

# TREINTA AÑOS DE INUNDACIONES EN CATALUÑA: LA IMPORTANCIA DE LO COTIDIANO

M. Carmen LLASAT, Montserrat LLASAT-BOTIJA, Joan GILABERT, Raül MARCOS  
*GAMA, Dpto. de Astronomía y Meteorología. Universidad de Barcelona*  
carmell@am.ub.es, mllasat@am.ub.es, jgilabme@gmail.com, rmarcos@am.ub.es

## RESUMEN

El estudio que aquí se presenta se centra en el análisis sistemático realizado a partir de la prensa, informes y estudios, a fin de censar todas las inundaciones acaecidas en Cataluña entre 1981 y 2010. Se comprueba que en dicho periodo se han registrado 213 episodios de inundación, de los cuales 77 pueden considerarse vinculados a inundaciones ordinarias, 114 extraordinarias y 22 catastróficas. Las víctimas mortales han ascendido a 110, estando repartidas en 42 episodios. De las 110, 61 fueron arrastradas por el agua, al intentar cruzar un cauce o una calle inundada, ya fuese en vehículo o andando. La mayor parte de inundaciones se registraron en las estaciones de verano y otoño, siendo notable el número registrado en verano, precisamente en zonas altamente ocupadas por población permanente y ocasional. El objetivo del trabajo supera el propio conocimiento climático de este tipo de eventos para hacer hincapié en la importancia que las inundaciones frecuentes tienen en Cataluña, su aumento a consecuencia de la creciente vulnerabilidad, y su necesaria consideración en los planes de prevención y gestión de inundaciones.

**Palabras clave:** inundaciones, Cataluña, vulnerabilidad, prensa, bases de datos.

## ABSTRACT

The presented study is focused on the systematic analysis of press, reports and assessments in search for all the flooding events occurred in Catalonia between the years 1981 and 2010. Thanks to the collected information one can prove 213 flood events within this period; 77 of them were ordinary, 114 extraordinary and 22 of them catastrophic. The total number of casualties in this period was 110, dispersed among 42 different episodes. Taking into account this number of casualties, 61 of them were dragged by water, meanwhile they were trying to cross a path or a flooded street, either walking or by car. Most of these flood events were registered during summer and autumn, especially in the end of summer in highly populated areas with permanent and occasional inhabitants. The aim of this work goes beyond the intrinsic climatic nature of these events in order to stress how important and frequent are flood events in Catalonia, its rising due to vulnerability increase, and the need for future prevention plans and floods management.

**Key words:** floods, Catalonia, vulnerability, press databases, flood databases.

## 1. INTRODUCCIÓN

La Unión Europea está sometiendo a un proceso de consulta las directivas existentes relacionadas con el agua, a fin de poder determinar los avances realizados, las limitaciones y los retos pendientes o de nueva formulación. En particular, la Directiva 2007/60/CE del 23 de octubre de 2007 se refiere

a la evaluación y gestión de riesgos de inundación, y contempla, entre otros, el necesario conocimiento de inundaciones previas y de sus impactos. Insiste, sin embargo, y así se está considerando en la mayor parte de países miembros, en centrarse en las grandes inundaciones del pasado, si bien cabe decir que el ámbito de aplicación temporal cambia considerablemente no sólo de un país a otro sino, en el caso de España, de una comunidad autónoma a otra. Así, por ejemplo, Francia considera las mayores inundaciones acaecidas en los últimos doscientos años, pudiendo disponer en algunos ríos, de largas series de aforos. No sucede lo mismo en España, donde la mayor parte de series no llegan a cubrir los 100 años de datos. En tales casos es necesario remitirse a los informes, testimonios, etc.

