mundial.

Bibliografía

CAPEL MOLINA J.J. y OLCINA CANTOS, J. (1994): «Ondas cortas atmosféricas estivales y fenómenos tormentosos con granizo en el Sureste Peninsular», *Papeles de Geografía*. 19, Departamento de Geografía, Universidad de Murcia, pp. 1-35.

- CONSELLERÍA D' AGRICULTURA I MIG AMBIENT. *Informe del Sector Agrar, Valenciá. Años 1986 a 1996*. Generalitat Valenciana. Valencia.
- EAGLEMAN, J.R. (1990): *Severe and unusual weather*, Trimedia Publishing, Kansas, 393 pp.
- MORALES GIL, A. (1987): «Lluvias torrenciales e inundaciones del 25 y 26 de julio de 1986 en el término de Jumilla», *Homenaje al Prof. Torres Fontes*, Universidad de Murcia, pp. 1.111-24.
- MORALES GIL, A. (1997): *Aspectos geográficos de la horticultura de ciclo manipulado en España*, Universidad de Alicante, 167 p.
- MORALES GIL, A.; RICO AMORÓS, A. y OLCINA CANTOS, J. (1996): «Enseñanzas de la sequía en el sureste ibérico» en *Clima y agua. La gestión de un recurso climático*. (Marzol, M^a V., Dorta, P. y Valladares, P. eds.), III Reunión Nacional de Climatología, La Laguna, pp. 211-223.
- OLCINA, J., RAMÓN, A. y RICO, A. (1990): «Tipología de las situaciones atmosféricas causantes de granizo. Efectos en la agricultura alicantina», *Segundas Jornadas Internacionales sobre Agricultura y modificación atmosférica*, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, León, pp. 163-171.
- OLCINA CANTOS, J. (1994): *Tormentas y granizadas en las tierras alicantinas*. Instituto Universitario de Geografía, Universidad de Alicante, Alicante, 317 pp.
- OLCINA CANTOS, J. (1994): *Riesgos climáticos en la Península Ibérica*. Ed. Penthalón. Madrid, 440 pp.
- OLCINA CANTOS, J. (1995): «Riesgos climáticos en las tierras valencianas. Incidencia en la actividad agraria», *Investigaciones geográficas*, 14, Instituto Universitario de Geografía, Universidad de Alicante, pp. 99-143.
- PÉREZ CUEVA, A.J. (dir.) (1994): *Atlas climático de la Comunidad Valenciana*, Generalitat Valenciana, Consellería de Obras Públicas, Urbanismo y Transportes, Valencia, 205 pp.
- QUEREDA SALA, J.J. y TORRES SAAVEDRA, R. (1988): «Las brisas en el Levante Español», en *Boletín de Cultura Castellonense*, Castellón, pp. 513-26.
- QUEREDA SALA, J.J. (1989): *La ciclogénesis y las gotas frías del Mediterráneo Occidental*. Excma. Diputació de Castelló. Colección Universitaria. Castellón de la Plana.

