

INUNDACIONES EN CENTROEUROPA. ¿RECARGA MEDITERRÁNEA?

María José ESTRELA, Millán MILLÁN, Javier MIRÓ, José Luis PALAU
Fundación CEAM (Fundación Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo), Paterna,
Valencia
estrela@ceam.es, millan@ceam.es, javimiro@ceam.es, joseluis@ceam.es

RESUMEN

En este trabajo se presentan los primeros resultados de un estudio que tiene como objetivo evaluar la recarga potencial de origen mediterráneo en los eventos de precipitaciones torrenciales más intensos fuera de los meses invernales en centroeuropa que han provocado graves inundaciones. Se ha trabajado en el área comprendida entre las latitudes 41° y 52° N y las longitudes 3° y 22° E, para el período 1980-2005. En primer lugar, se ha definido una tipología de situaciones sinópticas que provocan estas inundaciones a fin de determinar y delimitar si pueden existir diferentes patrones de recarga. En segundo lugar, y partiendo de la tipología establecida, se han calculado las trayectorias para los días previos al evento de precipitaciones que provocó la inundación. Para ello se ha utilizado el modelo HYSPLIT (NOAA Hysplit Model). Los primeros resultados indican que para un número bastante elevado de episodios sí se reconoce una participación en la recarga de origen mediterráneo.

Palabras clave: Precipitaciones torrenciales, recarga, mediterráneo, centroeuropa, inundaciones, trayectorias.

ABSTRACT

This paper presents the first results of a study whose aim is to assess the potential recharge of Mediterranean origin in the heaviest events of torrential rainfall in central Europe, which have caused severe flooding. The area of work is between latitudes 41° and 52° N and longitudes 3° and 22° E, for the period 1980-2005. First, it has identified a typology of synoptic situations that cause these floods in order to identify if there are different patterns of recharge. Secondly, trajectories were calculated for the days prior to the event of precipitations. We have used the HYSPLIT model. Early results indicate that for all types defined, except for one, it recognizes a participation in the recharge of Mediterranean origin.

Palabras clave: Torrencial precipitations, recharge, Mediterranean origin, central Europe, floods, trajectories.

1. INTRODUCCIÓN

Son muchos los trabajos (MILLÁN, et al 1995; ESTRELA, et al, 2002; PASTOR et al, 2001; QUEREDA, et al, 2002; BUFFONI, et al, 1999; BRUNETI, et al, 2001) que tienen por objeto el estudio de las relaciones existentes entre las precipitaciones intensas que tienen lugar en diversas áreas dentro de la orla occidental del Mediterráneo y el propio Mar Mediterráneo,

entendido como fuente de alimentación de estas intensas ciclogénesis. Sin embargo, la mayoría de estudios realizados hasta el momento sobre las inundaciones centroeuropeas, no han considerado la participación mediterránea como fuente de recarga y responsable en parte, de los episodios pluviométricos excepcionales, incidiendo, por el contrario, en la existencia de un flujo de origen Atlántico como génesis de las lluvias (JACOBET, 2003;). De hecho, la mayoría de los trabajos se centran en analizar la frecuencia y tendencia de estos desastres (GLASER, 2003 y 2004; MUDELSEE, 2003), más que en su propia génesis.

Es cierto que para situaciones básicamente invernales, con fuertes vientos del Oeste, Circulación General del Oeste muy zonal, y lluvias muy abundantes más por su persistencia que no por su intensidad, la génesis sí puede considerarse como puramente atlántica. Sin embargo, existen otros muchos episodios de lluvias intensas, más típicas del verano, generalmente asociadas al paso de “vb tracks” (VAN BEBBER, 1891) de Oeste a Este, pero como depresiones frías aisladas, en los que sí se reconoce una potencial génesis o participación mediterránea. De hecho, a raíz del episodio de lluvias intensas de Agosto-Septiembre del 2002, especialmente catastrófico y que provocó en centroeuropa fuertes inundaciones, comenzaron a salir algunos estudios que señalaban una participación mediterránea en este evento (JAMES, 2003; ULBRICH, 2003). Sin embargo, en la bibliografía aún se sigue considerando que se trata de un evento concreto y que la participación mediterránea en estos episodios torrenciales que afectan a centroeuropa, de producirse, es ocasional.