En el caso de Cataluña, se dispone de información sistemática para el Ter, Segre y Llobregat, en determinados puntos de control, que supera los quinientos años, y en donde se llega a distinguir si la inundación fue catastrófica, extraordinaria u ordinaria atendiendo a su impacto (Rigo et al, 2003; Barriandos et al, 2003; Llasat et al, 2003, 2005; Barnolas y Llasat, 2007a, 2007b). Tales estudios muestran que no existe una tendencia significativa de las inundaciones catastróficas, pero que, por el contrario, se intuye una tendencia positiva de las inundaciones extraordinarias, más marcada cuando se incluyen las inundaciones registradas en el Maresme. Barrera et al (2006), analizando la serie de Barcelona para los últimos quinientos años, dejan en evidencia el papel que la propia estructura de la ciudad y las medidas de mitigación desempeñan en la generación e impacto de las inundaciones, con una tendencia decreciente de eventos catastróficos desde mediados del siglo XX hasta nuestros días. En la misma línea y atendiendo al impacto, Llasat et al (2009b, 2010) concluyen que existe una tendencia creciente de las inundaciones extraordinarias, probablemente más vinculada con un aumento de la vulnerabilidad (Llasat et al, 2008, 2009a) y los cambios en el uso del suelo, que de la peligrosidad. Sin entrar en tanto detalle, esa tendencia creciente ya se observa en las comarcas de la costa a lo largo de la segunda mitad del siglo XX (Barnolas y Llasat, 2007a).

Este análisis de tendencias es particularmente importante cuando se quiere relacionar con el cambio climático, siendo necesario separar factores sinérgicos y/o no climáticos, a fin de poder detectar las diferentes contribuciones (Llasat y Corominas, 2010). También lo es cuando se pretenden estimar los diferentes impactos y, particularmente, los daños económicos producidos por inundaciones. Recientes estudios (Barredo, 2009, Barredo et al, 2012) han mostrado un aumento de estos últimos, que incluiría además condicionantes tales como el aumento del PIB o del total de primas de seguros.

Sin embargo, los estudios referidos anteriormente plantean dos importantes consideraciones. La primera de ellas hace referencia al problema de la homogeneidad de las series de información, tanto en cuanto a períodos con lagunas (guerras, incendios, etc.) como a cambios en la cobertura informativa de los eventos (cambios de política de recogida de los datos, criterios de prensa, etc.). La segunda se refiere a la importancia que las inundaciones menores (ordinarias y extraordinarias, y, usualmente súbitas y locales) tienen en la cuenca del Noroeste del Mediterráneo. Los estudios económicos hasta ahora publicados sólo tienen en cuenta las bases de datos de *Munich Reinsurance* o de EMDAT, que además de referirse sólo a inundaciones catastróficas, suelen ser incompletas para algunas regiones. Se pierde así información relativa a eventos que no por ser frecuentes producen menos daños, y que por tanto, exigen un mayor conocimiento que pueda ser útil para mejorar las estrategias de mitigación y adaptación.

Es por ello que este trabajo se ha centrado en la recogida sistemática de información acerca de inundaciones acaecidas en Cataluña en los últimos 30 años (1981-2010), lo que constituye un período climático y, por tanto, apto para poder ser analizado o considerado como referente. Con tal fin, se parte de la presentación de la base de datos de partida y de la metodología seguida para la recopilación de información, para pasar después a realizar un estudio climático y análisis de tendencias, concluyéndose con los resultados más relevantes.

## **2. LAS BASES DE DATOS INUNGAMA Y PRESSGAMA**

La base de datos de inundaciones INUNGAMA contiene información de los episodios de inundación (independientemente de su mayor o menor impacto) que afectaron a Cataluña durante el período 1901-2000 (Barnolas y Llasat, 2007a). Para obtenerla se construyó un Sistema de Información Geográfica (ArcGIS) que incluía información referente a la fecha en que se produjo la inundación, la cuenca y municipios afectados, daños, datos pluviométricos y de caudal, etc. La base de datos ACCESS asociada se había construido a partir de noticias de prensa, informes técnicos, artículos científicos, otras bases de carácter local, etc., y consideraba todo tipo de inundaciones y desbordamientos de los que hubiese constancia.

