

# La importancia del uso de funciones de distribución con colas pesadas y la agregación multidariaria para mejorar el rendimiento de los generadores meteorológicos estocásticos multivariados en cuencas Mediterráneas.

Carles Beneyto Ibañez<sup>a</sup>, José Ángel Aranda Domingo<sup>a</sup>, Gerardo Benito Ferrández<sup>b</sup> y Félix Francés García<sup>a</sup>

<sup>a</sup> 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](mailto:carbeib@alumni.upv.es))

<sup>b</sup> Departamento de Geología, Museo Nacional de Ciencias Naturales – CSIC, c/ José Gutiérrez Abascal, 2, 28006, Madrid (España)

**Línea temática** | 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, estado ecológico, limnología.

---

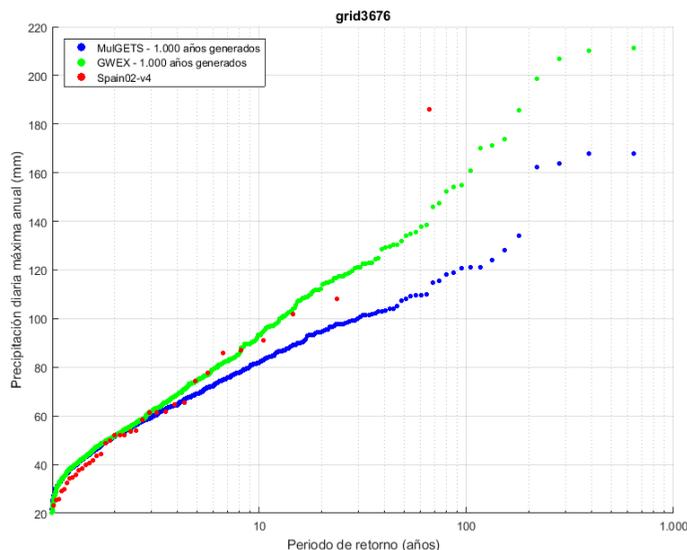
## RESUMEN

Las cuencas mediterráneas presentan una larga historia de devastadoras inundaciones como consecuencia del fenómeno que se conoce como "gota fría". Estos eventos extraordinarios se producen durante los meses de otoño y descargan enormes cantidades de precipitación en períodos de tiempo cortos (2-3 días) (Segura, 1990). Su complejidad física y su gran variabilidad temporal y espacial, junto con la limitada longitud de las series de datos de precipitación disponibles, hacen que los generadores meteorológicos estocásticos tengan problemas para reproducir éstos fenómenos meteorológicos de una manera satisfactoria. Este estudio pretende ser una contribución en este sentido, comparando el rendimiento de dos generadores meteorológicos estocásticos *multi-site* diarios con diferentes enfoques en una cuenca mediterránea semiárida española. Las series de datos de precipitación y temperaturas observadas utilizadas se obtuvieron a partir de SPAIN02\_v4 (Herrera et al., 2016), un conjunto de datos observacionales diarios interpolados en una rejilla regular de 0.1° utilizando un período de 37 años (1971-2007), escogiendo un total de once puntos de esta rejilla localizados dentro de nuestra área de trabajo. El área de estudio seleccionada fue La Rambla de la Viuda, una cuenca mediterránea de 1.522 km<sup>2</sup> situada en el este de España.

Los dos generadores meteorológicos estocásticos multivariados *multi-site* diarios empleados fueron MulGETS (Chen et al., 2014) y GWEX (Evin et al., 2018). Ambos modelos siguen el enfoque de Wilks (Wilks, 1998), donde la probabilidad de ocurrencia y la cantidad de precipitación se analizan y se tratan por separado. Sin embargo, mientras MulGETS ajusta las cantidades de precipitación simuladas a funciones de distribuciones de cola ligera (Multi-Gamma o Multi-Exponential), GWEX aplica una distribución de cola pesada, la E-GDP. Esta función de distribución se propuso por primera vez por Papastathopoulos y Tawn (2013), quienes se refirieron a ella como una extensión de la distribución generalizada de Pareto tipo III y, desde entonces, ha demostrado modelizar adecuadamente todos los rangos de intensidad de precipitación (Naveau et al., 2016). Además, una versión extendida de GWEX simula la precipitación en periodos de 3 días para luego desagregarla a escala diaria mediante el método de fragmentos. Para ambos generadores meteorológicos, todos los parámetros necesarios para la probabilidad de ocurrencia, intensidad y correlaciones espaciales y temporales fueron estimados para los datos observados. Consideramos que métodos robustos para la estimación de ciertos parámetros son necesarios cuando estamos tratando de reproducir los extremos de precipitación, Evin et al (2018) propone la estimación del parámetro de forma ( $\xi$ ) de la distribución E-GDP utilizando un método de regionalización parecido al de Evin et al (2016). En el presente trabajo, se tiene en cuenta el estudio realizado por el CEDEX (2011) en el que se establecieron regiones estadísticamente homogéneas y se elaboraron mapas de precipitación máxima para cada una de ellas. En nuestra cuenca de estudio, este parámetro de forma  $\xi$  fue calculado en base a este estudio y fue aplicado a todas los puntos de la rejilla ya que todos pertenecían a la misma región homogénea (i.e. región 82). Se crearon dos poblaciones;