El objetivo del trabajo que aquí se presenta es analizar si se pueden establecer relaciones entre una potencial recarga de origen mediterráneo y los eventos de precipitaciones torrenciales más intensos que se han producido en centroeuropa en el período 1980-2005, y que han provocado inundaciones catastróficas. Se ha trabajado en el área comprendida entre las latitudes 41° y 52° N y las longitudes 3° y 22° E (Figura 1). En el estudio se ha trabajado en dos fases. En primer lugar, se ha definido una tipología de situaciones sinópticas que provocan estas inundaciones; y en segundo lugar, y partiendo de la tipología establecida, se han calculado las trayectorias para los días previos al evento de precipitaciones que provocó la inundación para determinar y delimitar si existen diferentes patrones de recarga, y cuál es el papel del mar Mediterráneo.

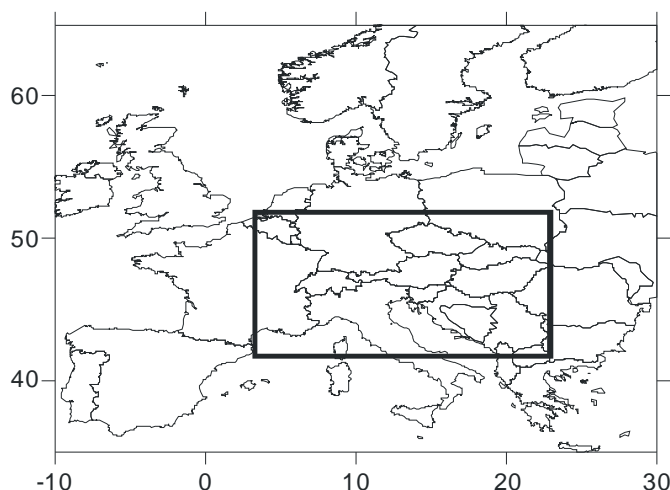


Fig. 1. Localización del área de estudio

2- METODOLOGÍA

El estudio se ha realizado para los episodios de lluvias torrenciales que ocasionaron los eventos de inundaciones más catastróficos en centroeuropa en el periodo 1980-2005, sólo para el semestre estival (en algún caso 7 meses), no considerando el invernial por tratarse generalmente de advecciones atlánticas intensas, que no tienen que ver con patrones de recarga propios del Mediterráneo. La tabla 1 resume y caracteriza los episodios del semestre estival que se han analizado por considerarlos los más significativos en el período de estudio. La fuente utilizada ha sido el "EM-DAT: The OFDA/CRED International Disaster Database, www.em-dat.net - Université Catholique de Louvain - Brussels - Belgium"

Fecha	Tipo de situación	Localización	Efectos
21 09 1980	4	Francia (Macizo Central)	Avenidas e inundaciones.
13/10/1980	1	Austria (Styria, regiones del Sur)	Avenidas
18/05/1982	4	Austria (Regiones más al Oeste)	Avenidas
16/05/1983	4	Suiza (Tessin, Locarno Sopraceneri)	Avenidas
07/08/1985	1	Austria (Tyrol, sector Salzburgo)	Inundaciones (15150km2 de superficie afectada)
20/05/1987	2	Polonia, antigua Checoslovaquia	Inundaciones prolongadas durante varios días
14/07/1987	4	Francia (Grand Bornand)	Inundaciones.
05/08/1991	3	Bavaria, Austria (Salzburgo, Linz, Krems)	Avenidas e inundaciones al día siguiente.
13/04/1994	1	Alemania (Sajonia, Turingia, Baden ...)	Avenidas e inundaciones (1497km2 de sup. afectada)
28/06/1997	2	Polonia (Katowice, Opole, Walbrzych)	Inundaciones (4500km2 superficie afectada.
22/05/1999	1	Bavaria	Avenidas e inundaciones (121, 4km2 sup. Afectada)
22/06/1999	1	Rumanía (precipitación más al oeste cuenca Danubio)	Inundación pocos días después
12/07/1999	5	Hungría, Serbia y Montenegro, Rumanía	Inundaciones (2370km2 afectados). Varios días de duración.
12/08/2002	1	Praga , Rep.Checa. Toda centroeuropa a lo largo del mes	Inundaciones (8000km2 afectados). Varios días de duración
09/09/2002	4	Este de Suiza, Sureste de Francia	Avenidas e inundaciones (10480km2 de sup. afectada)
05/06/2004	5	Macedonia, Bulgaria, Rumania	Avenidas e inundaciones (14370km2 de sup. afectada)
23/08/2005	1	Austria, Danubio, Rep. Checa Bavaria	Avenidas e inundaciones

Tabla 1. EPISODIOS DE ESTUDIO.