Dicha base de datos se ha completado hasta 2010, y para ello se ha utilizado como fuente de información para identificar los episodios, la prensa. Concretamente se ha recurrido al diario *La Vanguardia*. En los estudios de Llasat (2009a, 2009b), Petrucci y Pasqua (2008) y FitzGerald et al (2010) ya se ha comentado las limitaciones que ello puede tener, pero cabe decir que la prensa es la fuente más utilizada en primera instancia, ya que cuando se pretende ahondar en cada episodio es necesario recurrir a información contrastada y ampliar en base a otras fuentes. La ventaja que representa, es que si se procede sistemáticamente, tras una investigación visual de cada número publicado diariamente (no utilizando buscadores automáticos que pueden incluir palabras clave con otro sentido, etc), es posible obtener una serie de información homogénea. El proceso es lento y costoso, pero puede aportar nuevas luces al conocimiento de cualquier evolución espacio temporal.

La base de prensa creada a tal efecto contiene todas las noticias vinculadas con riesgos naturales, cambio climático y desarrollo sostenible, con un montante de noticias que sobrepasa las 14000 para el período 1982-2007 (Llasat et al, 2009b), y que constituye la base PRESSGAMA. Su completado para un período de 30 años ha permitido pasar a unas 16000 noticias, de las cuales un 25% hace referencia a inundaciones.

Así pues la base de datos del período 1981-2010 contiene información acerca de la fecha, las comarcas y municipios afectados, los ríos o cuencas principales, los impactos, y el tipo de inundación distinguiendo entre ordinarias (0), extraordinarias (1) y catastróficas (2). Dado que se procede a escala regional, para cada episodio se tomará en la clasificación el nivel de mayor impacto. La contabilidad se ha realizado por episodios de inundación, pudiendo durar estos más de un día. En adelante, y por mayor brevedad, se identificará la expresión “episodio de inundación” con “inundación”.

## **3. LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE EPISODIOS DE INUNDACIÓN Y SU IMPACTO**

La Figura 1 muestra como la comarca más afectada por inundaciones en el período 1981-2010 es el Maresme con un total de 96, seguida del Barcelonès con 62 y el Baix Llobregat con 54. Vemos como las zonas más afectadas se encuentran en la primera línea de la costa y/o en las zonas con más densidad de población. En el segundo cuadrante catalán observamos las comarcas con menos inundaciones; dos ejemplos claros son el Pallars Jussà con dos o la Cerdanya con tan solo una. Esta distribución es semejante a la obtenida por Barnolas y Llasat (2007a), si bien cabe destacar el incremento del número de inundaciones medio por año, que en el caso del Maresme, por ejemplo, casi se triplicaría. La distribución geográfica destaca la mayor concentración de eventos en la costa, lo que se podría justificar tanto por la presencia de cauces torrenciales, la mayor frecuencia de episodios pluviométricos de carácter convectivo, y la mayor vulnerabilidad y exposición, ya que es la zona con mayor concentración de población, industrias y servicios.

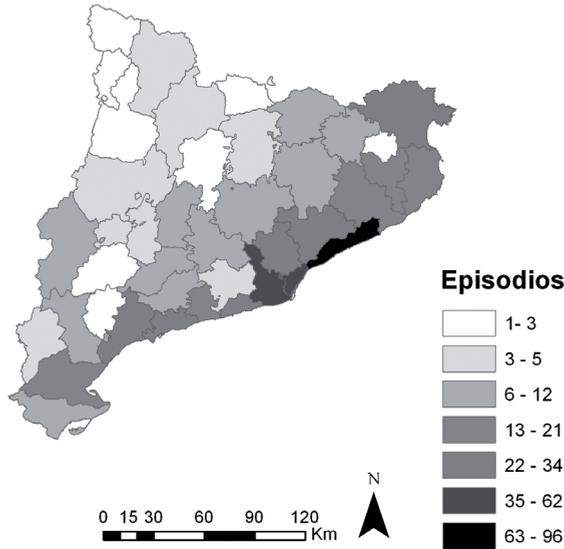


FIG. 1: Mapa de comarcas afectadas por inundaciones desde 1981 al 2010.

