

ANOMALÍAS SINÓPTICAS Y SU RELACIÓN CON EL INCREMENTO DE GRANIZO EN 2006

Eduardo GARCÍA-ORTEGA, Andrés MERINO SUANCES,
Rocío MANJÓN CALVO, Laura LÓPEZ CAMPANO, José Luis SÁNCHEZ GÓMEZ
Instituto de Medio Ambiente. Dpto. de Química y Física Aplicadas.

Universidad de León

**eduardo.garcia@unileon.es, amers@unileon.es, rmanjc00@estudiantes.unileon.es,
laura.lopez@unileon.es, jl.sanchez@unileon.es**

RESUMEN

Las tormentas de granizo son uno de los riesgos meteorológicos más importantes del SW de Europa. Concretamente el Valle Medio del Ebro (VME) es el área que registra la mayor frecuencia de eventos de granizo de España, con unas pérdidas económicas de alrededor de 100 M€ anuales. El Grupo de Física de la Atmósfera (GFA) de la Universidad de León realiza campañas de investigación en el VME desde 2001 de forma continuada, registrando un promedio de 60 días de tormenta cada verano, mediante un radar meteorológico. Recientes estudios del GFA han determinado cuáles son los patrones sinópticos y mesoescalares característicos de los días con tormentas de granizo entre 2001 y 2008. Los patrones sinópticos se corresponden con cinco clusters identificados mediante los campos de altura geopotencial y temperatura a 850 hPa y 500 hPa. El estudio mesoescalar ha permitido identificar los factores responsables del disparo de la convección. Estos resultados muestran que el año 2006 fue excepcional, detectándose 50 días con tormentas de granizo entre mayo y septiembre, frente a un promedio de 32.3. En este trabajo se analizan los patrones sinópticos característicos del verano de 2006, su relación con las tormentas de granizo y sus anomalías respecto de la serie 2001-2010 y la serie climatológica de 1950-2010.

Palabras clave: Granizo, patrones sinópticos, anomalías, riesgos meteorológicos.

ABSTRACT

Hailstorms are one of the principal risks in the SW of Europe. Specifically, the Mid-Ebro Valley (VME), is the area that has the greatest frequency of registered hail events in Spain, with economic losses of approximately 100 M€ annually. The Group for Atmospheric Physics (GFA) at the University of León has done research campaigns in the VME continuously since 2001, registering 60 storm days per year via meteorological radar. Recent studies by the GFA have determined what the synoptic and mesoscale characteristic of hailstorms between 2001-2008 are. The synoptic patterns correspond to five clusters identified via the geopotential height and temperature of 850 hPa and 500 hPa fields. The mesoscale study has allowed us to identify the factors responsible for the onset of convection. Furthermore, these results show that 2006 was an exceptional year, with 50 days of hailstorms between May and September, compared to an average of 32.3. This paper analyzes the synoptic patterns characteristic of summer of 2006, their relationship to hailstorms, and their anomalies with respect to the 2001-2010 period and the climatological period 1950-2010.

Key words: Hail, synoptic patterns, anomalies, meteorological risks.

1. INTRODUCCIÓN

Las precipitaciones de granizo constituyen un riesgo meteorológico de gran importancia. El incremento de los daños producidos en los últimos años por las tormentas de granizo en las propiedades y en la industria genera una enorme preocupación social, así como en las empresas aseguradoras, que deben dedicar grandes recursos a este tipo de eventos. En el Valle Medio del Ebro (VME) se estima que las pérdidas anuales por el granizo oscilan alrededor de 100 M€ (López y Sánchez, 2009). Este elevado coste económico y social ha generado un interés creciente por la mejora de los sistemas de predicción de este tipo de eventos asociados a la convección profunda mesoescalar.

