

SESIÓN: ANÁLISIS Y PREDICCIÓN DEL TIEMPO

ALCANAR, DE LA INDEFINICIÓN AL ELEVADO RIESGO DE INUNDACIONES

ALCANAR, FROM INDEFINITION TO HIGH RISK OF FLOODS

María del Carmen Llasat^(1,2), Raül Marcos⁽¹⁾, Ramón Pascual⁽³⁾, Tomeu Rigo⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Departament de Física Aplicada, Universitat de Barcelona, C/ Martí Franqués 1, Barcelona, España, carmell@meteo.ub.edu

⁽²⁾ Institut de Recerca de l'Aigüa, Universitat de Barcelona, España, carmell@meteo.ub.edu

⁽³⁾ Delegación de Cataluña AEMET, C/ Arquitecte Sert 1, Barcelona, España, rpascualb@aemet.es

⁽⁴⁾ Servei Meteorologic de Catalunya, C/ Carrer del Dr. Roux 80, Barcelona, España
tomeu.rigo@gencat.cat

SUMMARY

The Montsià region is the southernmost region of Catalonia (NE Spain), located between the final stretch of the Ebro River and the Segre River, and crossed by a relatively high mountain range (764 m.a.s.l), very close to the coastline and parallel to the same, in which numerous steep torrents are born. Most of these cross highly populated areas, mainly tourist and summer resorts, with high vulnerability to flooding. The municipality of Alcanar is a clear example of this situation. Thus, between 1980 and 2020, 42 episodes of flooding were recorded in the Montsià region, of which 21 caused significant damage in this municipality. They are usually a consequence of very convective and high-intensity precipitation, which, due to its local and sudden nature, is difficult to predict. The recent flood events of October 2018, September 2021 and 2023 are good examples. The aim of this work is the analysis of the three events, as well as the characterization of the frequency and possible trends in heavy rainfall events, in basis to precipitation data at daily and sub-daily scale.

La comarca del Montsià (733 km^2) es la más meridional de Cataluña. Está atravesada en dirección SW-NE por la sierra de Montsià, una cordillera relativamente alta (764 m.s.n.m), muy cercana a la línea de costa y paralela a la misma. Aunque su longitud total es sólo de unos 12 km y su anchura es de unos 5 km, su abrupta orografía de tipo calcáreo, caracterizada por acantilados, riscos y barrancos, con fuertes desniveles, favorece la existencia de numerosos torrentes de gran pendiente, conocidos en la región como “barrancos”. Esta misma cordillera también favorece el ascenso de las masas de aire húmedas procedentes del Mediterráneo, sobre todo cuando inciden perpendicularmente a su eje, lo que ayuda a disparar la convección y da lugar a lluvias intensas. La combinación de lluvias intensas y barrancos torrenciales da lugar a frecuentes inundaciones súbitas. La comarca linda al norte con el río Ebro, que forma parte de la demarcación hidrográfica de la Cuenca del Ebro (CHE), y al sur con el río Segre, que pertenece a la Cuenca del Júcar (CHJ). Queda una tercera parte de la comarca, el municipio de Alcanar, comprendido entre ambas cuencas, que pertenece a las Cuencas Internas de Cataluña (CIC), y que está atravesado por un elevado número de barrancos. Esta repartición en tres cuencas gestionadas por tres administraciones diferentes hace difícil la coordinación, sobre todo en lo que respecta a la prevención frente a las inundaciones, lo que aumenta su riesgo ya de por sí favorecido por las características del territorio. De hecho, el municipio de Alcanar no dispone todavía de cartografía de zonas inundables. A esa elevada peligrosidad se añade una elevada vulnerabilidad, ya que, si bien la población del Montsià apenas supera las 69.000 personas, con una densidad de unos 87 hab/km^2 , esta densidad pasa a 285 hab/km^2 y a 208 hab/km^2 en los municipios costeros de la Ràpita y Alcanar, respectivamente. El atractivo turístico y vacacional de ambos municipios, ha llevado a una elevada concentración de campings, urbanizaciones y segundas residencias construidas en torno a los barrancos, lo que unido a que muchas de ellas se encuentran también en primera línea de mar, aumenta el riesgo de padecer inundaciones.

Así, según la base de datos de inundaciones en Cataluña, INUNGAMA (Llasat et al., 2014), entre 1980 y 2020 se registraron 42 episodios de inundaciones en la comarca del Montsià, de los cuales 21 produjeron daños

importantes en el municipio de Alcanar. Las últimas inundaciones se registraron el 3 de septiembre de 2023, a consecuencia de la misma perturbación sinóptica que afectó el centro de la Península. Se produjo en medio de un grave episodio de sequía de más de dos años de duración, y sólo produjo inundaciones en la comarca del Montsià, lo que marcó su carácter local. Situaciones semejantes se produjeron en 2021 y 2018, con precipitaciones que superaron ampliamente los 200 mm, y que por su carácter local y súbito fueron de muy difícil predicción. Este factor, unido a la aparentemente creciente frecuencia y a los graves daños que producen las inundaciones en la zona, llevaron a plantearse una serie de cuestiones: ¿están aumentando las inundaciones en la región? ¿puede estar influyendo el cambio climático? ¿Cuáles son los factores que explican esta elevada frecuencia?