De las anteriores inundaciones, el 53.5% han sido extraordinarias, un 36.2%, ordinarias, y el 10.3% restante, catastróficas. De los 213 eventos contabilizados, 42 han producido víctimas mortales (el 68% de las catastróficas tienen víctimas). En cuanto a las víctimas de las que se conocen las causas, se han registrado unas 87 de las cuales 61 (70%) fueron arrastradas por el agua tanto al cruzar un canal de agua con el coche como cruzando caminado u otras causas similares. Finalmente cabe decir que en 65 de los episodios un número significativo de coches fueron arrastrados por las aguas.

#### 4. LA DISTRIBUCIÓN ESTACIONAL DE EPISODIOS DE INUNDACIÓN

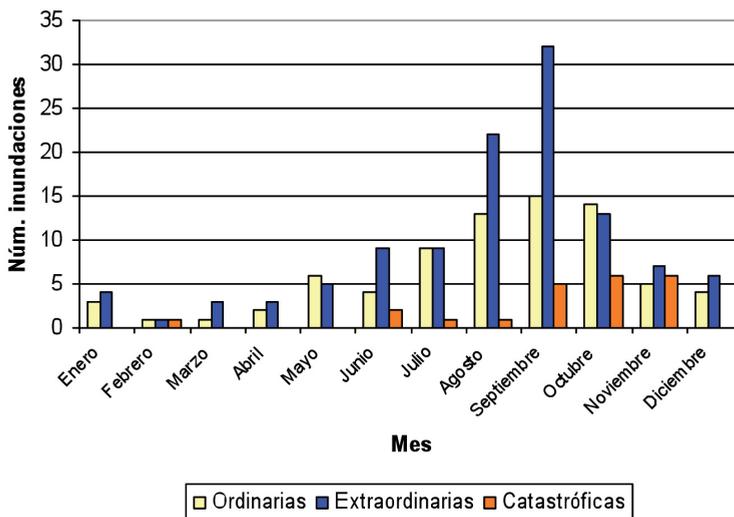


FIG. 2: Distribución mensual de las inundaciones en Cataluña entre 1981 y 2010 por categorías.

La Figura 2 muestra la distribución mensual de inundaciones para toda Cataluña. Septiembre es el mes con más inundaciones (principalmente extraordinarias), un 24.4%, seguido de agosto con el 16.9% y octubre con un 15.5%. Los meses con menos inundaciones son febrero y marzo con un 1,4 y 1.8% respectivamente. En cuanto a las catastróficas el período donde se producen en mayor número es durante septiembre, octubre y noviembre.

En cuanto a la distribución estacional (Figura 3a y 3b), la estación con el mayor número de inundaciones varía según como se consideren, dada la gran importancia del mes de septiembre. Así, si septiembre se considera verano (Fig. 3a), ésta es la estación con más inundaciones (49%) y si septiembre se considera otoño (Fig. 3b) entonces será otoño la estación con más inundaciones, pero sin apenas cambio en la frecuencia (49%). Este comportamiento es similar si se consideran por separado las inundaciones ordinarias o extraordinarias; sin embargo para las catastróficas, si el otoño es OND tendrá un 54% de las inundaciones y si fueran SON comprendería el 77%. Cabe decir que las inundaciones de septiembre son en su mayoría inundaciones súbitas (Llasat et al, 2010) de carácter ordinario o extraordinario.

