

## **FLOODUP. UNA HERRAMIENTA PARA AUMENTAR LA INFORMACIÓN Y MEJORAR EL CONOCIMIENTO COLECTIVO SOBRE EVENTOS METEOROLÓGICOS EXTREMOS**

Montserrat LLASAT-BOTIJA, Maria CORTÈS, Maria Carmen LLASAT  
*Dept. de Física Aplicada. Universitat de Barcelona*  
*Institut de Recerca de l'Aigua. Universitat de Barcelona*  
**mllasat@meteo.ub.edu, mcortes@meteo.ub.edu, carmell@meteo.ub.edu**

### **RESUMEN**

Uno de los retos en el estudio de eventos extremos es disponer de información detallada y contrastada. Los avances en sistemas de medida y de observación (estaciones meteorológicas automáticas, radar, satélite, etc.) permiten, actualmente, disponer de un importante volumen de datos oficiales. La prensa o la información de compañías de seguros son otros recursos frecuentemente utilizados para la evaluación de los daños. Estos datos se pueden completar con los obtenidos a través de nuevas fuentes como las redes sociales en Internet o la ciencia ciudadana. En los últimos años han aparecido iniciativas de ciencia ciudadana relacionada con los eventos extremos como FLOODUP, cuyo objetivo es ampliar la información sobre la localización e impactos causados por inundaciones y otros fenómenos hidrometeorológicos adversos, así como mejorar el conocimiento y preparación de la población frente a ellos. En esta comunicación se analizan las oportunidades y debilidades así como las aplicaciones de este tipo de proyectos. A título de ejemplo se presenta el episodio de octubre de 2016 en Cataluña, con más de 200 mm en 24 h y pérdidas superiores a los 7 millones de euros.

**Palabras clave:** inundaciones, ciencia ciudadana, precipitaciones, impacto social.

### **ABSTRACT**

One of the challenges in the study of extreme events is to have detailed and contrasted information. Advances in measurement and observation systems (weather automatic stations, radar, satellite...) allow, at present, to have an important volume of official data. The press or the insurance companies data are another sources frequently used to the damage assessment. These data can be completed with those obtained through new sources such as social networks on the Internet or citizen science. In recent years citizen science initiatives related to extreme events have appeared such as FLOODUP project. The FLOODUP objective is to increase the information on the location and impacts caused by floods and other adverse hydrometeorological phenomena, as well as improve the awareness of the population in front of them. This communication analyzes the opportunities and weaknesses as well as the applications of this type of projects. As an example, the October 2016 event, with more than 200 mm in 24 hours and losses greater than 7 million euros in Catalonia, has been analyzed.

**Key words:** floods, citizen science, precipitation, social impact.

## 1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años en Cataluña se han producido eventos meteorológicos extremos relevantes como las nevadas del 8 de marzo de 2010, sequías (entre 1998 y 2002, 2005 y 2007-2008) o tornados (81 tornados y 220 mangas marinas desde el año 2000 -Rodríguez y Bech, 2018) pero las inundaciones son el evento que se produce con más frecuencia y que más daños genera (Llasat *et al*, 2016). En los últimos años se ha incrementado la investigación de este tipo de eventos desde una perspectiva holística tal como se hace desde proyectos como HOPE (CGL2014-52571-R) o MCostAdapt (CTM2017-83655-C2-R). Para este tipo de aproximaciones es indispensable disponer del máximo número de fuentes de información posible. En los últimos años los avances en las tecnologías, Internet y smartphones han permitido que la ciudadanía participe de manera más activa en la observación y seguimiento de eventos meteorológicos extremos y otros riesgos naturales. Personas sin una implicación directa en estos ámbitos pueden ser transmisoras de información gracias a que pueden hacer fotografías desde sus teléfonos móviles y difundirlas por redes sociales. Eso ha convertido a Internet y las redes sociales en una fuente de información a tener en cuenta (Llasat *et al*, 2014; Llasat-Botija *et al*, 2016).