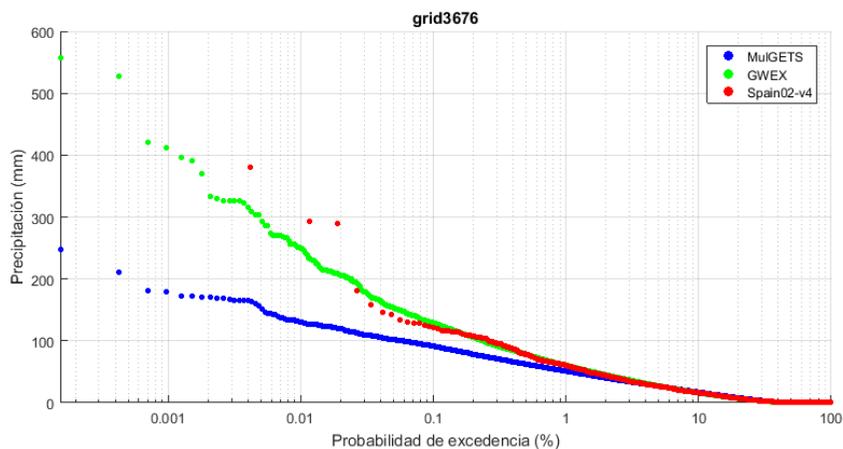
las precipitaciones durante los meses de septiembre, octubre y noviembre (SON): y las precipitaciones del resto de los meses. Este parámetro se estimó para la primera población y se fijó constante en 0.05 para segunda. A partir de todo lo anterior, se generaron 1000 años de precipitación y temperatura a escala diaria con MulGETS y con la versión extendida de GWEX.

En primer lugar, para el caso de la precipitación, los valores máximos diarios anuales y los acumulados máximos anuales en periodos de 3 días se calcularon tanto para los datos observados como para las dos simulaciones. Para analizar los resultados, se calcularon las funciones de distribución empírica o en inglés *plotting positions* para cada caso y se compararon. En el caso de MulGETS, se demostró que la distribución Multi-Gamma reproducía mejor la precipitación máxima anual y, por lo tanto, se descartó el ajuste Multi-Exponencial. Aun así, los extremos fueron claramente mejor reproducidos por GWEX, lo que demuestra que el uso de distribuciones de cola pesada mejora su rendimiento (Figura 1).



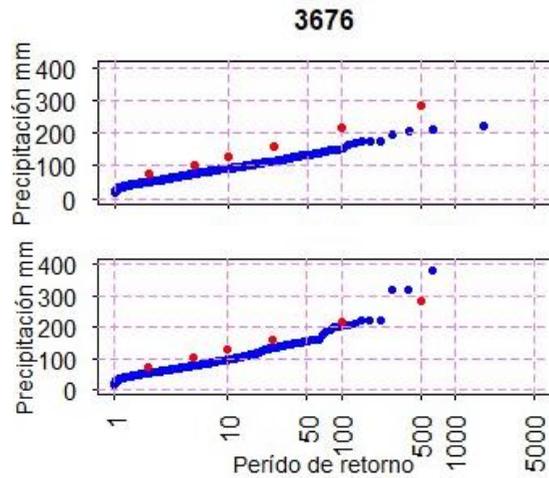
**Figura 1** | *Plotting positions* de las precipitaciones diarias máximas anuales en el punto de la rejilla de Spain02\_v4 “grid3676” con los datos de Spain02\_v4 y con los 1.000 años generados con MulGETS y con GWEX.

Con respecto a las cantidades de precipitación caídas en periodos de 3 días, éstas fueron claramente subestimadas por MulGETS, siendo menos apreciable para valores bajos de precipitación y más destacado para los valores más altos (Figura 2). Sin embargo, GWEX mostró mejores resultados en este sentido, aunque todavía subestima las precipitaciones asociadas a los periodos de retorno más altos, lo que se atribuye a la escasa longitud de la serie de precipitación de partida (37 años).



**Figura 2** | Probabilidad de excedencia de las precipitaciones diarias máximas anuales acumuladas en 3 días en el punto de la rejilla de Spain02\_v4 “grid3676” con los datos de Spain02\_v4 y con los 1.000 años generados con MulGETS y con GWEX.

