

Metodología basada en generadores meteorológicos estocásticos para la estimación de avenidas extremas en escenarios de cambio global.

Carles Beneyto Ibañez^a, José Ángel Aranda Domingo^a y Félix Francés García^a

^a Universitat Politècnica de València, Instituto Universitario de Investigación de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente, c/ Vera s/n, 46008 Valencia, España. (carbeib@alumni.upv.es)

Línea temática | A - Hidrología y dinámica fluvial: caracterización de régimen regular y extremos, fenómenos de crecidas, cuencas y masas de agua continentales y de transición, dinámica de sedimentos en cursos fluviales y costas, estado ecológico, limnología, estudios de inundabilidad

RESUMEN

La adecuada estimación de cuantiles de alto periodo de retorno es indispensable para el correcto dimensionamiento de infraestructuras y para implementar protocolos de alerta de inundaciones. A pesar de que en los últimos años han surgido nuevos enfoques para su estimación, lo cierto es que las estimaciones actuales de estos cuantiles siguen presentando una elevada incertidumbre. La longitud de las series temporales y la baja densidad tanto de pluviómetros como de aforos constituyen la principal fuente de incertidumbre y uno de los principales desafíos a enfrentar en el análisis de frecuencia de inundaciones. Este desafío se agrava en regiones áridas y semiáridas, ya que la mayoría de los ríos en este tipo de climas presentan un comportamiento efímero, permaneciendo secos la mayor parte del tiempo y reaccionando rápidamente a los eventos de precipitación intensa típicos (Sistemas Convectivos de Mesoescala (MCS)).

Además, los modelos predicen un aumento en la frecuencia y magnitud de los eventos extremos (p. ej., Alfieri et al., 2017; Paprotny y Morales-Nápoles, 2017), lo que combinado con el desarrollo socioeconómico mundial conducirá a un aumento de las pérdidas por inundaciones resultantes de eventos de precipitación extrema en un futuro cercano (IPCC, 2022). Todo esto pone aún más de manifiesto la necesidad de elaborar metodologías que reduzcan la incertidumbre en las estimaciones de las avenidas de alto periodo de retorno.

Como resultado del rápido aumento de la capacidad informática, la combinación de métodos estadísticos y deterministas en una simulación sintética continua (CS) se está convirtiendo en uno de los enfoques más adoptados para el análisis de frecuencia de inundaciones (FFA) entre la comunidad científica. El uso conjunto de un Generador Meteorológico Estocástico (WG) y un Modelo Hidrológico (HM) permite la generación sintética de series de datos infinitas de cualquier variable hidrometeorológica. No obstante, los WGs deben ser alimentados con la cantidad de información adecuada para su correcto funcionamiento, especialmente cuando se trata de reproducir extremos (Soltani y Hoogenboom, 2003). La longitud de los registros actuales como la de las proyecciones climáticas son insuficientes para el correcto funcionamiento de los WGs. Esta falta de información exige la incorporación de información adicional sobre inundaciones (Merz y Blöschl, 2008a, 2008b). Esto incluye datos no sistemáticos (es decir, datos históricos y paleocrecidas) como en Benito et al. (2020), estudios regionales de precipitación máxima como en Evin et al. (2018) o la combinación de ambos como en Beneyto et al. (2020).

Este estudio presenta una nueva metodología que integra diferentes fuentes de información generada desde modelos hidrometeorológicos a una apropiada escala espaciotemporal para conseguir adecuada caracterización de las variables principales que deben ser consideradas en el análisis de frecuencia de inundaciones bajo escenarios de cambio global.

Siguiendo un enfoque similar al trabajo de Beneyto et al. (2020), la presente metodología sigue los siguientes pasos: (1) corrección de sesgo de los modelos climáticos; (2) realización de un estudio regional de precipitación máxima de las proyecciones de los modelos climáticos corregidas; (3) implementación de un generador meteorológico estocástico incorporando la

información del estudio regional; (4) implementación de un modelo hidrológico espacialmente distribuido; y (5) generación de series sintéticas de caudales y análisis. La Figura 1 muestra un esquema de la metodología propuesta.