El análisis sinóptico se ha llevado a cabo sobre los 17 eventos de precipitación intensa seleccionados a partir del estudio de los mapas de superficie, 850 hPa y 500 hPa. En los casos en que se han producido varios eventos consecutivos dentro de un mismo episodio (como por ejemplo en Agosto y Septiembre de 2002), se ha trabajado en la situación sinóptica directamente relacionada con los mayores picos de precipitación. Este análisis se ha complementado con el de trayectorias de las masas de aire en la troposfera baja y media, a fin de conocer el origen de la masa de aire los días previos a las precipitaciones, así como sus altitudes de origen y destino. Para ello se ha trabajado con el modelo HYSPLIT de la NOAA (DRAXLER 1997 y 2006), con datos de reanálisis disponibles mediante consulta vía web en <http://www.arl.noaa.gov/ready/open/hysplit4.html>. Se han preparado retrotrayectorias de 3 días, iniciadas el día de máxima precipitación en el punto de origen del episodio y para los niveles de 500, 1500 y 5000 metros.

3.- RESULTADOS

3.1. Análisis sinóptico

Del análisis sinóptico de los eventos de precipitación intensa que provocaron inundaciones en centroeuropa se han definido 5 tipos de situaciones. Estas se han caracterizado según el patrón sinóptico, interacción de masas de aire, y las áreas que afectan.

TIPO 1, Centroeuropeas alpinas: son situaciones en las que aparece previamente una depresión fría o vaguada al Oeste de Europa, que primero causa el transporte de la masa de aire mediterránea hacia centroeuropa a través del ramal del jet delantero (Figura 2, mapas 1a y 1b). Un sector de altas presiones domina en Europa oriental y hacia el Sur, evitando que la humedad mediterránea se condense previamente antes de llegar a centroeuropa. Dentro de este tipo se reconocen dos subtipos. El primero, representado por el evento del 7 de Agosto de 1985 (Figura 2, mapa 1a), se caracteriza porque previamente al episodio una potente vaguada ciclónica succiona por su parte delantera aire desde la cuenca mediterránea, que trasciende los Alpes hasta su cara Norte. La irrupción posterior en el mismo día del episodio, de un frente frío de procedencia Noroeste, fuerza la condensación en la cara Norte de los Alpes. El segundo subtipo, representado por el evento del 12 de octubre de 1980 (Figura 2, mapa 1b) se diferencia del primero en que la masa fría de origen septentrional que fuerza la condensación de la humedad mediterránea en los Alpes, tiene una marcada componente nororiental o continental.

TIPO 2, Centroeuropeas orientales: se asemeja al tipo 1, en cuanto que se produce el paso de una vaguada o depresión fría de Oeste a Este, desde Francia hacia Europa oriental (figura 2, mapa 2). Se forma así previamente un jet en las capas medias y altas de la troposfera desde el Mediterráneo hacia centroeuropa, en este caso a través del Adriático y no a través de los Alpes. Se refuerza el anticiclón sobre el Atlántico mientras que el continental, al este de Europa, es más débil, lo que provoca que la posible alimentación mediterránea se desplace hacia el Este. Para el episodio del 20 de Mayo de 1987, la vaguada o baja aislada en las capas medias y altas introduce un flujo desde el Mediterráneo. Sin embargo en superficie los mecanismos son menos claros, con una vaga distribución de presiones y escasos gradientes (falta el disparo de los Alpes, como mecanismo más puramente convectivos)

TIPO 3, Alpinas sin participación mediterránea: en el período de estudio únicamente se reconoce un caso estival en que no se observa participación mediterránea (Figura 2, mapa 3). Se produce el paso de vaguadas o depresiones frías aisladas que, por su posición centrada más