Por otro lado han nacido iniciativas que utilizan la colaboración ciudadana para el seguimiento de eventos extremos como *Flood Chasers*, *FloodScale*, *RiskScope* (Paul *et al*, 2018) o SINOBAS (<https://sinobas.aemet.es/>). Este tipo de proyectos se enmarca en la denominada Ciencia Ciudadana, que comprende aquellas actividades en las que la ciudadanía participa en un proyecto científico de una forma significativa (más allá de ser participantes en una encuesta o en un experimento médico) (EC, 2013). Una buena muestra de la importancia de ésta es la promoción e inclusión de este tipo de estudios desde instituciones, universidades y centros de investigación. De todas maneras cabe recordar que en el campo de la meteorología no es algo nuevo sino que en el pasado la colaboración ciudadana ya estaba presente con estaciones meteorológicas manuales mantenidas de manera voluntaria por maestros, curas o médicos, quienes además recopilaban y trataban los datos. En la actualidad destacan asociaciones como la *Associació Catalana de Meteorologia* (ACAM) y la *Associació Catalana d'Observadors Meteorològics* (ACOM) en Cataluña o la *Associació Valenciana de Meteorologia* (AVAMET) en la Comunidad Valenciana. En el caso de Cataluña, además existe la *Xarxa d'Observadors Meteorològics* (XOM) vinculada con el *Servei Meteorològic de Catalunya* (SMC). La XOM nació con el objetivo de ampliar la información que el SMC necesita y está formada por personas que colaboran voluntariamente aportando observaciones diarias o bien en la modalidad de vigilancia atmosférica.

¿Qué puntos fuertes y qué puntos débiles tiene el uso de esta información en el estudio actual de eventos meteorológicos extremos? Esta es la pregunta de la que parte la siguiente comunicación. Para abordar la cuestión se presentará una iniciativa impulsada desde el grupo GAMA de la Universidad de Barcelona, el proyecto FLOODUP. A continuación se analizará el episodio de inundaciones en octubre de

2016 en el Maresme y la información disponible relacionada con éste. La comunicación se concluirá con una discusión e identificación de las oportunidades y debilidades de este tipo de proyectos.

## 2. MÉTODOS

### 2.1. Área de estudio

Cataluña tiene un área de 31.930 km<sup>2</sup> y está situada en la parte nordeste de la Península Ibérica. Su red hidrográfica está formada por la cuenca del Ebro, una pequeña parte de la cuenca del Júcar y las Cuencas Internas de Cataluña. Está dividida en 41 comarcas y 947 municipios. La comarca del Maresme está situada en el litoral de Cataluña, tiene un área de 398,5 km<sup>2</sup> y está atravesada por numerosas rieras y torrentes, la mayor parte temporales. Esta comarca tiene una densidad de 1.107,8 habitantes/km<sup>2</sup>, una de las más importantes de Cataluña.

Entre 1981 y 2015 se han registrado más de 250 episodios de inundaciones en Cataluña. La mayor parte de estos episodios han afectado a la costa, debido a la presencia de rieras y a una alta frecuencia de episodios de precipitación convectivos y muy localizados (Llasat *et al*, 2016). Además es un territorio con una elevada vulnerabilidad y exposición debido a la elevada concentración de población, industria y servicios. Esto es especialmente relevante en comarcas como la del Maresme donde hay una elevada edificación e infraestructuras como vías de tren y autopistas. En esta comarca se ha registrado el mayor número de episodios de inundaciones.

### 2.2. Datos y fuentes de información

La información que se muestra en esta comunicación ha sido obtenida a través de las colaboraciones en la plataforma FLOODUP y la disponible en redes sociales e Internet.