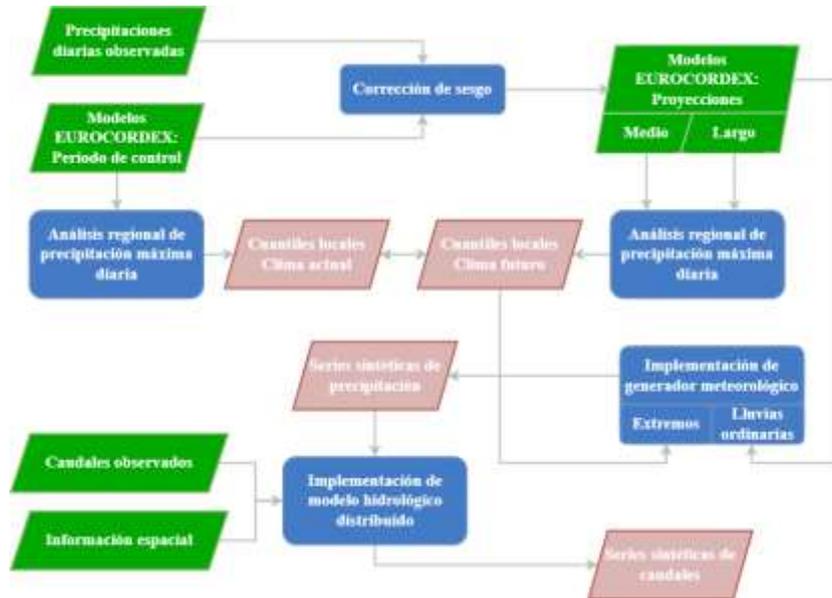


Figura 1 | Esquema de la metodología propuesta.

La metodología propuesta se implementó y evaluó en la cuenca de la Rambla de la Viuda, un río efímero típicamente mediterráneo ubicado en el este de España. El río tiene 36 km de longitud y una cuenca de 1513 km², naciendo en la confluencia del río Montlleó y la Rambla Carbonera y desembocando en el río Millars, cerca de su desembocadura en el mar Mediterráneo (Figura 2)

Los registros meteorológicos se obtuvieron de diferentes fuentes. La precipitación diaria así como las temperaturas máximas y mínimas observadas se obtuvieron del conjunto de datos de Spain02-v5 (Herrera et al., 2019; Kotlarski et al., 2017). Un total de 20 grids (Figura 2) que cubren la cuenca con registros diarios desde 1951 hasta 2015 (66 años). Las proyecciones climáticas se obtuvieron del proyecto EUROCORDEX, un total de 18 combinaciones diferentes de modelos globales y regionales para el escenario de emisiones RCP 8.5. En cuanto a los datos hidrológicos, estos se obtuvieron de la Confederación Hidrográfica del Júcar (CHJ). Dos aforos (Vall d'Alba y Montlleó) y dos estaciones en embalses (Alcora y María Cristina) donde se estimaron los caudales a partir del balance de nivel del embalse y los registros de caudales. La longitud de las series de caudales diarios oscila entre 57 años en el embalse de María Cristina y 14 años en el aforo de Montlleó.