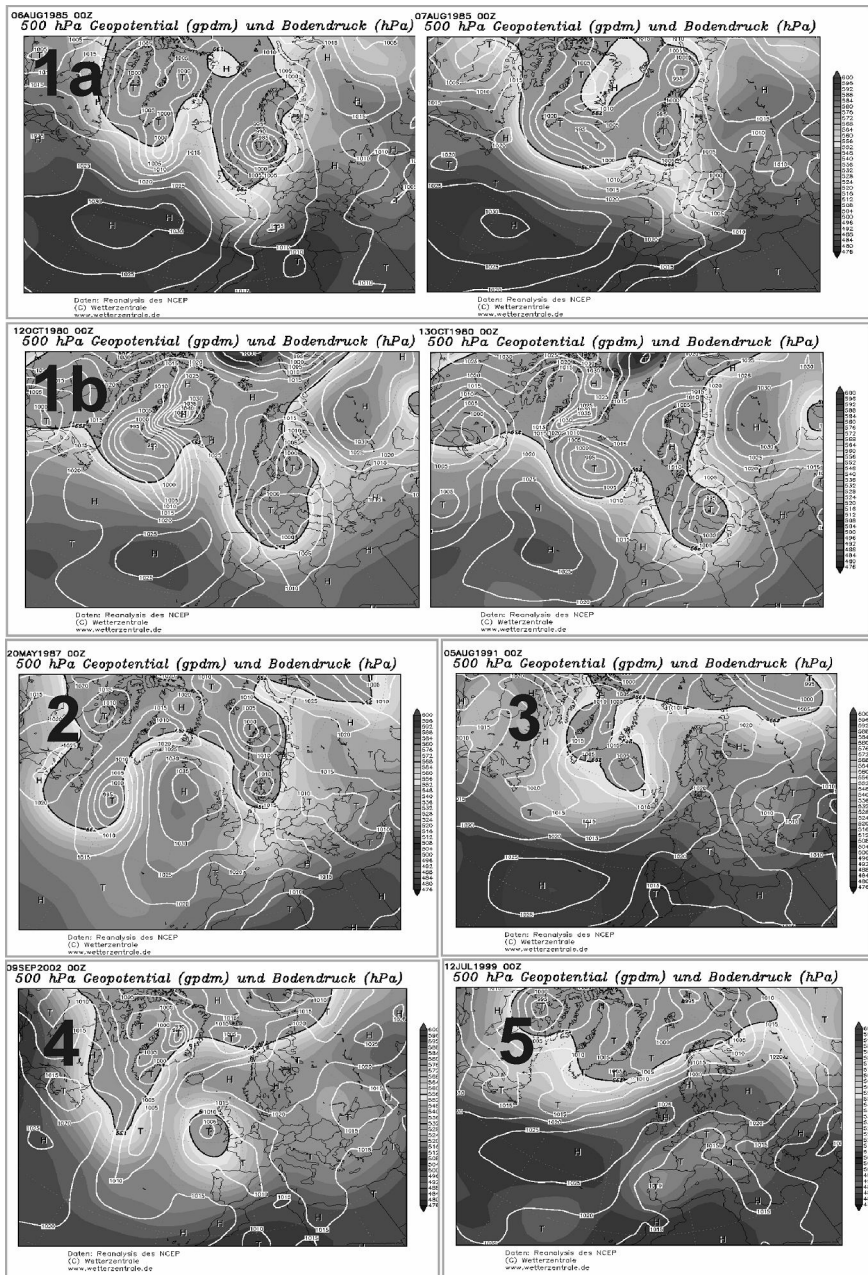


Figura 2. Ejemplos de los distintos tipos sinópticos hallados

al Este o al Norte de centroeuropa, no implican una posible llegada de aire desde el origen mediterráneo en ningún nivel troposférico. Predominan en todos los niveles vientos del Oeste o Norte, generalmente Noroeste. Las altas presiones forman un cinturón zonal que se extiende al Sur de los 45° ó 40°N. En otros periodos al de estudio, eventos pertenecientes a este tipo muestran una alimentación exclusivamente atlántica o Báltica. Es extraño que estas situaciones acaben en lluvias intensas, aunque podemos encontrar excepciones como el evento del 5 de Agosto de 1991. No obstante, en cualquier caso, los eventos de este tipo siempre son de menor importancia (en volumen) a los correspondientes a los de los otros, donde si se reconoce participación mediterránea.

TIPO 4, Centroeuropeas occidentales: toma protagonismo una alimentación mediterránea que entra por la parte occidental de los Alpes (Figura 2, mapa 4). Se posiciona una baja presión significativa sobre las Islas Británicas, mientras que permanece una pequeña cresta anticiclónica sobre Italia. Entre ambos se establece un flujo del Suroeste en los niveles altos, y del Sur en los niveles bajos, que hacen entrar la humedad mediterránea por el Golfo de León y Génova, enviándola después hacia el interior de los Alpes. Suelen afectar a los Alpes occidentales y Sur de Francia.

TIPO 5, Convergencia balcánica: las altas presiones se extienden desde el Atlántico hacia el interior de Europa por latitudes de 50°-60°N, mientras que una baja, a veces sólo en altitud, se sitúa sobre Italia o centroeuropa, introduciendo aire mediterráneo por el Adriático que salta los Alpes Dináricos en sentido Suroeste-Nordeste (Figura 2, mapa5). Por el otro lado converge un flujo más superficial procedente del Sur o del Este. Se semeja al tipo 1 pero en este caso, la interacción de masas es en sentido Oeste-Este, en lugar de Sur-Norte, y puede aparecer una participación, además de mediterránea por el Oeste y Sur, del mar Negro por el Este. Así, los Balcanes son punto de confluencia de advecciones a distintos niveles troposféricos.