El Grupo de Física de la Atmósfera (GFA) de la Universidad de León investiga desde 1997 las características de las tormentas de granizo en el VME, desde el punto de vista microfísico, utilizando técnicas de nowcasting con radar meteorológico y satélite, mediante sensores de granizo y con modelos numéricos mesoescalares. Las características geomorfológicas del VME, limitado al norte por los Pirineos, al sur por la Cordillera Ibérica y al este por el Mediterráneo, lo convierten en un corredor donde confluyen masas de aire cálido y húmedo del Mediterráneo con vientos del NW y la formación de profundas mesobajas en los meses de verano. El análisis de esta dinámica permite la identificación de factores mesoescalares responsables del inicio de la convección. Sin embargo, la formación de tormentas requiere de la interacción de mecanismos a diferentes escalas (Doswell, 1987). Los sistemas convectivos dependen principalmente de patrones a escala sinóptica que permitan configurar un entorno termodinámico adecuado, en el que puedan desarrollarse las estructuras iniciadas por los factores de disparo a mesoescala. En esta línea de trabajo, el GFA ha establecido una clasificación de patrones sinópticos en días con tormenta de granizo en el VME, utilizando técnicas de análisis multivariante (García-Ortega et al., 2011). El estudio abarcó 260 días de granizo identificados en el período de 2001-2008 desde el mes de mayo hasta septiembre y permitió caracterizar a escala sinóptica los días de granizo utilizando las siguientes variables: altura de geopotencial a 850 hPa y 500 hPa, temperatura a 850 hPa y 500 hPa y humedad relativa a 850 hPa. Se obtuvieron cinco clusters que definieron cinco entornos sinópticos favorables a la formación de tormentas de granizo en el VME. Los resultados constituyen en la actualidad una herramienta útil para la predicción operativa del GFA.

A raíz de este análisis, se ha detectado que la distribución anual de las tormentas de granizo durante la primera década del s. XXI presenta importantes variaciones. Concretamente, en el año 2006 se observa un máximo de frecuencia un 54% superior al promedio de la década. Además, las tormentas de granizo que afectaron a una mayor extensión y con piedras de tamaños superiores, fueron registradas en 2006. El objetivo que nos planteamos al realizar este estudio es identificar y analizar las anomalías que se observaron en los patrones sinópticos característicos de 2006, frente al resto de los años de la década 2001-2010, con objeto de establecer las características específicas de ese año y la dimensión de su anomalía. Adicionalmente se ha calculado la magnitud de las anomalías frente a una serie climática de 61 años (1950-2010) con el objetivo de identificar alguna posible tendencia climática.

2. DATOS Y METODOLOGÍA

Para el seguimiento de la actividad tormentosa, el GFA dispone de un radar meteorológico de la banda C instalado a 10 km al SW de Zaragoza, con un alcance aproximado de 140 km de radio (figura 1). El GFA utiliza un modelo de nowcasting para la detección de granizo, implementado sobre el

software Thunderstorm Identification, Tracking, Analysis and Nowcasting, TITAN (Dixon and Wiener, 1993). Además, dispone de una red de observadores en la región de estudio. La compleja orografía del área hace que la distribución espacial de la población sea muy heterogénea. Sin embargo, a lo largo de las distintas campañas de 2001 a 2010, han colaborado 729 observadores voluntarios distribuidos en todo el área de estudio. La información procedente de los observadores junto con la extraída del modelo de nowcasting, ha permitido conocer el número de tormentas de granizo y su distribución espacial durante el período 2001-2010.

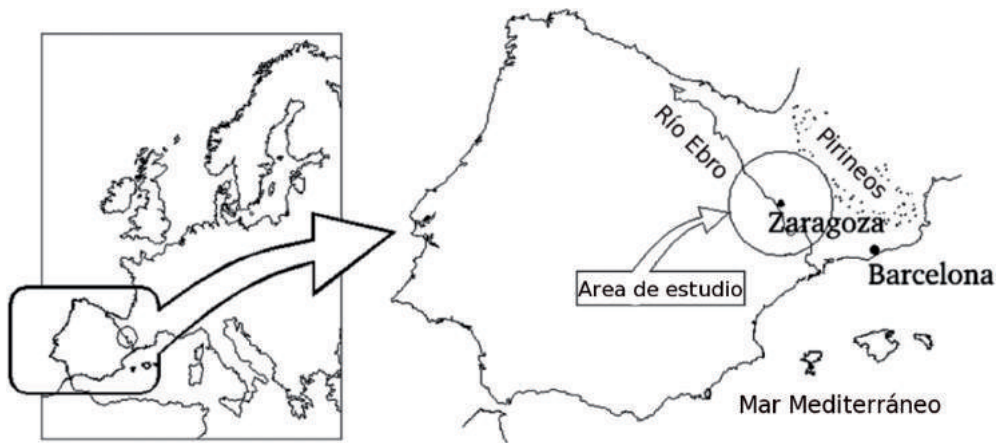


FIG. 1: Área de estudio.

Para caracterizar las condiciones atmosféricas de los días de granizo de 2006 y su comparación con los períodos 2001-2010 y 1950-2010 se han utilizado datos de reanálisis del National Centers for Environmental Prediction (NCEP), con una resolución espacial de $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ en un dominio comprendido entre los 30°N y 50°N de latitud, y entre los 20°O y 10°E de longitud. Las dimensiones de la ventana se han seleccionado atendiendo a dos criterios fundamentales. El primero, que el tamaño sea consistente con el hecho de realizar un análisis a escala sinóptica. El segundo, evitar los efectos no deseados causados por determinadas características de la circulación en regiones remotas. Para caracterizar el estado dinámico y termodinámico de la atmósfera se han seleccionado un total de cuatro campos correspondientes a la altura de geopotencial y temperatura en los niveles de 850 hPa y 500 hPa.