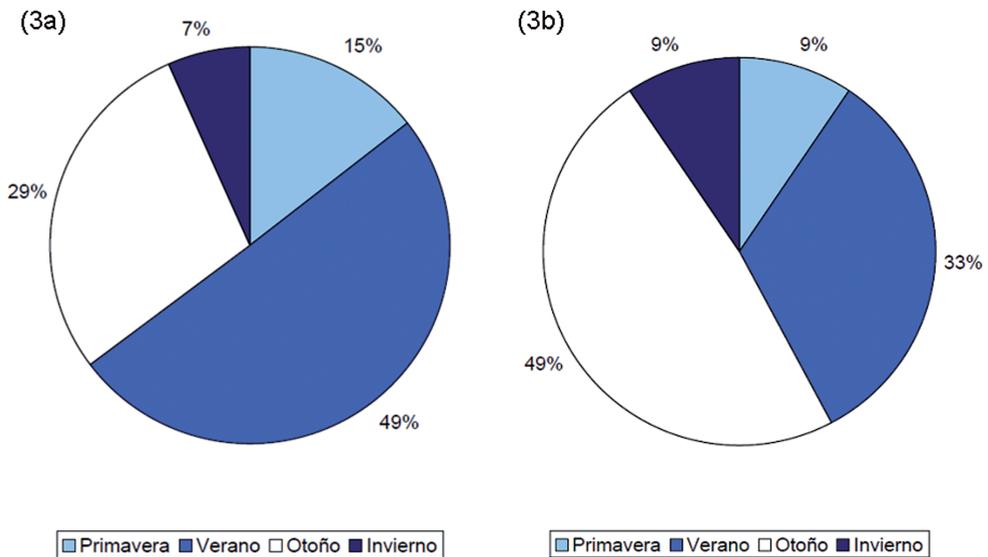


FIG. 3: Distribución estacional de las inundaciones en Cataluña entre 1981 y 2010. 3a: Considerando septiembre como verano. 3b: Considerando septiembre como otoño.

## 5. EVOLUCIÓN TEMPORAL

En la Figura 4 se puede observar como el número total de inundaciones para el período comprendido entre 1981 y 2010 no presenta ninguna tendencia significativa. Aún así, considerando el número de inundaciones sólo hasta 2007 (Figura 5), se aprecia un incremento de 0.16 inundaciones/año que sí es significativo (al 95%). Tener en cuenta este año y no otros se explica porque marca un punto de inflexión en el comportamiento de la serie.

Dicho cambio, patente a partir de 2008, está en proceso de estudio y entre las posibles causas se encuentran inundaciones no percibidas o el efecto de la sequía precedente. Una primera búsqueda en otras fuentes para ver qué es lo que sucede en este período no apunta a que se trate de una falta de cobertura por parte del periódico consultado, por lo que parece tratarse de un fenómeno “natural”, y habría que consultar también si se han producido cambios en las actuaciones urbanísticas o preventivas.

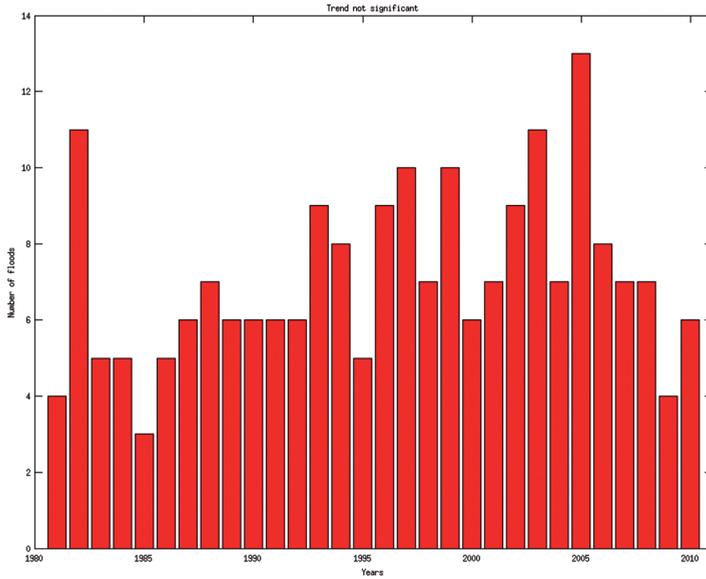


FIG. 4: Evolución anual del número total de inundaciones en Cataluña para el período 1981-2010. No se observa ninguna tendencia significativa al 95%.