3.2. Trayectorias

El estudio de trayectorias se ha realizado sobre todos los episodios (ver Tabla 1). Todos los tipos, a excepción del tipo 3, presentan una clara vinculación mediterránea.

TIPO 1, Centroeuropeas alpinas: son las situaciones generalmente más intensas y afectan al sector Norte alpino (Figura 3, tipo 1a y 1b). Se caracterizan por una masa de aire de procedencia mediterránea en las capas medias y altas de la troposfera, notándose en todos los casos como la masa presente a 5000mts metros tiene su origen entre dos y tres días antes (generalmente 72horas) sobre el Mediterráneo y a una altitud sensiblemente inferior, muy a menudo a apenas 1000 m. sobre áreas de la cuenca mediterránea, que además a menudo coinciden con zonas donde suelen registrarse temperaturas del agua del mar altas (fuerte recarga higrométrica). En las capas bajas, sin embargo, las trayectorias a 500 y 1500 m. son bien distintas, y en las situaciones más clásicas, con inundaciones en las cuencas al Norte de los Alpes u otros montes centroeuropeos situados al Norte de los Alpes, coincidiendo con el episodio pluviométrico se produce un giro de estos vientos a procedencias septentrionales. Probablemente, los días previos al evento, la masa de aire mediterránea consigue rebasar los Alpes (trayectoria 5000 m.) hasta cuencas septentrionales, donde la llegada de algún frente frío desde el Norte (del Báltico o de una zona continental más septentrional), y coincidiendo a veces con el paso de una perturbación (vb-tracks) aislada de la circulación general (VAN BEBBER, 1891), fuerza el aire mediterráneo contra la cara Norte Alpina. En los dos subtipos que presenta se reconoce una alimentación mediterránea en capas medias y altas.

a) Cambio de flujo de superficie a Noroeste como desencadenante del episodio

Es el más común de los dos subtipos. Tras la alimentación mediterránea, el vuelco a una entrada fría septentrional se hace a través del pasillo del Mar del Norte – Países Bajos – Rhin. Un buen ejemplo de este tipo es el episodio del 7 de Agosto de 1985.

b) Flujo de superficie volcado a componentes orientales

En los eventos de este tipo se produce al principio un giro depresionario a todos los niveles, más que por una irrupción septentrional más fresca, que empotra la masa de aire cálida y húmeda en la cara Norte de los Alpes. De todos modos se sigue observando la tendencia en el último momento a girar los vientos a componente septentrional, aunque el origen de la masa de aire más superficial es distinto. Se insinúa además un segundo nivel de recarga en las capas medio-bajas (1500 m) más oriental que el de 5000 m, bien sea hacia el mar Negro o el Adriático. El evento del 13 octubre de 1980 resume las características de este tipo.

TIPO 2, Centroeuropeas orientales: al Este del sector Alpino ya no parece funcionar el mecanismo de encajamiento o confinamiento en la cara Norte Alpina, sin embargo, si persiste la alimentación mediterránea en capas medias y altas, de forma bastante similar a la vista en el tipo 1, que parte desde zonas con alta temperatura del agua del mar del Mediterráneo (generalmente en capas más bajas que la de llegada al punto del evento a 5000 m). No obstante, en este caso el comportamiento en las capas bajas de la troposfera es más errático, y a veces alcanza también a insinuarse cierta alimentación desde el Mediterráneo, pero más débil que el existente en capas más elevadas, y que tiene que haber rebasado primero los Alpes Dináricos. Se trataría así de fenómenos convectivos que encuentran a partir de cierta altitud una masa de aire húmeda y templada de origen mediterráneo. Un ejemplo de este tipo es el evento del 20 de Mayo de 1987 (Figura 3, tipo 2).

TIPO 3, Alpinas sin participación mediterránea: tal como hemos señalado en el apartado sinóptico, para el periodo de estudio sólo se reconoce un caso aislado en verano, el correspondiente al evento del 5 de Agosto de 1991, sin participación mediterránea y con recarga puramente en el Atlántico (Figura 3, tipo 3). En este caso el mecanismo de forzamiento de superficie al Norte de los Alpes es únicamente el responsable de las precipitaciones, procediendo la humedad en todos los niveles del mar del Norte o el sector del Canal de la Mancha.