3. RESULTADOS DEL ESTUDIO

La distribución anual de días de granizo correspondientes al período 2001-2010 se muestra en la figura 2. Se observa que existe un máximo en 2006 con 50 días registrados, frente al valor promedio de la serie que es de 32.6 días, 11 días más de tormentas de granizo que el segundo año de la serie que fue 2008. Sin embargo, el período analizado cada año se corresponde con los meses de mayo a septiembre. A lo largo de dicho período existe una importante variabilidad climática que da lugar a notables variaciones de temperatura en las latitudes medias e influye en la intensidad de las vaguadas, dorsales y en la intensidad y extensión de las masas de aire frío y cálido. Por ello se han clasificado los datos por meses, en cada uno de los años de estudio. Los resultados se muestran en la tabla 1.

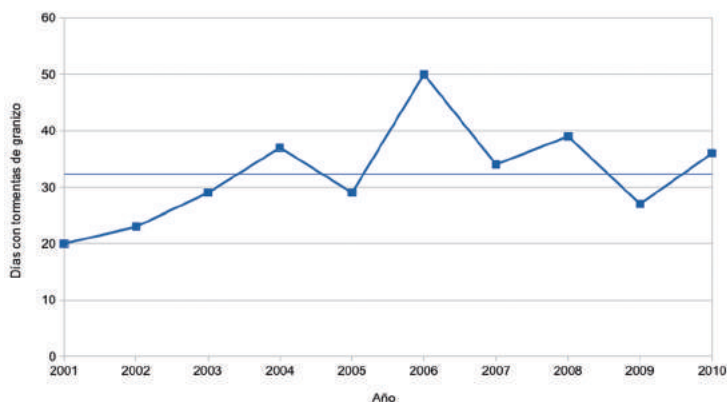


FIG. 2: Evolución temporal del número de días con tormenta de granizo en el VME en el período 2001-2010 con indicación del valor promedio anual.

	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	TOTAL
2001	1	0	9	6	4	20
2002	2	4	7	6	4	23
2003	2	6	10	10	1	29
2004	2	6	11	14	4	37
2005	1	10	5	8	5	29
2006	5	17	16	4	8	50
2007	7	8	6	9	4	34
2008	6	6	11	15	1	39
2009	6	6	5	9	1	27
2010	1	9	10	10	6	36

TABLA 1: Distribución mensual del número de días con tormenta de granizo en el VME durante el período 2001-2010.

Se aprecia que en los meses de junio y julio se registraron el 66% de las tormentas de granizo de 2006, con valores muy superiores a los habituales en esos meses. En ambos casos, en más de la mitad de los días del mes se observaron tormentas de granizo. Por estas razones el estudio se ha centrado en la aparente anomalía existente en las características atmosféricas de junio y julio de 2006. A partir de los reanálisis del NCEP se ha obtenido el patrón medio del dominio de estudio para los campos de altura geopotencial en los meses de junio y julio de 2006 y de los períodos 2001-2010 y 1950-2010. A continuación se han estudiado las anomalías correspondientes a la temperatura de 850 hPa y 500 hPa.

3.1. Estado medio de la atmósfera en junio y julio de 2006

En la figura 3 se muestran los mapas de altura geopotencial de 850 hPa analizados. Durante el período 1950-2010 los patrones de junio y julio son similares, caracterizados por un flujo predominante del oeste con una pequeña ondulación sobre la Península Ibérica. Al oeste y este se sitúan el anticiclón de las Azores y un centro de altas presiones sobre el E de Argelia.