En relación a los datos meteorológicos para el análisis de las inundaciones de octubre de 2016 se han utilizado los provenientes del SMC. Éste tiene más de 170 estaciones automáticas a las que se suman las más de 70 estaciones de la *Agencia Estatal de Meteorología*. También se ha contado con datos de la XOM, anteriormente mencionada, de la red *Meteoclimatic* y de las estaciones de la red meteorológica del *Consell Comarcal del Maresme*, que es una entidad supramunicipal al servicio de los municipios de la comarca.

En cuanto a la información sobre los episodios de inundaciones y su impacto se han tenido en cuenta las bases de datos desarrolladas por el grupo GAMA, *INUNGAMA* y *PRESSGAMA*, a fin de comparar y ampliarlas a partir de la información enviada por la ciudadanía. *INUNGAMA* (Barnolas y Llasat, 2007; Llasat *et al*, 2014) es una base de datos asociada a un GIS que incluye los episodios que han afectado a Cataluña entre 1900 y 2015 (Llasat *et al*, 2013). *PRESSGAMA* es una base de datos con más de 15.000 titulares de noticias de publicadas en La Vanguardia desde 1981 relacionadas con los riesgos naturales y el cambio climático (Llasat *et al*, 2009).

En cuanto a los daños económicos se han utilizado los datos sobre las indemnizaciones pagadas por el Consorcio de Compensación de Seguros (CCS) y la

valoración que hicieron los municipios del Maresme sobre el total de pérdidas en el episodio de octubre de 2016.

### 2.3. FLOODUP

El proyecto FLOODUP se inició en 2014 con el apoyo de la Fundación Española de la Ciencia y la Tecnología (*FECYT*). Tiene un doble objetivo general, por un lado mejorar el conocimiento de la población sobre los riesgos naturales en general y las inundaciones en particular. Y por otro recopilar información sobre la ocurrencia de episodios de fenómenos meteorológicos extremos y su impacto a nivel nacional (aunque se pueden subir observaciones situadas en cualquier parte del mundo). Para lograr estos objetivos se desarrollaron las siguientes herramientas:

-Una web educativa ([www.floodup.ub.edu](http://www.floodup.ub.edu)) que presenta el proyecto e información sobre inundaciones con diferentes niveles de complejidad. También permite acceder a las otras herramientas del proyecto. A través de la web se tiene acceso a encuestas “post event”. Estos cuestionarios persiguen analizar aspectos de la gestión de la emergencia y percepción tras un evento de inundaciones.

-Una aplicación para dispositivos móviles en Android e iOS desarrollada en castellano, catalán e inglés. En la aplicación se podía acceder a contenidos educativos, un formulario para subir observaciones geolocalizadas o consultar las observaciones que se encuentran ya subidas en el proyecto. Esta aplicación tiene un panel de administración que permitía al equipo investigador validar, corregir o eliminar observaciones. En paralelo con la APP, el grupo realiza el seguimiento de los episodios bien a través de las redes sociales o mediante los cuestionarios anteriormente mencionados.

-Una tercera herramienta es el diseño de talleres y proyectos educativos relacionados con la temática de las inundaciones y tiempo adverso. A través de estos talleres también es posible recopilar información.

## 3. RESULTADOS

### 3.1. Estadísticas generales del proyecto FLOODUP

Con el fin de caracterizar el perfil de los usuarios y participantes en este tipo de proyectos se han analizado los usuarios registrados en la APP (sin incluir los usuarios que participan en el proyecto a través de los otros canales). En abril de 2017 había unos 329 usuarios registrados. El volumen de descargas era de más de 1.000 entre iOS y Android. Por tanto, un 27% de las personas que se descargan la aplicación se registran. Un 70% de los usuarios registrados son hombres mientras que un 23% son mujeres, el 7% restante correspondería a usuarios a los que no es posible adjudicar un género (instituciones, entidades colaboradoras, etc.) (Fig. 1a). En cuanto a su origen, el 74% de los usuarios provienen del Estado español. Un 5% del total de usuarios registrados pertenecen a otros países de la Unión Europea y un 8% a otros países de fuera de la UE, se desconoce el origen del resto de usuarios. Por comunidades autónomas Cataluña es la que tiene más usuarios con un 46% del total (Fig. 1b).