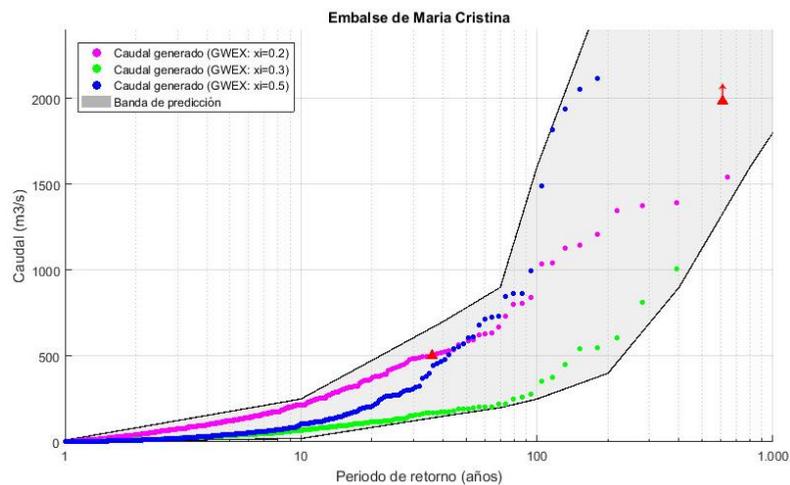
Además, como se puede observar en la Figura 3, la estimación del parámetro  $\xi$  en los meses SON introduce mejoras importantes en los valores máximos de precipitación anual asociados a periodos de retorno altos.



**Figura 3** | *Plotting positions* de las precipitaciones diarias máximas anuales en el punto de la rejilla de Spain02\_v4 "grid3676" de los mapas de precipitación máxima del CEDEX (rojo) y para los 1.000 años generados con GWEX (azul). Arriba: manteniendo  $\xi$  constante en 0.05 para todos los meses del año. Abajo: estimando el parámetro  $\xi$  para las precipitaciones de los meses SON

Por último, las series de precipitación y temperatura generadas se usaron como *input* para un modelo hidrológico distribuido llamado TETIS. Los caudales generados fueron comparados con datos de paleocrecidas obtenidos disponibles en la zona a partir del estudio de Machado et al. (2017). Como se puede apreciar en la Figura 4, los caudales generados por TETIS a partir de las lluvias simuladas con GWEX todavía están alejadas de nuestros caudales de comparación (i.e. datos de paleocrecidas), lo que se debe, además de la escasa longitud de la serie de precipitación de partida, a que se requiera una mejor calibración de los parámetros del modelo hidrológico.

No obstante, en la Figura 4 también se puede apreciar que la modificación del parámetro  $\xi$  en la función de distribución del generador meteorológico GWEX hace que los caudales generados por el modelo TETIS varíen, especialmente para cuantiles altos. Esto demuestra que el modelo ofrece una capacidad predictiva que será objeto de futuras líneas de investigación.



**Figura 4** | Caudales anuales instantáneos máximos simulados con TETIS a partir de las series de precipitación de 1000 años generadas con GWEX y con MulGETS y *plotting positions* de información de paleocrecidas (triángulos rojos).

---

## REFERENCIAS

- CEDEX, 2011. *Mapa de Caudales Máximos*. Memoria técnica, Madrid, 67 pp.
- Chen, J., Brissette, F.P. y Zhang, X.J. 2014. A multi-site stochastic weather generator for daily precipitation and temperature. *Transactions of the ASABE* 57, 1375-1391, doi:10.13031/trans.57.10685.
- Evin, G., Favre, A.-C. y Hingray, B. 2018. Stochastic generation of multi-site daily precipitation focusing on extreme events. *Hydrology and Earth System Sciences* 22, 655-672, doi: 10.5194/hess-22-655-2018
- Herrera, S., Fernández, J. y Gutierrez, J. M. 2016. Update of the Spain02 Gridded Observational Dataset for Euro-CORDEX evaluation: Assessing the Effect of the Interpolation Methodology. *International Journal of Climatology* 36, 900-908, doi: 10.1002/joc.4391.
- Naveau, P., Huser, R., Ribereau, P. y Hannart, A. 2016. Modeling jointly low, moderate, and heavy rainfall intensities without a threshold selection, *Water Resources Research* 52, 2753-2769, doi:10.1002/2015WR018552.
- Machado, M.J., Medialdea, A., Calle, M., Rico, M.T., Sánchez-Moya, Y., Sopena, A. y Benito, G. 2017. Historical palaeohydrology and landscape resilience of a Mediterranean Rambla (Castellón, NE Spain): Floods and people, *Quaternary Science Reviews* 171, 182-198, doi:10.1016/j.quascirev.2017.07.014
- Papastathopoulos, I. y Tawn, J. A. 2013. Extended generalised Pareto models for tail estimation, *Journal of Statistical Planning and Inference* 143, 131-143, doi:10.1016/j.jspi.2012.07.001.
- Segura Beltrán, F.S. 1990. *Las Ramblas Valencianas*. Departamento de Geografía, Universidad de Valencia. Valencia, ES
- Wilks, D.S. 1998. Multisite generalization of a daily stochastic precipitation generation model. *Journal of Hydrology* 210, 178-191, doi:10.1016/S0022-1694(98)00186-3.