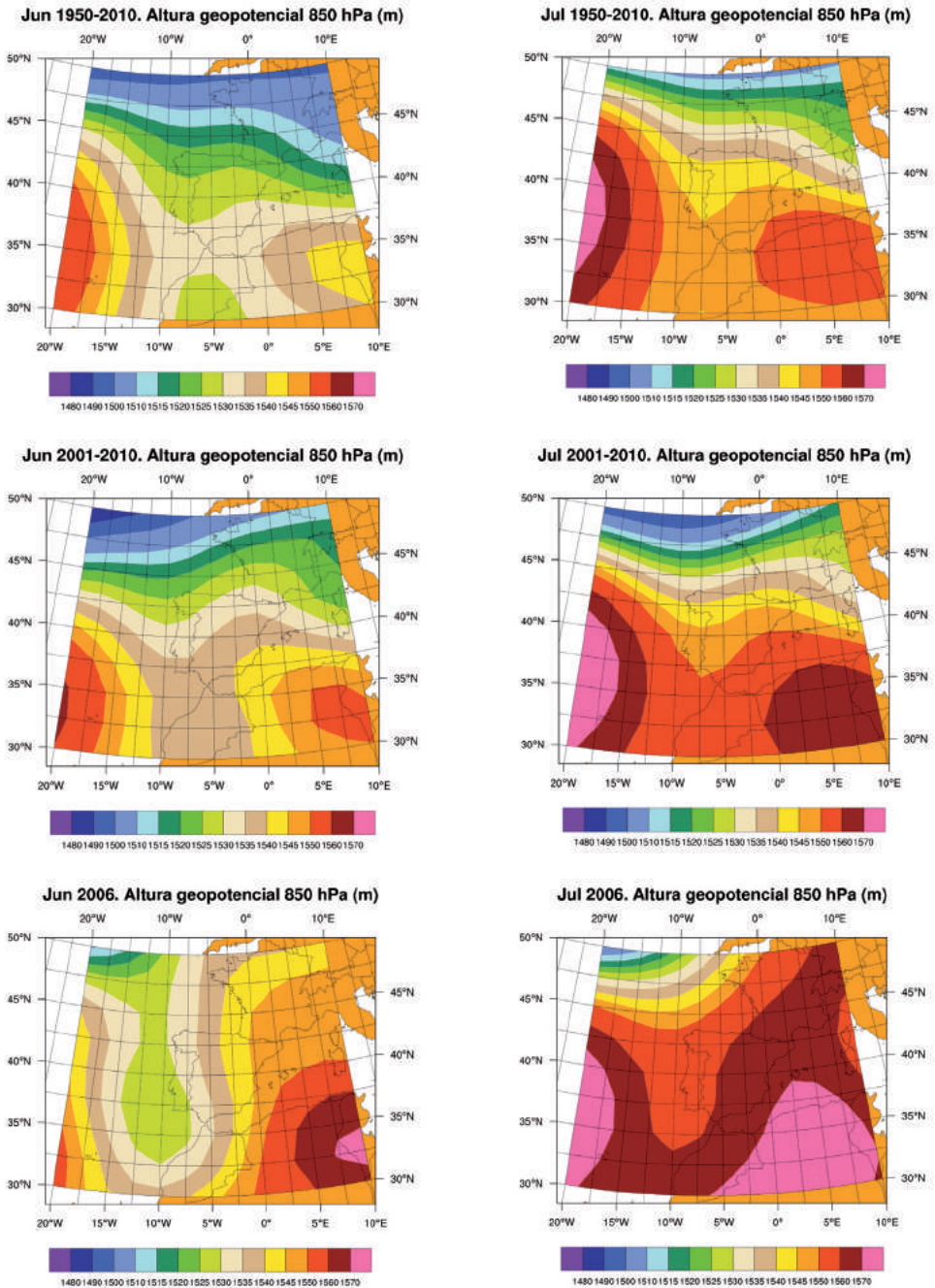


FIG. 3: De arriba a abajo: altura geopotencial promedio de 850 hPa en el periodo 1950-2010, 2001-2010 y en el año 2006 en los meses de junio (izquierda) y julio (derecha).

Sin embargo en el período 2001-2010 la ondulación se profundiza en forma de vaguada incipiente sobre el W de la Península y en 2006 la vaguada, cuyo eje está al oeste de Portugal, se observa bien formada e incluso da origen en junio a una baja embebida al SO de la Península. Estas características

constituyen un entorno sinóptico mucho más favorable para el desarrollo de la convección en la Península, ya que se modifica por completo el patrón de vientos general, especialmente en el E de España, dando lugar a un flujo predominante de componente sur que favorece el aporte de aire cálido y húmedo del Mediterráneo.

En la figura 4 se observa el patrón promedio de 500 hPa en 1950-2010, caracterizado por un flujo zonal del oeste y una leve ondulación en el cuadrante SO del dominio de estudio forzada por las altas presiones del norte de África. La configuración del período 2001-2010 es similar, si bien los valores de geopotencial sobre la península son ligeramente superiores. Sin embargo, en 2006 se identifica una ondulación más intensa que origina una vaguada que penetra por el oeste de la Península, extensión de lo observado a 850 hPa.