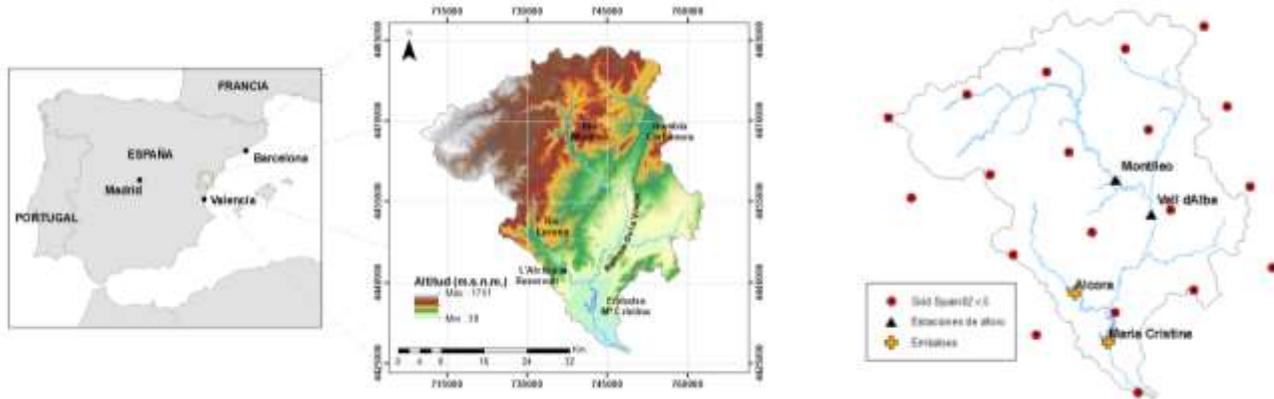


Figura 2 | Caso de estudio (izquierda) e información hidrometeorológica (derecha)

Los resultados preliminares obtenidos muestran, como se esperaba, un incremento substancial de las precipitaciones máximas para todos los cuantiles, tanto en la proyección a medio plazo (35-64) como la de largo plazo (65-94) con respecto a los cuantiles regionales de las observaciones (Figura 3). A pesar de la alta variabilidad entre los modelos, la tendencia al alza es clara para todos ellos, siendo más acusada para los cuantiles de periodo de retorno más alto, lo que sigue la línea de la mayoría de los estudios que predicen un incremento en la magnitud de las precipitaciones extremas como consecuencia del cambio climático. En cuanto a las temperaturas, éstas también experimentan un incremento substancial con relación a las observaciones actuales para ambas proyecciones.

Este incremento en la magnitud de los eventos de precipitación es trasladado a caudales, viéndose éstos incrementados de una manera importante para todos los cuantiles y, una vez más, de forma más evidente para los cuantiles de baja frecuencia. Este incremento en caudales, sin embargo, se ve ligeramente compensado debido a la disminución de la precipitación anual media y al aumento de las temperaturas, lo que se traduce en una mayor evapotranspiración y en una menor humedad de la cuenca previo a los episodios de tormenta. Todo esto evidencia la necesidad de tomar medidas urgentes para mitigar y adaptarse al posible incremento de magnitud de las futuras avenidas fluviales.

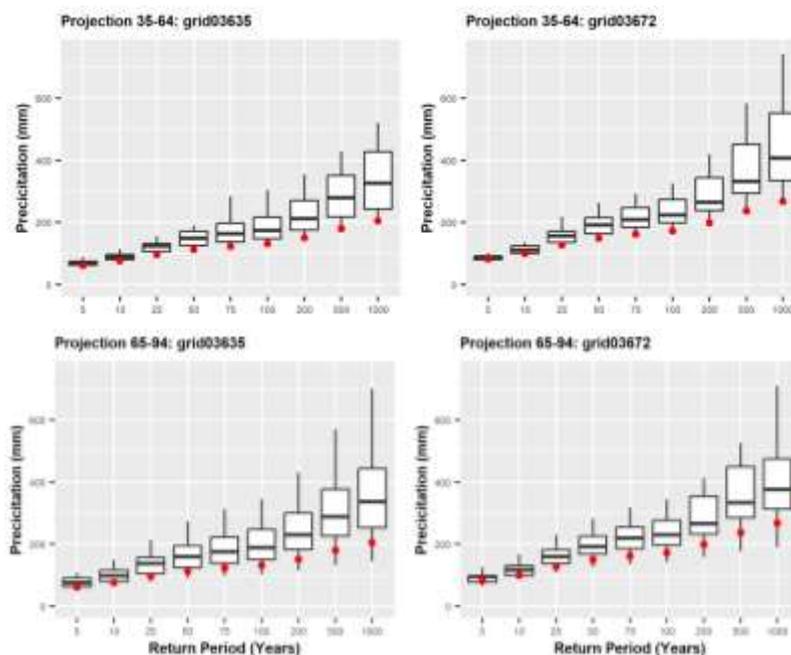


Figura 3 | Cuantiles regionales en periodo de control (rojo) y de los 18 modelos EUROCORDEX para la proyección a medio plazo (arriba) y largo plazo (bajo) para dos grids de la cuenca.