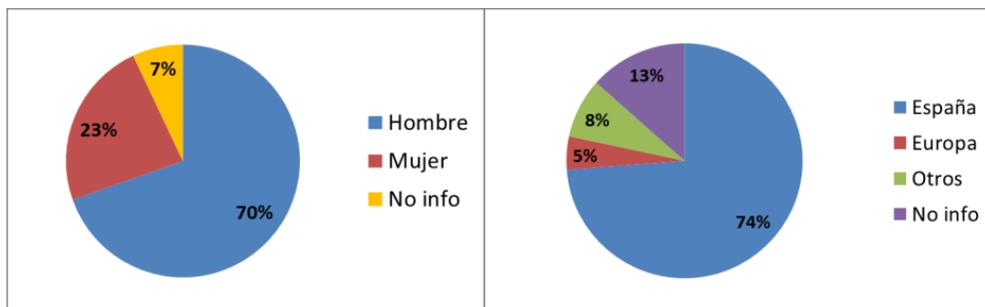


Fig. 1: Perfil de usuarios registrados en la APP FLOODUP según género (a) y procedencia (b).

### 3.2. Observaciones y episodios identificados

A lo largo del proyecto se han recopilado más de 700 contribuciones a través de los diferentes canales. A través de la APP se han subido y validado 263 observaciones a lo largo de 2016, de las cuales el volumen más importante (59%) corresponde a observaciones de inundaciones, le sigue la categoría de “otros fenómenos” (23%), en las que una parte importante son tormentas y granizo. El resto de observaciones corresponde a otras observaciones (8%), zonas vulnerables (5%) y memoria histórica (5%).

La mayor parte de observaciones corresponden a eventos sucedidos en el momento de uso de la APP, aunque también se subieron eventos de años anteriores. En la Fig. 2 se muestra la distribución mensual de las observaciones enviadas, destacando los meses de marzo, junio, octubre y noviembre. Se conserva la fecha en que se subió la información a través de la App así como la del evento u observación a la que se refiere, en caso de ser diferentes.

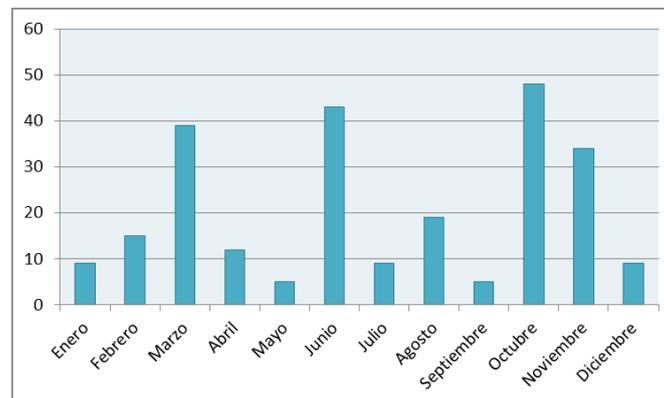


Fig. 2: Distribución mensual de la ocurrencia del evento u observación realizada.

Gracias al proyecto se han podido identificar 47 episodios de inundaciones (3 localizados fuera del Estado Español) y 35 episodios de otros fenómenos (1 internacional) (Fig. 3). La mayor parte de ellas se han utilizado para extender INUNGAMA hasta el 2016.

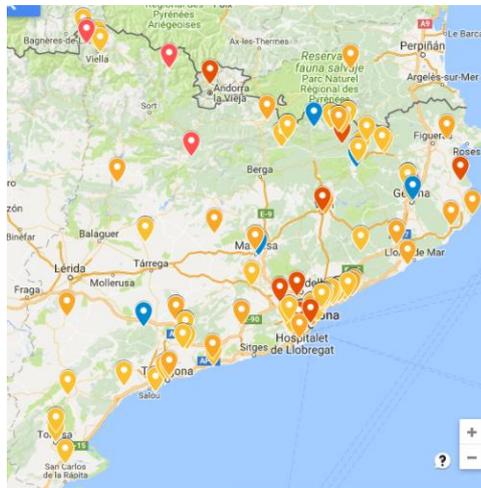


Fig.3: Mapa con las observaciones subidas a FLOODUP y localizadas en Cataluña.

