

Representación espacio-temporal de la intensidad de lluvia para generación de escenarios de crecida de elevado periodo de retorno

B. Hidrología y gestión del agua. Riegos. Energía hidroeléctrica

Rafael García Bartual⁽¹⁾, Felix Frances García⁽¹⁾

(1) Catedrático de Ingeniería Hidráulica

Instituto de Ingeniería del Agua y del Medio Ambiente (IIAMA). Área de Hidráulica e Hidrología. Universidad Politécnica de Valencia. Cam. De Vera s/n 46022 Valencia.

[*rgarciab@hma.upv.es*](mailto:rgarciab@hma.upv.es)

1. Introducción

La forma más habitual de incorporar la lluvia en el análisis hidrológico es mediante chaparrones de proyecto, definidos para determinados periodos de retorno (T) preestablecidos. Este planteamiento tiene grandes ventajas. En concreto, el más conocido y empleado de los chaparrones de diseño, construido mediante bloques alternos de lluvia alrededor del máximo, constituye una síntesis de las estadísticas máximas de intensidades de lluvia dispuestas conforme a una hipótesis razonable de patrón temporal. Además, se deriva con facilidad directamente de las curvas I-D-F. La hipótesis de uniformidad espacial de la intensidad, reducida en su caso por un factor de reducción areal (ARF), permite extender sin problemas el planteamiento práctico a cuencas hidrográficas de cierta extensión. No obstante, cuando el tamaño de la cuenca analizada crece, la definición espacial del chaparrón adquiere más y más relevancia, en tanto que la citada hipótesis de uniformidad se hace menos realista, siendo entonces necesario introducir métodos que recojan y representen razonablemente la distribución de las intensidades de lluvia en el espacio y en el tiempo.

Se analizan y discuten aquí algunas estrategias prácticas para abordar la cuestión, detallándose una metodología para la asignación práctica de periodo de retorno a eventos de lluvia de alta definición espacio-temporal.

2. Alternativas de modelación más destacables

- a) Chaparrón de proyecto multidimensional: Al igual que se propone un patrón temporal para el chaparrón de determinado periodo de retorno, postular también un patrón espacial que complete ó extienda esta definición de la tormenta o chaparrón de proyecto sobre toda la cuenca.
- b) Registros históricos: Usar los registros históricos de las redes automáticas terrestres, para reconstrucción lo más fiable posible de la evolución espacial y temporal de las intensidades de lluvia mediante empleo de técnicas de interpolación espacial. El empleo adicional del radar será en este caso de extraordinario valor para la adecuada estimación y representación en el continuo espacio-temporal del campo de intensidades de lluvia.
- c) Modelos estocásticos: Emplear modelos estocásticos para generación de escenarios de lluvia sintéticos espacio-temporales, con determinadas características.

3. Discusión sobre las ventajas e inconvenientes principales

- a) Chaparrón de proyecto multidimensional: Esta alternativa es seguramente la más clara en su planteamiento ingenieril, dado que es fiel a una hipótesis de trabajo extendida en la práctica hidrológica habitual: Se puede definir un chaparrón de proyecto representativo de determinado periodo de retorno, por ejemplo, T=100 años, y dicho chaparrón es único. Un ejemplo conocido sería adoptar un patrón espacial con isoyetas elípticas consistentes con las curvas históricas pésimas I-D-A (intensidad-duración-área).

Por otro lado, es la alternativa más práctica, pues es innegable que este enfoque simplifica extraordinariamente los estudios e informes hidrológicos, en tanto que cada periodo de retorno tiene asociado un único evento.

Desde el punto de vista de la ciencia hidrológica, quizás constituya la estrategia más criticable de las tres mencionadas. Existen varios motivos para ello. En primer lugar, y como se deduce bien de la observación de las imágenes de radar y registros SAIH, la distribución espacio-temporal de la intensidad en los sucesos históricos presenta estructuras y evoluciones bien distintos al patrón único postulado. Además, lluvias históricas de similar magnitud (similar T), presentan patrones espaciales, variabilidad y extensión muy diversas. Finalmente, y este punto es el más determinante, dichas variaciones sobre la cuenca sí condicionan fuertemente la respuesta hidrológica. No sólo en el caudal pico, también en la duración, número de picos y en general patrón temporal del hidrograma, cuestión especialmente importante en el ámbito de la operación de presas.

b) Registros históricos: La fiabilidad y resolución de las redes SAIH, junto con los datos de radar cada vez más completos, representativos, y con calibraciones más precisas, permiten sin duda contar con estimaciones cada vez más aproximadas del campo de intensidades de precipitación en el espacio-tiempo. En particular, el empleo de técnicas apropiadas de tratamiento matemático para interpolación espacial óptima nos conduce a representaciones satisfactorias del campo de intensidades de precipitación.