En ambos meses de 2006 existe una diferencia significativa en los patrones de geopotencial a 850 hPa y 500 hPa, respecto de los valores medios en los mismos meses de los dos períodos de estudio considerados. Precisamente, las características observadas en 2006 originan configuraciones sinópticas favorables a la formación de tormentas de granizo en el VME según la clasificación cluster realizada por García-Ortega et al. (2011). Estas configuraciones sinópticas están asociadas a la entrada de frentes fríos que originan inestabilidad atmosférica, dando lugar a la formación de tormentas, que en ocasiones son de tipo prefrontal. La presencia de una vaguada con o sin baja embebida a 850 hPa, más o menos profunda, es una característica común a todos los clusters definidos. Esta estructura sinóptica aparece más o menos desplazada pero siempre está situada en el tercer cuadrante del dominio de estudio.

Asociado a la topografía del geopotencial se encuentra el campo de temperaturas. La presencia de vaguadas o bajas está relacionada con la entrada de masas de aire frío que, cuando se extienden en altura, provocan situaciones de inestabilidad. El VME es una región en la que las elevadas temperaturas de los meses de verano favorecen la formación de mesobajas térmicas (Tudurí et al., 2003; García-Ortega et al., 2007) que junto con un patrón de vientos adecuado en niveles bajos puede dar lugar, por una parte a la formación de áreas con una acusada inestabilidad convectiva y, por otra parte, a la aparición de zonas de convergencias. Ambos factores constituyen los ingredientes fundamentales en el disparo de la convección asociada a eventos de granizo (García-Ortega et al., 2012).

En la figura 5 se muestran las diferencias de temperatura a 850 hPa respecto de las dos series de estudio. A la vista de los resultados es evidente que existe un incremento de temperatura en los meses de 2006 que afecta al NE de España, si bien la geometría de las isotermas es diferente. En junio el área con diferencias positivas (con máximos de 2.5-3.0 °C) abarca el N y E de la Península, mientras que en julio las diferencias positivas se centran sobre Francia (con máximos superiores a 4 °C) y se extienden por el NE de España.

Sin embargo, el mismo cálculo a 500 hPa no muestra diferencias de temperatura reseñables sobre el NE de la Península. Si se hubiesen observado diferencias similares a las registradas en 850 hPa, la diferencia de temperatura entre niveles bajos y medios no aportaría información relevante. Sin embargo estos resultados nos llevan al estudio de la diferencia de temperatura entre 850 hPa y 500 hPa, que puede aportar información de interés referida a la inestabilidad atmosférica.

3.2. Anomalías de junio y julio de 2006

Las anomalías han sido calculadas, para la diferencia de temperaturas a 850 hPa y 500 hPa, a partir de la estandarización de los datos matriciales. Para cada punto del dominio se ha calculado su

valor promedio \bar{x} y la desviación estándar σ . Aquellos valores que quedan fuera del intervalo definido por $\bar{x} \pm \sigma$ se han considerado anómalos.