### 3.3. El caso del Maresme de octubre 2016

Entre los días 12 y 14 de octubre de 2016 se produjeron intensas precipitaciones que afectaron especialmente a la comarca del Maresme, donde la mayor parte de las rieras se desbordaron. Según la red pluviométrica oficial, se registraron 256,5 mm en poco más de 24 h, pero la gran diferencia con otras estaciones próximas hizo dudar de su validez. La colaboración ciudadana a través de la XOM, corroboró este valor, ya que registraron 220,9 mm y 200,3 mm en estaciones próximas. En Cabrils se registró un valor récord, 84,4 mm en 30 minutos. También se produjeron tornados y olas de hasta 4 metros; en algunas zonas de la provincia de Gerona se registró granizo y se produjeron inundaciones. En el Maresme las inundaciones causaron daños valorados en una primera estima en 7,4 millones de euros y una víctima mortal.

Las colaboraciones y el trabajo de campo mediante la APP permitieron recopilar más de 200 observaciones de los efectos del episodio, la mayoría en la comarca de Maresme. A lo largo del episodio los miembros de la XOM realizaron alrededor de 50 avisos sobre intensidad de lluvia, mal estado del mar o tormentas, entre otros (Fig. 4). En Twitter se publicaron más de 480 tweets, 71 posts en Facebook y 8 en Instagram, en relación al episodio.

En el estudio de Cortès *et al.* (2018) se ha demostrado que es posible definir una relación entre la precipitación acumulada en 24h y la probabilidad de que se produzcan graves daños, pese al importante papel que pueden desempeñar la vulnerabilidad y la exposición. En el caso de Octubre de 2016 se ha analizado la relación entre las indemnizaciones pagadas por el CCS a cada municipio, la valoración económica realizada por el Ayuntamiento correspondiente y la precipitación total registrada en el mismo, para el evento de Octubre de 2016.

La correlación entre las indemnizaciones del CCS y la precipitación total es de 0,67. Si se tiene en cuenta solo la precipitación (24h) del día 12 este valor se incrementa a 0,7.

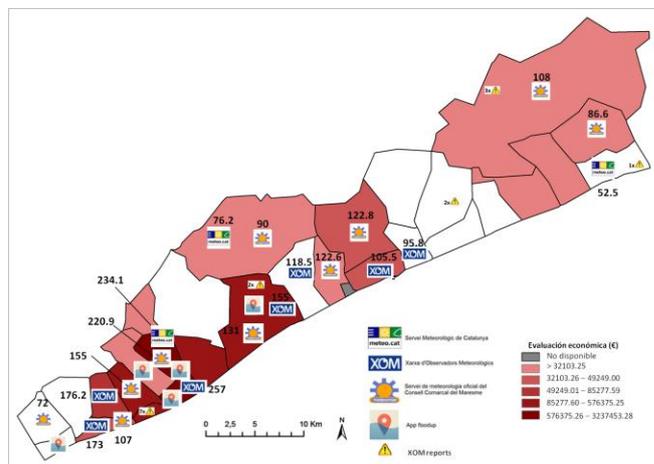


Fig. 4: Mapa del episodio de Maresme con la información disponible. Los municipios están coloreados en función de las pérdidas económicas valoradas según la estimación de cada Ayuntamiento. Los datos de precipitación del servicio meteorológico comarcal del Maresme corresponden al 12 de octubre, de 00h a 24h, mientras que el resto van de las 7:00 UTC 12/10 al 7:00 UTC 13/10. Fuente: Llasat-Botija et al (in press)