TIPO 4, Centroeuropeas occidentales: en el período de estudio son las más frecuentes junto a las del tipo 1. En estas situaciones hay una clara influencia mediterránea, pero la alimentación mediterránea se produce esta vez en mayor medida en las capas bajas y medias-bajas de la troposfera, perdiendo protagonismo el nivel de 5000 m. y superiores (donde el flujo pasa sobre la península Ibérica, conformado por una situación de una vaguada al Oeste). A menudo se produce un flujo en torno a 1000-1500 m. desde el sector de recarga en el Mediterráneo hasta el punto de descarga. Pero, en general, en todos los niveles el flujo tiende a componente meridional, sobre todo en lo que respecta a los episodios focalizados al Sureste de Francia. En este caso podemos señalar que se trata de situaciones muy próximas a los episodios torrenciales propios de las regiones mediterráneas (Figura 3, tipo 4).

No obstante, existen algunos eventos en los que se produce un giro de vientos en la capa superficial que causa el forzamiento contra la cara Norte de los Pirineos (evento del 8 Julio de

1977), o procesos de brisas de montaña en los Alpes (evento del 18 de Mayo 1982), notándose, en cualquier caso, que es el flujo de 1500 m. el que lleva la recarga de humedad, originado sobre el Mediterráneo entre dos y tres días antes.

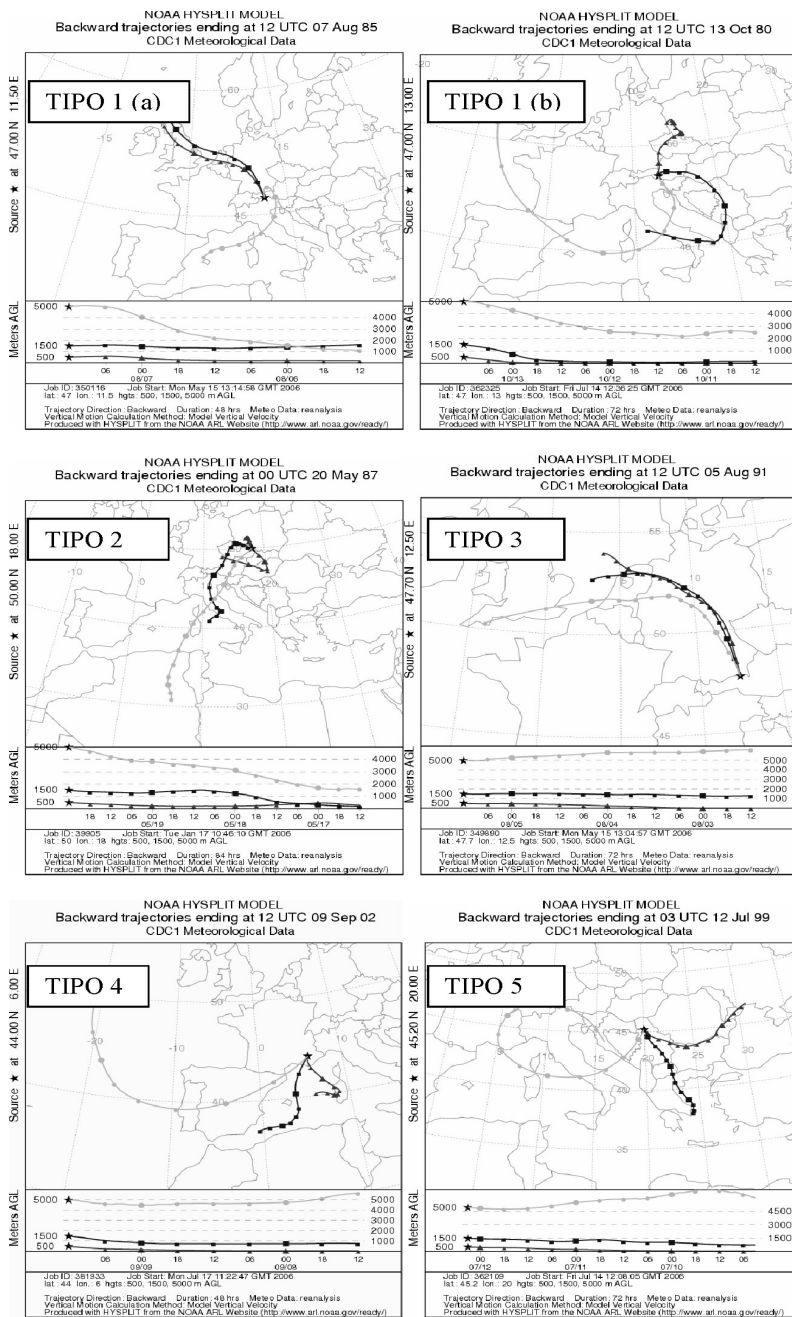
TIPO 5, Convergencia balcánica: la localización de la región balcánica entre varios sectores marítimos mediterráneos cálidos, la hace proclive a fenómenos de convergencia de vientos, que incluso pueden darse en puntos, a priori en sotavento, como la vertiente Este de los Alpes dinámicos (Figura 3, tipo 5). Los episodios de este tipo suelen estar acompañados de varios puntos de recarga de humedad en distintos niveles troposféricos, manifestándose en situaciones convectivas al interior de los Balcanes. Estos difieren completamente de los fuertes episodios pluviométricos invernales a barlovento de los Alpes Dináricos (costa Dálmata). En este sentido, tres días antes del evento ya encontramos la llegada de aire Mediterráneo desde el Oeste, que tiene que superar los Alpes Dináricos, existente sólo en niveles medio-altos. Pero por el contrario en las capas bajas y medio-bajas, llega una masa de dirección contraria, de recarga en el Egeo (Sur) o bien en el Mar Negro (Este), convirtiéndose así el interior continental Balcánico en un sector de convergencia de vientos con carga higrométrica importante, que puede provocar en verano fenómenos convectivos severos. En ocasiones incluso se reconoce una recarga de hasta tres bandas en las trayectorias observadas: Mediterráneo-Adriático, Egeo y Negro (como ejemplo el evento del 12 de Julio de 1999).