En resumen, el uso de generadores meteorológicos estocásticos junto con un modelo hidrológico distribuido puede proporcionar un enfoque realista para la estimación de caudales futuros considerando los efectos del cambio climático. Sin embargo, se necesitan series de datos de partida de precipitación y caudal extensas y fiables, que en la actualidad rara vez se encuentran disponibles en las observaciones y la longitud de las series que ofrecen los modelos de cambio climático no es suficiente.

La metodología presentada en Beneyto et al. (2020) demostró que la integración de información adicional en la implementación del WG reducía considerablemente la incertidumbre de las estimaciones de caudales de alto periodo de retorno. La presente metodología aplicada en el caso de estudio de la Rambla de la Viuda parte de esta idea para para estimar las avenidas extremas en escenarios de cambio climático, obteniendo resultados satisfactorios. Además, estas estimaciones no se limitan a los

lugares donde se disponen de estaciones de aforo, el uso de un modelo hidrológico distribuido proporciona datos fiables de caudales extremos en cualquier punto de la cuenca.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación de España a través del proyecto de investigación TETISCHANGE (RTI2018-093717-B-100). Los autores desean agradecer el apoyo de la Confederación Hidrográfica del Júcar, AEMET y el grupo de Meteorología de Santander (UNICAN) por facilitar los datos hidrometeorológicos utilizados en este trabajo.

REFERENCIAS

- Alfieri, L., Bisselink, B., Dottori, F., Naumann, G., de Roo, A., Salamon, P., Wyser, K., Feyen, L., 2017. Global projections of river flood risk in a warmer world. *Earth's Future* 5, 171–182.
- Beneyto, C., Aranda, J.Á., Benito, G., Francés, F., 2020. New approach to estimate extreme flooding using continuous synthetic simulation supported by regional precipitation and non-systematic flood data. *Water (Switzerland)* 12, 1–16.
- Benito, G., Sanchez-moya, Y., Medialdea, A., Barriendos, M., Calle, M., Rico, M., Sopena, A., Machado, M.J., 2020. Extreme Floods in Small Mediterranean Catchments : Long-Term Response to Climate Variability and Change. *Water (Switzerland)* 1–23.
- Evin, G., Favre, A.C., Hingray, B., 2018. Stochastic generation of multi-site daily precipitation focusing on extreme events. *Hydrology and Earth System Sciences* 22, 655–672.
- Herrera, S., Kotlarski, S., Soares, P.M.M., Cardoso, R.M., Jaczewski, A., Gutiérrez, J.M., Maraun, D., 2019. Uncertainty in gridded precipitation products: Influence of station density, interpolation method and grid resolution. *International Journal of Climatology* 39, 3717–3729.
- IPCC, 2022. IPCC AR6 WGII Sixth Assessment Report.
- Kotlarski, S., Szabó, P., Herrera, S., Rätty, O., Keuler, K., Soares, P.M., Cardoso, R.M., Bosshard, T., Pagé, C., Boberg, F., Gutiérrez, J.M., Isotta, F.A., Jaczewski, A., Kreienkamp, F., Liniger, M.A., Lussana, C., Pianko-Kluczyńska, K., 2017. Observational uncertainty and regional climate model evaluation: A pan-European perspective. *International Journal of Climatology* 3730–3749.
- Merz, R., Blöschl, G., 2008a. Flood frequency hydrology: 1. Temporal, spatial, and causal expansion of information. *Water Resources Research* 44.
- Merz, R., Blöschl, G., 2008b. Flood frequency hydrology: Combining data evidence. *Water Resources Research* 44, 1–16.
- Paprotny, D., Morales-Nápoles, O., 2017. Estimating extreme river discharges in Europe through a Bayesian network. *Hydrology and Earth System Sciences* 21, 2615–2636.
- Soltani, A., Hoogenboom, G., 2003. Minimum data requirements for parameter estimation of stochastic weather generators. *Climate Research* 25, 109–119.