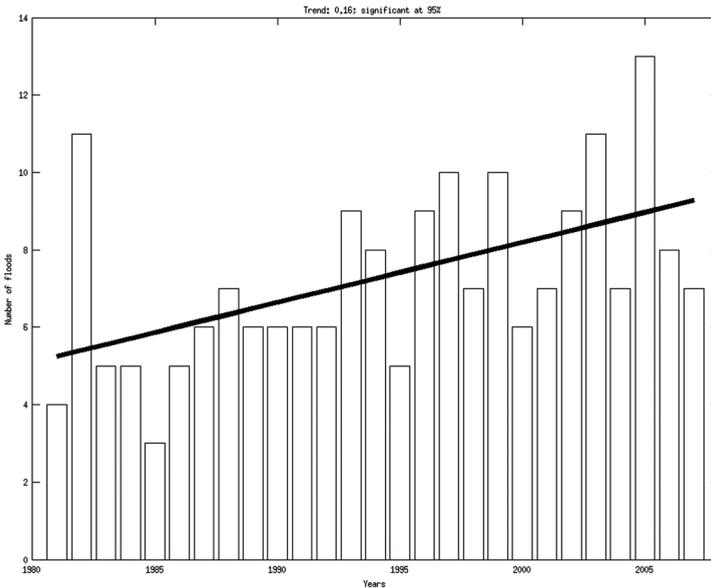


FIG. 5: Evolución anual del número total de inundaciones en Cataluña para el período 1981-2007. Se observa una tendencia significativa al 95% de 0.16 inundaciones/año.

Por categorías, las inundaciones ordinarias y catastróficas no presentan evoluciones significativas, mientras que las extraordinarias (Figuras 6 y 7), exhiben un comportamiento similar al número total de inundaciones, sin tendencia hasta 2010 y con un aumento significativo (al 95%) a razón de 0.15 inundaciones/año considerando sólo hasta el 2007.

Por otro lado, cabe mencionar que el método aplicado para estimar la significancia del cálculo de tendencias está basado en una técnica de tipo ‘bootstrap’ circular en bloque (Turco y Llasat, 2011). Dicho protocolo es una modificación del procedimiento de Kiktev et al. (2003) y es más general, ya que permite lidiar con series autocorrelacionadas y para las cuales las hipótesis de los tests tradicionales (p. ej. el de Mann-Kendall) no pueden aplicarse.

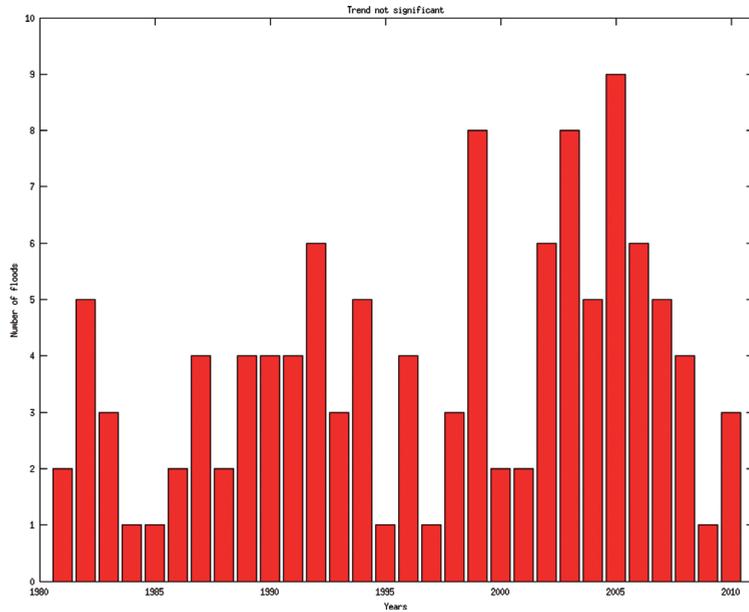


FIG. 6: Evolución anual del número de inundaciones extraordinarias en Cataluña para el período 1981-2010. No se observa ninguna tendencia significativa al 95%.