Esta relación, no obstante, se ajusta más a una exponencial, en la que a partir de cierto valor de la precipitación total acumulada (entre los 150 y 200 mm) los daños económicos se incrementan de manera considerable. Tal como muestra la Fig. 5, Vilassar de Mar (1) y Cabrils (2) son los municipios en los que los valores de precipitación y de daños son mayores. Con la ayuda de FLOODUP se ha obtenido información gráfica del episodio. Se puede observar en las imágenes que la altura del agua y la velocidad es considerable, una gran parte de ellas corresponden a infraestructuras de comunicación afectadas (autopista, carreteras, calles, etc.). Teià (3), para la que no hay prácticamente observaciones, destaca por tener un elevado valor de precipitación pero unos daños por debajo de la curva. Las imágenes enviadas desde Premià de Dalt (4) y Premià de Mar (5), situado aguas abajo, destacan la mayor acumulación de agua en esta última, pese a la menor precipitación in situ. Este transporte unido a la mayor vulnerabilidad de Premià de Mar, justifican el alejamiento de la curva media representada en la Fig. 5. Así mismo, la imagen de Vilassar de Mar (1), aguas abajo de Cabrils (2), permite ver el desbordamiento de la riera y ayuda a comprender la gravedad de los daños. Tal como puede verse en el gráfico, en aquellos municipios en los que se cuenta con la valoración del Ayuntamiento y el CCS, el primero suele tener un valor superior. Esto se puede explicar porque una parte de lo que valorasen los Ayuntamientos no fuera indemnizado por el CCS o hubieran otras vías para recuperarlo.

#### 4. CONCLUSIONES

Las nuevas tecnologías han permitido avances significativos y oportunidades para acceder a nuevas fuentes de información como las iniciativas de ciencia ciudadana o la proveniente de redes sociales e Internet. La información ciudadana permite

obtener información para determinados lugares donde no es fácil su obtención, bien porque son lejanos o porque vive poca población. Gracias a proyectos como FLOODUP, además, es posible identificar episodios menores o muy localizados, estos eventos pueden suponer, a la larga, un volumen importante de pérdidas económicas (Llasat *et al.*, 2012).