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La cuenca occidental del Mediterráneo tiene una serie de características que la hacen especial. Estamos ante un mar interior profundo totalmente rodeado de montañas, donde las condiciones anticiclónicas semi-permanentes durante casi siete meses al año (de abril a octubre), y la orientación de las laderas al Sur y Este, propician el desarrollo temprano de los vientos locales de ciclo térmico diurno. La evidencia experimental a partir de proyectos europeos (MECAPIP, RECAPMA, SECAP) indican que en estos procesos la brisa combinada puede llegar a más de 100 Km de la costa. Las inyecciones orográfico/convectivas (en fase seca) sobre las montañas costeras alcanzan más de 5.5 Km de altura, y los estratos formados sobre el mar unos 4500 m de profundidad (MILLÁN, et al, 1997). Finalmente, la brisa del día siguiente entra los estratos más superficiales hacia el interior, mientras las nuevas inyecciones en el frente de brisa generan nuevos estratos en altura, que se desplazan hacia el centro de la cuenca para sustituir a los que se han hundido y, a finales de la tarde, se completa el ciclo recirculatorio vertical. La evidencia experimental disponible indica que cada día se recircula verticalmente hasta $\approx 1/3$ de la masa de aire acumulada en estratos sobre el mar los días anteriores (equivalente a un hundimiento de ≈ 1500 m).

Así, desde mediados de abril hasta octubre, la cuenca mediterránea occidental se comporta durante el día como un gran caldero que hierve desde los bordes hacia su centro, lo que permite que los contaminantes y vapor de agua se acumulen sobre el mar. Así, sin necesidad de una evaporación tan intensa como en las zonas tropicales, en unos pocos días estos mecanismos pueden generar una gran masa de aire húmedo, contaminado, y de alta energía latente y tensión de vapor sobre la cuenca. Simplemente, una depresión transitoria, un ramal del jet stream en capas altas, o el paso de un embolsamiento de aire frío en altura (depresión fría en altura), pueden propiciar que esta masa de aire sea levantada (una parte o toda), y el ciclo de acumulación se inicia de nuevo. La masa de aire levantada puede incorporarse a la circulación

en cualquiera de los tipos definidos (como apoyan las trayectorias analizadas), y contribuir a las precipitaciones intensas de verano en puntos de centroeuropa, ocasionando catastróficas inundaciones



Se ha observado que en todos los casos estudiados la vinculación mediterránea en el origen de la masa de aire se produce entre 2 y 4 días antes del momento de la precipitación, siendo en la mayoría de casos de 3 días.

5. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia (CGL2005-03386) y por el Programa CONSOLIDER-INGENIO 2010 (Proyecto GRACCIE, CSD2007-00067). La Fundación CEAM esta financiada por la Generalitat Valenciana.