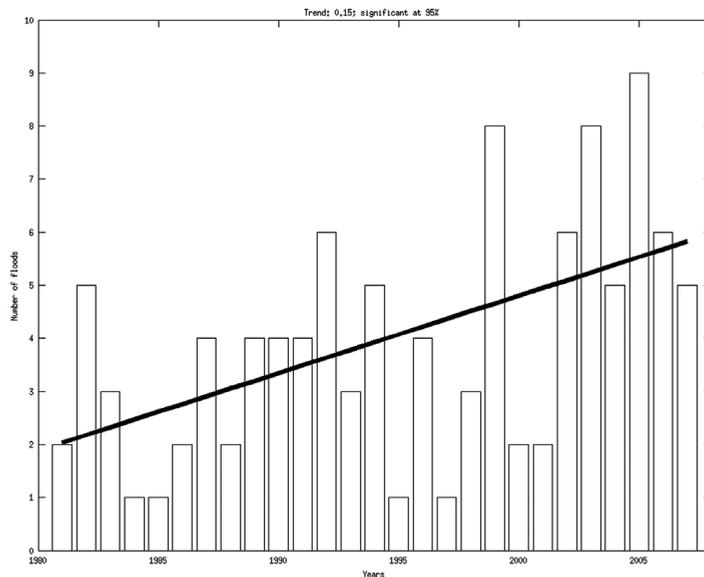


FIG. 7: Evolución anual del número de inundaciones extraordinarias en Cataluña para el período 1981-2007. Se observa una tendencia significativa al 95% de 0.15 inundaciones/año.

## 6. CONCLUSIONES

En el período 1981-2010 se han registrado 213 episodios de inundación en Cataluña. De éstos, un 53.5% pueden ser caracterizados, en base a sus impactos, como extraordinarios, un 36.2%, ordinarios, y el 10.3% restante, catastróficos. La mayor parte se registraron en las estaciones de verano y otoño, siendo notable el número registrado en la segunda mitad del verano, precisamente en zonas altamente ocupadas por población permanente y ocasional. El 20% han producido víctimas mortales, pero este porcentaje asciende hasta el 68% cuando sólo se consideran los episodios catastróficos. En cuanto a las víctimas de las que se conocen las causas, un 70% fueron arrastradas por el agua al cruzar un torrente, riera o calle, ya fuese caminando o en un vehículo.

La distribución geográfica destaca la mayor concentración de eventos en la costa, lo que se podría justificar tanto por la presencia de cauces torrenciales, la mayor frecuencia de episodios pluviométricos de carácter convectivo, y la mayor vulnerabilidad.

El análisis de tendencias muestra un aumento de las inundaciones, a consecuencia principalmente del aumento de los eventos extraordinarios, que es significativo para el período 1981-2007, y que está asociado a inundaciones extraordinarias. Es destacable el cambio de tendencia experimentado entre 2007 y 2010, ya que se detecta una cierta disminución cuya causa será objeto de un estudio posterior.