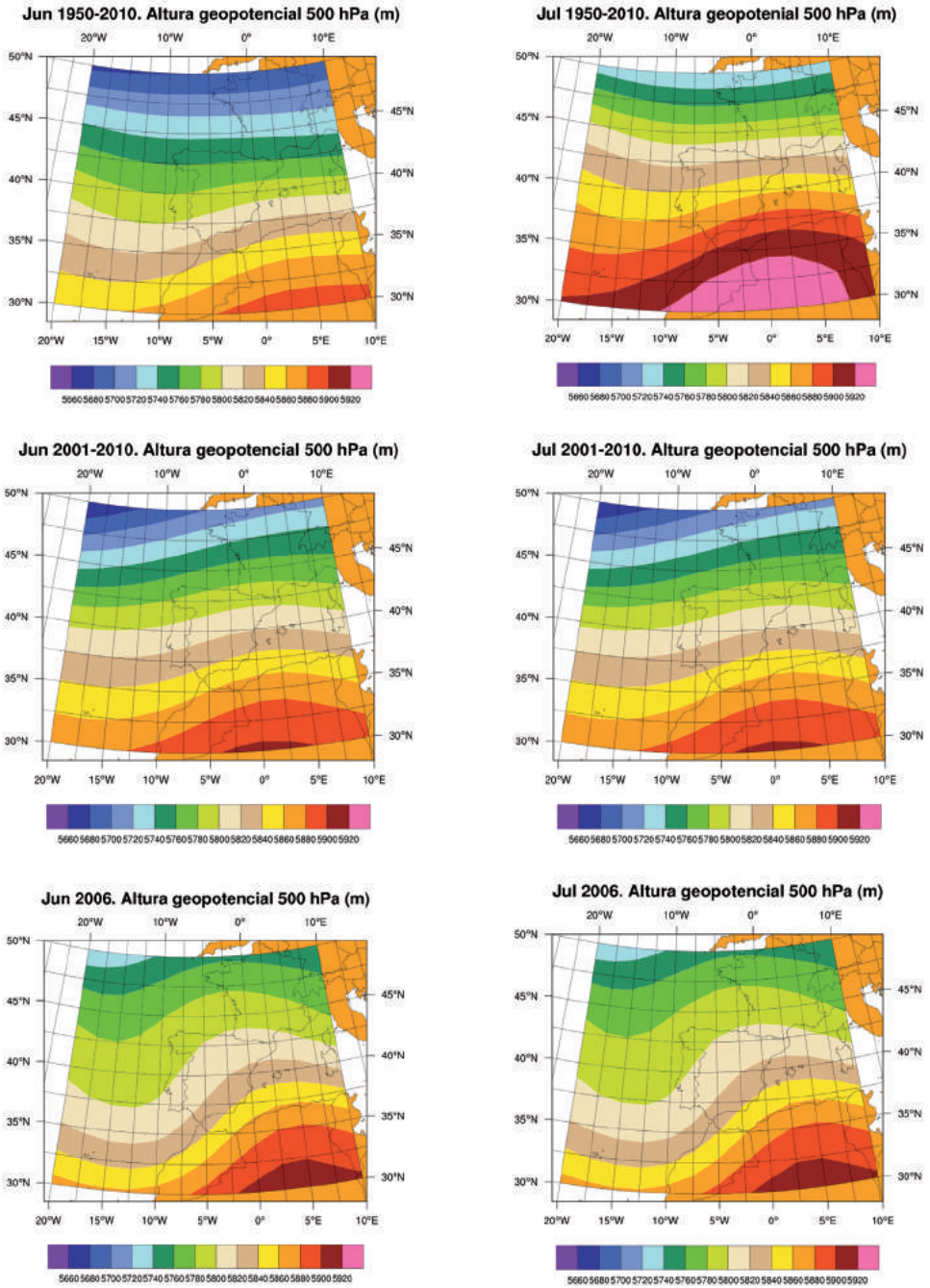


FIG. 4: De arriba a abajo: altura geopotencial promedio de 500 hPa en el periodo 1950-2010, 2001-2010 y en el año 2006 en los meses de junio (izquierda) y julio (derecha).