BIBLIOGRAFIA:

- BRONSTERT, A. (2003), Impact of climate change on river flooding conditions in central Europe, *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 5, 01558.
- BRUNETTI, M., MAUGERI, M. y NANNI, T. (2001). Changes in total precipitation, rainy days and extreme events in northeastern Italy. *Int. J. Climatol.*, 21, 861-871.
- BUFFONI, L., MAUGERI, M. y NANNI, T. (1998): Análisis of italian monthly precipitation series. *Proc. Second Int. Conf. On Climate and Water*, Espoo, Finland, Helsinki University of Technology, WMO, 1090-1098.
- CHRISTENSEN, J. H., and O.B. CHRISTENSEN (2003), Severe summer flooding in Europe. *Nature*, Vol. 421, pp. 805-806
- DRAXLER, R. and G. HESS (1997). Description of the Hysplit_4 Modeling System, NOAA Technical Memorandum ERL ARL-224, Air Resources Laboratory Silver Spring, Maryland, December 1997 (Revised: August 1998, September 2002, October 2003, January 2004), <http://www.arl.noaa.gov/data/web/models/hysplit4/win95/arl-224.pdf>
- DRAXLER, R., B. STUNDER, G. ROLPH, and A. TAYLOR (2006). Hysplit4 User's Guide, NOAA NOAA ARL Hysplit Model documentation, http://www.arl.noaa.gov/data/web/models/hysplit4/win95/user_guide.pdf
- ESTRELA, MJ., PASTOR, F., MILLÁN, M. (2002). Air mass change along trajectories in the western Mediterranean basin in the torrencial rains events in the Valencia Region. *Proceedings of the 4 EGS Plinius Conference on "Mediterranean Storms"*, Mallorca, October 2002.
- GLASER, R. and H. STANGL (2004), Climate and floods in Central Europe since AD 1000: Data, Methods, Results and Consequences, *Surveys in Geophysics*, Volume 25, Issue 5-6, pp. 485-510
- JACOBET, J., R.GLASER, J. LUTERBACHER, and H. WANNER (2003), Links between flood events in central Europe since AD 1500 and large-scale atmospheric circulation modes, *Geophysical Research Letters*, Vol. 30, NO. 4, 1172, doi:10.1029/2002GL016433
- JAMES, P., A. STOHL, C. FORSTER, S. ECKHARDT, and N. SPICHTINGER (2003), Trajectory modelling of water vapour transport during the severe flooding episode in central Europe in August 2002, *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 5, 06311
- KUNDZEWICZ, Z.W., U. ULBRICH, T. BRÜCHER, A. KRÜGER, G.C. LECKEBUSCH, L. MENZEL, I. PRZYMUSINSKA, M. RADZIEJEWSKI, and M. SZWED (2005), Summer floods in Central Europe - climate change track?, *Natural Hazards*, Vol. 36, Numbers 1-2, pp. 165-189(25)

- MILLAN, M., M.J. ESTRELA, and V. CASELLES (1995), Torrential precipitations on the Spanish East coast: the role of the Mediterranean sea surface temperature. *Atmospheric Research*, 1995, 36: 1-16.
- MUDELSEE, M., M. BÖRNGEN, G. TETZLAFF, and U. GRÜNEWALD (2003), No upward trends in the occurrence of extreme floods in central Europe, *Nature* 425, 166-169, doi:10.1038/nature01928
- MUDELSEE, M., M. BÖRNGEN, G. TETZLAFF, and U. GRÜNEWALD (2004), Extreme floods in central Europe over the past 500 years: Role of cyclone pathway “Zugstrasse Vb”, *J. Geophys. Res.*, 109, D23101, doi:10.1029/2004JD005034.
- PASTOR, F., M.J. ESTRELA, D. PEÑARROCHA, and M. MILLÁN (2001), Torrential rains on the Spanish mediterranean coast: modelling the effects of the sea-surface temperature. *Journal of Applied Meteorology*, 2001, 40: 1180-1195.
- QUEREDA, J., E. MONTÓN, y J. ESCRIG (2002), Las interacciones atmósfera-mar en la climatología mediterránea del 2001. *Investigaciones Geográficas*, Num. XXIX. pp. 23-39.
- ULBRICH, U., T. BRÜCHER, A.H. FINK, G.C. LECKEBUSCH, A. KRÜGER, and J.G. PINTO (2003), The central European floods of August 2002: Part 2 – Synoptic causes and considerations with respect to climatic change, *Weather*, Vol. 58, Issue 11, pp.434-442
- VAN BEBBER, W. J. (1891), Die Zugstraßen der baro-metrischen Minima nach den Bahnenkarten Deutschen Seewarte für den Zeitraum von 1875-1890. *Meteorol. Z.*, Vol. 8, pp. 361-366