## REFERENCIAS

- Barnolas, M., Llasat, M.C., (2007a). *A flood geodatabase and its climatological applications: the case of catalonia for the last century*. Natural Hazards and Earth System Sciences, 7, 271-281 (Ed. Copernicus GmbH, European Geosciences Union). ISSN: 1561-8633. Katlenburg-Lindau, Alemania.
- Barnolas, M., Llasat, M.C. (2007b). *Metodología para el estudio de inundaciones históricas en españa e implementación de un sig en las cuencas del ter, segre y llobregat*. Centro de Publicaciones del CEDEX, Ministerio de Fomento, 264 pp, ISBN: 978-84-7790-449-6, D.L. M. 36.602-2007, ISSN: 0211-8203, Madrid.
- Barredo, J. I. (2009). *Normalised flood losses in Europe: 1970-2006*. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 9, 97-104, doi: 10.5194/nhess-9-97-2009.
- Barrera, A., M.C. Llasat y M. Barriendos (2006). *Estimation of the extreme flash flood evolution in barcelona county from 1351 to 2005*. Natural Hazards and Earth System Sciences, 6, 505-518 (Ed. Copernicus GmbH, European Geosciences Union). ISSN: 1561-8633. Katlenburg-Lindau, Alemania.
- Barredo, J.I., D. Saurí, D., Llasat, M. C. (2012). *Assessing trends in insured losses from floods in Spain 1971-2008*. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 12, 1723-1729, 2012.
- Barriendos, M., Llasat, M.C., Barrera, A., Rigo T., (2003). *The study of flood events from documentary sources. Methodological guidelines for historical sources identification and flood characterization in the Iberian Peninsula*. Palaeofloods, Historical Data and Climatic Variability: Applications in Flood Risk Assessment. V.R. Thorndycraft, G. Benito, M. Barriendos and M.C. Llasat (Eds), Proceedings of the PHEFRA International Workshop held in Barcelona, 87-92, Madrid
- FitzGerald, G., Du, W., Jamal, A., Clark, M., and Hou, X., (2010). *Flood fatalities in contemporary Australia (1997-2008)*. Emergency Medicine Australasia, 22, 180-186.
- Kiktev, D., Sexton, D. M. H., Alexander, L., Folland, C. K., (2003). *Comparison of modeled and observed trends in indices of daily climate extremes*. J. Climate, 16, 3560-3571.
- Llasat, M.C., Barriendos, M., A. Barrera, A., Rigo, T., (2003). *Climatological analysis of flood frequency in the ter, segre and llobregat basins from the 14<sup>th</sup> to 20<sup>th</sup> century*. Palaeofloods, Historical Data and Climatic Variability: Applications in Flood Risk Assessment. V.R. Thorndycraft, G. Benito, M. Barriendos and M.C. Llasat (Eds), Proceedings of the PHEFRA International Workshop held in Barcelona, Madrid.
- Llasat, M. C., Rigo, T., and Barriendos, M. (2005). *Floods in Catalonia (NE Spain) since the 14th century. Climatological and meteorological aspects from historical documentary sources and old instrumental records*. J. Hydrol., 313, 32-47.
- Llasat, M.C., L. López, M. Barnolas, Llasat-Botija, M. (2008). *Flash-floods in Catalonia: the social perception in a context of changing vulnerability*. Advances in Geosciences, 17, 63-70.

- Llasat, M.C., M. Llasat-Botija, M. Barnolas, L. López, and V. Altava-Ortiz, (2009a). *An analysis of the evolution of hydrometeorological extremes in newspapers: the case of Catalonia, 1982-2006*. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 9, 1201-1212.
- Llasat, M.C., M. Llasat-Botija and L. López, (2009b). *A press database on natural risks and its application in the study of floods in northeastern Spain*. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., Sci., 9, 2049–2061
- Llasat, M.C., Corominas, J. (2010). *Riscos associats al clima. Segon informe sobre el canvi climàtic a Catalunya*, J.E. Llebot (coord.). Institut d'Estudis Catalans i Generalitat de Catalunya, Departament de la Vicepresidència, Consell Assessor per al Desenvolupament Sostenible de Catalunya, pp. 243-307
- Llasat, M.C., Llasat-Botija, M., Rodríguez, A., Lindbergh, S. (2010). *Flash floods in Catalonia: a recurrent situation*. Advances in Geosciences, 26, 105-111
- Petrucci O., Pasqua A.A. (2008). *The study of past Damaging Hydrogeological Events for damage susceptibility zonation*. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 8, 881–892.
- Rigo, T., M.C., Llasat, M.C., Barriendos, M., Barrera A., (2003). *Flood events in the llobregat basin: a comparison between the flash flood of june 2000 and events that have occurred since the 14<sup>th</sup> century*. Palaeofloods, Historical Data and Climatic Variability: Applications in Flood Risk Assessment. V.R. Thorndycraft, G. Benito, M. Barriendos and M.C. Llasat (Eds), Proceedings of the PHEFRA International Workshop held in Barcelona, 289-294, Madrid
- Turco, M., Llasat M. C., (2011). *Trends in indices of daily precipitation extremes in Catalonia (NE Spain), 1951–2003*. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 11, 3213–3226, doi:10.5194/nhess-11-3213-2011.