La presente ponencia intenta dar respuesta a estas cuestiones, para lo que se inicia con el estudio de la frecuencia y períodos de retorno de las inundaciones y lluvias intensas agregadas para diferentes períodos temporales, se continua con el análisis pluviométrico a partir de los datos de pluviómetros y radar, y se finaliza con el estudio de los factores sinópticos, termodinámicos y mesoscales que caracterizaron a estas situaciones. Para ello se han seleccionado, además de los tres episodios de inundaciones ya introducidos, quince días en los que se superaron los 100 mm en algún punto de la región entre 2004 y 2023 para los cuales se han analizado las imágenes radar y las de actividad eléctrica.

El análisis de la muestra 2004-2023 destaca que durante los 10 primeros años sólo se produjeron 5 casos por encima de 100 mm en el Montsià, mientras que en la segunda década del periodo se duplicó el número de días de esta índole. Los períodos de retorno de las precipitaciones máximas registradas se hallan entre los 10 y los 50 años, pero si se trabaja con la envolvente que cubra toda la comarca, el periodo de retorno de una precipitación de 208 mm en 24 h desciende a unos 10 años, y el de 116 mm a unos 2 años, lo que muestra la elevada frecuencia. El análisis de las tendencias del número de días anuales que superan 5, 10, 20, 40, 60 y 100 mm/d, pone de manifiesto una disminución del número de días que superan los umbrales más bajos, mientras que por el contrario se observa una tendencia positiva cuando los umbrales diarios pasan a ser de 40 mm/d y 60 mm/d, que ya no es tan manifiesta cuando se pasa a 100 mm/d. Así mismo, la tendencia de la contribución de los episodios de más de 40 mm a la lluvia total es positiva. Este aumento se debe sobre todo a las contribuciones de invierno y otoño, estación en la que aumentan las horas de precipitación por encima de 40 mm/h. En primavera la tendencia es a disminuir en intensidad y variabilidad. En el caso de los datos horarios las tendencias son menos significativas y menos marcadas. Todo ello apunta a que cada vez tenemos una probabilidad mayor de que se produzcan lluvias más intensas, lo que estaría en línea con los resultados obtenidos al analizar la evolución de la precipitación convectiva (Llasat et al., 2021).

En general, los episodios de lluvias fuertes y copiosas se producen entre septiembre y diciembre, fuera de la época cálida en la que usualmente se registra la convección profunda. Un elemento común a todos los episodios es que las estructuras de precipitación se desplazaron de mar a tierra, lo que indica un aporte de humedad muy importante y que incrementa el factor de eficiencia. Las grandes cantidades de precipitación recogidas localmente quedan justificadas por la estacionariedad de las estructuras precipitantes, el efecto tren convectivo (repetición del paso de células sobre un mismo punto), o por la combinación de ambos. También cabe destacar que el grado de organización es muy diferente dependiendo del episodio, con estructuras con un campo de precipitación muy uniforme, otras con convección embebida, y, finalmente, algunos sistemas con un elevado grado de organización convectiva. Estos elementos también pueden apreciarse de forma notable en los mapas de actividad eléctrica: existen episodios con actividad muy reducida o nula, algunos de baja o actividad media, y sólo unos pocos con actividad elevada.

El entorno sinóptico de los tres episodios analizados estuvo caracterizado por la presencia de una depresión aislada en niveles altos (DANA) con un núcleo frío en su centro (entre -14 °C y -18 °C en 500 hPa) en las cercanías de la Península Ibérica. Los análisis de presión en superficie y frontales correspondientes nuevamente a las horas más cercanas a los sucesos mostraban características más diferenciadas, aunque un elemento común a los tres era el flujo sinóptico de componente este, de intensidad débil a moderada, afectando a toda la Península. El estudio de los perfiles verticales de viento para la zona de Alcanar obtenidos del modelo mesoscalar de área limitada Harmonie-Arome corrobora que el flujo era componente este o sudeste hasta, extendiéndose hasta los 850 hPa e incluso llegando a los 500 hPa. El análisis termodinámico muestra que los tres episodios de inundaciones seleccionados no se han producido en entornos altamente inestables, al encontrarse alejados del núcleo frío de la DANA. Ello podría explicar el hecho de que la convección profunda en el nordeste peninsular fuera aislada, aunque, en donde se desarrolló, muy eficiente debido al alto contenido de humedad.

REFERENCIAS

- Llasat, M. C. et al. (2014): *Flash flood evolution in North-Western Mediterranean*. Atmos. Res., 149, 230–243.
Llasat, M. C. et al. (2021): *Convective precipitation trends in the Spanish Mediterranean region*. Atmos. Res., 257, 10558.
[1https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2021.105581](https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2021.105581)