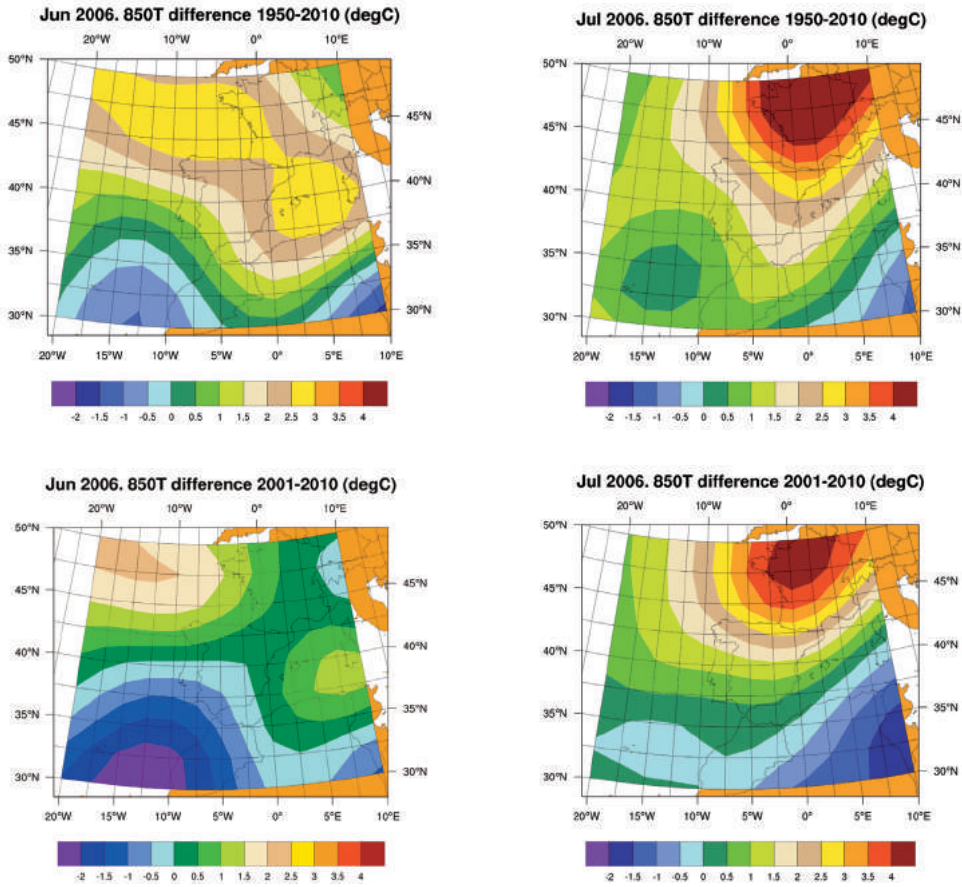


FIG. 5: De arriba a abajo: diferencia de temperatura a 850 hPa en los meses de junio (izquierda) y julio (derecha) de 2006 respecto de los periodos 1950-2010 y 2001-2010.

Los resultados de la figura 6 muestran los resultados obtenidos. Se observan anomalías positivas de la diferencia de temperaturas entre 850 y 500 hPa en los meses de junio y julio de 2006 respecto del período 2001-2010. En junio dicha anomalía es significativa en el Mediterráneo con valores máximos de 2.8-3.2 °C sobre la isla de Cerdeña. Sobre el Atlántico, al NO de Galicia también se observa una anomalía significativa de 0.8-1.6 °C. Respecto del período 1950-2010 la anomalía se hace más evidente, abarcando prácticamente todo el E de la Península (con valores de 1.6-2.4 °C sobre el E de España) y extendiéndose por el E hacia el Mediterráneo y por el NO sobre el Atlántico. En ambos casos las anomalías son debidas fundamentalmente al incremento de la temperatura en 850 hPa en el Mediterráneo y al N de la Península (figura 5).

Durante el mes de julio de 2006 se observan anomalías, respecto de las dos series consideradas, centradas en el SO de Francia (con máximos de 3.2-3.6 °C), afectando a casi toda la Península con valores de 2.0-2.8 °C en el VME, respecto de ambas series. La anomalía del período 1950-2010 se extiende por el SE de la Península, alcanzando el norte de África.

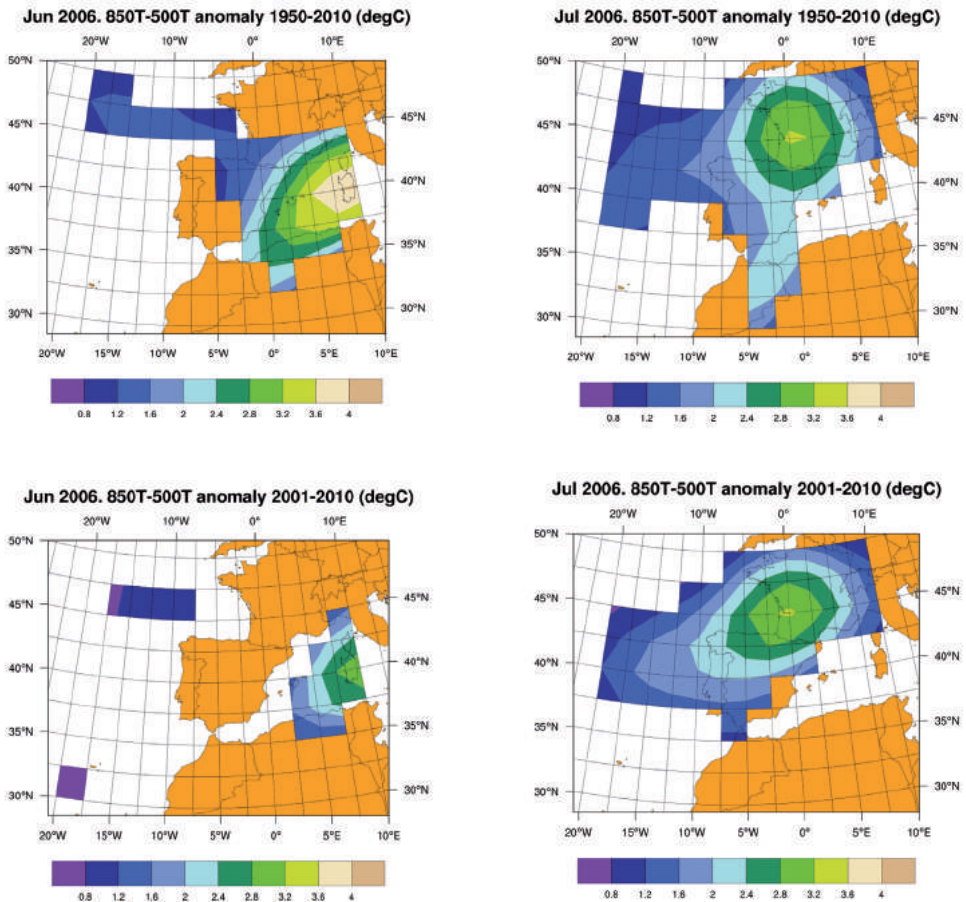


FIG. 6: De arriba a abajo: anomalías de la diferencia de temperaturas entre 850 hPa y 500 hPa respecto de los períodos 1950-2010 y 2001-2010 en los meses de junio (izquierda) y julio (derecha).