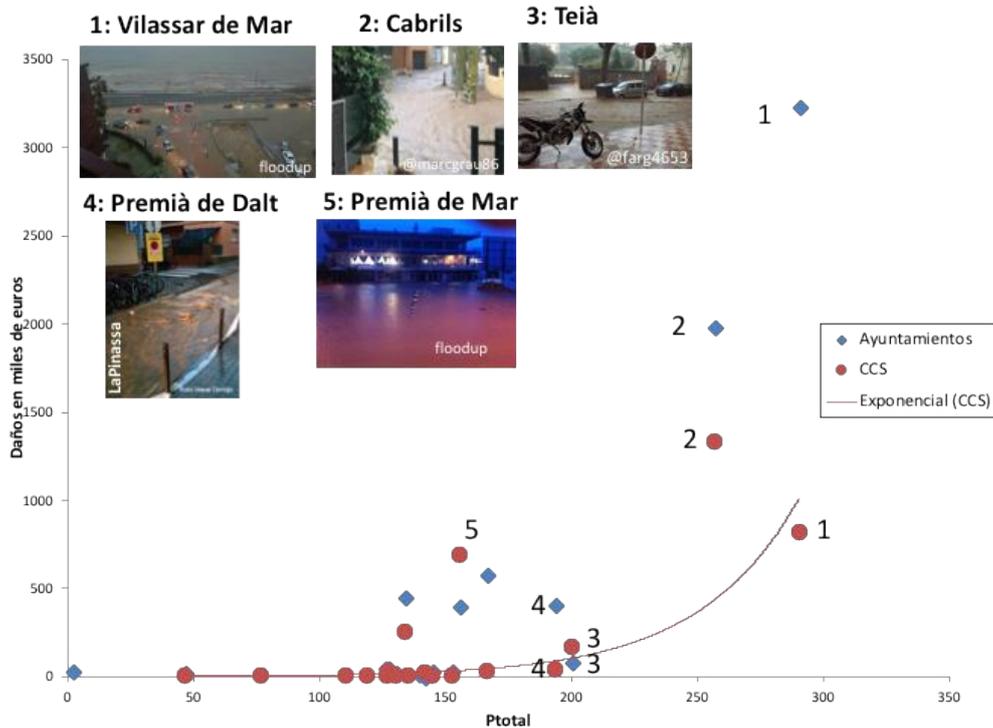


Fig. 5: Relación de la valoración económica de los daños realizada por los Ayuntamientos y las cuantías pagadas por el CCS (€) con la precipitación total en el municipio (mm)

La mayor parte de observaciones que se han recopilado mediante la plataforma FLOODUP son inundaciones, algo coherente debido a que por una parte es el riesgo que más impactos produce en el territorio y por otra porque es el fenómeno vinculado con el proyecto. El bajo porcentaje de personas que se registran tras descargarse la aplicación es un indicador de que el registro y la gestión de la privacidad son aspectos sensibles en este tipo de proyectos. También se ha observado que un importante número de usuarios registrados no sube ninguna observación. Según una encuesta realizada a los usuarios de la APP, la mayoría que no subían observaciones era porque no habían vivido ningún evento cercano. Otro obstáculo para subir observaciones es no tener o no poder realizar fotografías en el momento del evento. En cuanto a la gestión de las observaciones, es necesario realizar un control de calidad, tanto de datos meteorológicos como de la fecha y la ubicación de la observación. La cobertura geográfica de las colaboraciones puede llevar a conclusiones erróneas cuando se analizan estos episodios. Es por ello

necesario utilizar este tipo de información de manera complementaria, junto con otras fuentes. Este tipo de proyectos también son valiosos para poder detectar fenómenos muy locales como tornados o tormentas de granizo. Además es una oportunidad como método de validación de modelos de predicción o de vigilancia ya que permite tener información del fenómeno que se ha producido y su ubicación en el territorio. Por otro lado es útil para identificar cualitativa y cuantitativamente aquellos aspectos que influyen en la relación de la precipitación y los daños.

En relación a la información meteorológica, se muestra la utilidad e importancia de tener “estaciones y puntos de observación” distribuidos en el territorio, especialmente cuando se trata de episodios con precipitaciones concentradas en el tiempo y en el espacio, ya que se pueden producir variaciones grandes de un punto a otro cercano. Este tipo de redes de observadores voluntarios es muy valiosa y supone un importante complemento a las redes de estaciones oficiales.

Un punto débil identificado en relación a Internet y las redes sociales como fuentes de información es que son proyectos volátiles y que la información puede dejar de estar disponible si el servicio que la ofrece o gestiona deja de funcionar. Es por ello una oportunidad poder ofrecer un espacio en el que la información esté organizada y que tenga unos controles de calidad. Por esta razón los proyectos de ciencia ciudadana impulsados desde o con instituciones universitarias o de investigación son una gran oportunidad.

### AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se ha desarrollado en el marco del proyecto de investigación HOPE (*CGL2014-52571-R*) y del proyecto MCostAdapt (*CTM2017-83655-C2-2-R*) financiados por el Ministerio de Economía, Industria y Competitividad y del proyecto internacional HYMEX. Los autores agradecen la información aportada por el Consell Comarcal del Maresme, el Servei Meteorològic de Catalunya, la Agencia Estatal de Meteorología, la Xarxa d'Observadors Meteorològics (XOM), la red Meteoclimatic, Twitter y La Vanguardia. El equipo también agradece a los participantes del proyecto FLOODUP por su colaboración. FLOODUP es un proyecto que pertenece a la Oficina de Ciència Ciutadana (OCC) impulsada por el *Institut de Cultura del Ayuntamiento de Barcelona*.