Puede decirse por lo tanto que esta alternativa es la más sólida desde el punto de vista científico, y por supuesto totalmente recomendable a efectos de las aplicaciones en ingeniería hidrológica.

La limitación práctica está vinculada fundamentalmente a la cuestión del periodo de retorno T. En efecto, por un lado se hace necesario contar con un procedimiento para asignar a cada evento histórico un valor justificado de T. Esta operación no es trivial, por lo que es analizada con mayor profundidad en este trabajo.

En segundo lugar, una mayoría de aplicaciones exigen poder contar con *inputs* de lluvia de elevados periodos de retorno (T=100, T=1000, ..), condición que con frecuencia no cumplen los registros históricos espacio-temporales de alta resolución disponibles.

c) Modelos estocásticos: La alternativa de la modelación estocástica es costosa y tampoco exenta de problemas, tanto teóricos como prácticos. En efecto, esta estrategia de modelación está sujeta a varios inconvenientes. En primer lugar, tal y como sucedía con los eventos históricos, y a diferencia de la estrategia del chaparrón de proyecto, los modelos estocásticos no permiten establecer un valor de T “a priori” para definir el *input* de lluvia. Por lo tanto, de una u otra forma deben apoyarse en procedimientos para asignación “a posteriori” del periodo de retorno, y como es natural, éste difícilmente va ser exactamente T=100.

Otro inconveniente es que cualquier aplicación con modelos estocásticos, ya sean modelos temporales (de punto geográfico) ó modelos espacio-temporales, va a requerir un coste computacional y en general un coste en tiempo y recursos humanos incomparablemente mayor que la estrategia a). No sólo por la complejidad intrínseca que pueda tener el modelo estocástico de precipitación, sino principalmente debido a la necesidad derivada de realizar las transformaciones lluvia-escorrentía en un amplio espectro de escenarios de lluvias o tormentas sintéticas, con el consiguiente incremento del horizonte de análisis posterior.

Desde el punto de vista hidrológico, obviamente la calidad ó representatividad de las tormentas sintéticas es obviamente inferior a las reconstrucciones de episodios históricos. No obstante, presentan el interesante atractivo de proponer múltiples escenarios posibles, consistentes con ciertas propiedades estructurales internas características de los eventos lluviosos extremos, en un planteamiento acorde con la realidad hidrológica diversa y múltiple existente en la naturaleza. Son por lo tanto representaciones más realistas que las contempladas por la estrategia a).

4. Asignación de periodo de retorno a una tormenta multidimensional

La utilidad práctica de las alternativas b) y c) queda condicionada a la necesidad de asignación rigurosa de periodo de retorno. El procedimiento propuesto para dicha estimación de T es la siguiente:

Cálculo del hietograma promedio areal sobre la cuenca. Sobre este hietograma, se calcula la curva I-D empírica, y el valor de P_D puntual equivalente $P_D eq.$, el cual se introduce en el análisis regional de máximos, $F(P_D)$.

$$P_D eq = \frac{24 \cdot I_x}{ARF} \quad T = \frac{1}{1 - F(P_D eq)}$$

siendo I_x (mm/h) un valor de la curva I-D anterior, siendo por defecto es $x=28$ h (consistente con la curva I-D-F de J.R.Témez), o bien extraído de las estadísticas – SAIH, en la zona [“x” comprendido entre 24 y 32 horas].

5. Conclusiones

Se propone el uso práctico en estudios hidrológicos de crecidas de episodios ó *inputs* de lluvia espacio-temporales, tanto a partir de registros ó tormentas históricas multidimensionales como de tormentas sintéticas a partir de modelos estocásticos de precipitación. En ambos casos, se requiere una correcta y rigurosa asignación de periodo de retorno sobre la base de los estudios regionales de máximos anuales de precipitación diaria. Además, con herramientas de modelación hidrológica distribuida avanzadas y una adecuada metodología para enmarcar probabilísticamente todos y cada uno de los eventos sintéticos (asignación de T), el uso de este enfoque tiene un importante potencial en estudios hidrológicos de crecidas, inundabilidad, diseño y dimensionamiento de infraestructuras hidráulicas, normas de explotación y gestión de crecidas en presas.