4. CONCLUSIONES

En el año 2006 se registraron 50 días de tormenta de granizo en el VME entre los meses de mayo y septiembre, constituyendo un 54% más que el promedio del período 2001-2010. Además, en ese año se identificaron las tormentas de granizo que afectaron a una mayor extensión y con piedras de mayor tamaño. Fue en los meses de junio y julio en los que incremento fue más notable. El GFA de la Universidad de León ha estudiado las características sinópticas del entorno sinóptico promedio de esos meses en los niveles de 850 hPa y 500 hPa, mediante el análisis de las topografías de altura geopotencial y temperatura. El patrón de 850 hPa muestra la presencia de una vaguada al oeste de la Península Ibérica que modifica el patrón medio de viento en niveles bajos. Esta topografía advecta aire cálido y húmedo del Mediterráneo sobre el E de España. En 500 hPa se observa la formación de una vaguada que entra desde el Atlántico y que, estudios previos de los autores, muestran que lleva asociada una masa de aire frío en niveles medios troposféricos.

En el análisis del campo de temperatura destaca un incremento respecto al valor promedio en 850 hPa. Esto sucede principalmente en el Mediterráneo y al S de Francia, y afecta al cuadrante NE de España o VME. Sin embargo no existen apenas diferencias en las isotermas de 500 hPa respecto

de ninguna de las dos series consideradas, 2001-2010 y 1950-2010. Se unen dos hechos fundamentales: la entrada de perturbaciones desde el Atlántico en forma de vaguadas y la existencia de anomalías térmicas positivas en la diferencia de temperaturas entre 850 hPa y 500 hPa, afectando al E de la Península y en particular al VME. Ambas configuraciones dibujan entornos sinópticos favorables al desarrollo de tormentas de granizo según los estudios previos del GFA.

Un hecho también destacable es que, tanto a partir de los valores promedio de altura geopotencial como de los valores del campo de temperaturas, se observan anomalías más intensas respecto de la serie 1950-2010 que respecto de la serie 2001-2010. Estos resultados indican la necesidad de realizar un análisis de tendencias y periodicidades cuyos resultados podrían mejorar de la predicción estacional de eventos de granizo.

Agradecimientos

Este estudio ha sido financiado por los proyectos REN 2000-1210 CLI, REN 2003-09617-C02-01, CGL 2006-13372-C02-01, CGL 2010-15930 del Plan Nacional del I+D+i.

REFERENCIAS

- Dixon, M.; Wiener, G. (1993). *TITAN: thunderstorm, identification, tracking, analysis & nowcasting—a radar based methodology*. J. of Atmospheric and Oceanic Technology. 10 (6), 785–797.
- Doswell, C. A. (1987). *The distinction between large-scale and mesoscale contribution to severe convection: a case study example*. Weather Forecast. 2, 3–16.
- García-Ortega, E.; Fita, L., Romero, R., López, L., Ramis, C. y Sánchez, J.L. (2007). *Numerical simulation and sensitivity study of a severe hailstorm in northeast Spain*. Atmospheric Research 83, 225–241.
- García-Ortega, E.; López, L. y Sánchez, J. L. (2011). *Atmospheric patterns associated with hailstorm days in the Ebro Valley, Spain*. Atmospheric Research, 100, 401–427.
- García-Ortega, E.; Merino, A., López, L. y Sánchez, J. L. (2012). *Role of mesoscale factors at the onset of deep convection on hailstorm days and their relation to the synoptic patterns*. Atmospheric Research. In press. 10.1016/j.atmosres.2012.05.017.
- López, L. y Sánchez, J. L. (2009). *Discriminant methods for radar detection of hail*. Atmospheric Research, 93, 358–368.
- Rodríguez, R.; Llasat, M. C. y Wheeler, D. (1999). *Analysis of the Barcelona precipitation series*. International J. of Climatology, 19, 787–801.
- 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*. Atmospheric Research. 67–68, 541–558.