### REFERENCIAS

- Barnolas, M., Llasat, M.C. (2007). A flood geodatabase and its climatological applications: the case of Catalonia for the last century. *Nat. Hazards and Earth Syst. Sci.*, 7, 271–281. doi: <https://doi.org/10.5194/nhess-7-271-2007>
- Cortès, M., Turco, M., Llasat-Botija, M., Llasat, M.C. (2018). The relationship between precipitation and insurance data for floods in a Mediterranean region (northeast Spain). *Nat. Hazards and Earth Syst. Sci.*, 18, 857–868. doi: <https://doi.org/10.5194/nhess-18-857-2018>
- European Commission, Societize. (2013). Green Paper on Citizen Science. Recuperado de: <https://goo.gl/Dr6zEW>

- Llasat, M.C., Llasat-Botija, M., Barnolas, M., López, L., Altava-Ortiz, V. (2009). An analysis of the evolution of hydrometeorological extremes in newspapers: the case of Catalonia, 1982-2006. *Nat. Hazards and Earth Syst. Sci.*, 9, 1201-1212. doi: <https://doi.org/10.5194/nhess-9-1201-2009>
- Llasat, M. C., Turco, M., Quintana-Seguí, P., Llasat-Botija, M. (2014). The snow storm of 8 March 2010 in Catalonia (Spain): a paradigmatic wet-snow event with a high societal impact, *Nat. Hazards and Earth Syst. Sci.*, 14, 427-441, doi:10.5194/nhess-14-427-2014
- Llasat, M.C., Llasat-Botija, M., Gilabert, J., Marcos, R. (2012). Treinta años de inundaciones en Cataluña: la importancia de lo cotidiano. En: *Cambio climático. Extremos e impactos*. Publicaciones de la AEC, 2012, Serie A, nº 8, pág 799-807, Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.11765/8344>
- Llasat, M.C., Llasat-Botija, M., Petrucci, O., Pasqua, A. A., Rosselló, J., Vinet, F., Boissier, L. (2013). Towards a database on societal impact of Mediterranean floods within the framework of the HYMEX project. *Nat. Hazards and Earth Syst. Sci.*, 13, 1337-1350, doi:10.5194/nhess-13-1337-2013
- Llasat, M.C., Marcos, R., Llasat-Botija, M., Gilabert, J., Turco, M., Quintana, P. (2014). Flash flood evolution in North-Western Mediterranean. *Atmospheric Research* 149, 230-243. doi: <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2014.05.024>
- Llasat, M.C., Marcos, R., Turco, M., Gilabert, J., Llasat-Botija, M. (2016). Trends in flash flood events versus convective precipitation in the Mediterranean region: The case of Catalonia. *Journal of Hydrology*, 541, 24-37. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.05.040>
- Llasat-Botija, M., Llasat, M.C., Cortès, M. (2016). De la prensa a las apps. Un recorrido por la Comunicación de los riesgos naturales en la Prensa escrita y el papel de las nuevas Tecnologías. En: *Actas del I Congreso Internacional Comunicación y Pensamiento. Comunicar y Desarrollo Social*, pp 784-806, Recuperado de: <http://hdl.handle.net/11441/50750>
- Llasat-Botija, M., Cortès, M., Llasat, M.C. (in press). The use of citizen information in post-event analysis of flash floods in Catalonia. *Georisque Collection*. 13e Colloque Géorisque "Retours d'expérience post-catastrophe"
- Paul, J., et al. (2018). Overview Citizen science for hydrological risk reduction and resilience building. *WIREs Water*, 5:e1262. doi: 10.1002/wat2.1262
- Rodríguez, O., Bech, J. (2018). Sounding-derived parameters associated with tornadic storms in Catalonia. *International Journal of Climatology*, 38: 2400-2414. doi: <https://doi.org/10.1002/joc.5343>.