

Simulación continua con cambio de escala temporal para la estimación de la humedad inicial en predicciones hidrológicas tempranas

(Tema B - Hidrología y gestión del agua)

José María Sanz de Galdeano¹, Ángel Eraso Alberdi¹, Christian Stocker¹, David Ocio Moreno², Óscar de Cos Mier²

¹AGENCIA VASCA DEL AGUA. C/Orio, 1-3. 01010 – Vitoria-Gasteiz (Álava)

²SENER INGENIERÍA Y SISTEMAS S.A. Avda. Zugazárte, 56. 48930 – Las Arenas (Vizcaya)

Correo electrónico: david.ocio@sener.es

La estimación fiable de las condiciones de humedad antecedente existentes en una determinada cuenca con anterioridad a la ocurrencia de un evento extremo de avenida sigue siendo en la actualidad uno de los principales problemas a la hora de abordar previsiones hidrológicas en tiempo real, sobre todo en eventos de generación rápida, en los que se no dispone del tiempo suficiente para efectuar correcciones de los modelos matemáticos por comparación de sus resultados con los registros de aforo. Por otro lado, los continuos avances en la predicción meteorológica permiten disponer de estimadores cada vez más fiables de la precipitación a corto plazo, que pueden emplearse para establecer alertas o iniciar medidas de protección antes incluso de que comience la respuesta hidrológica de la cuenca. Para ello también se requiere conocer cuál es la condición de humedad real en el momento inicial del cálculo.

Varias son las técnicas disponibles para conseguir la solución deseada, pudiéndose agrupar fundamentalmente en dos familias: las que suponen la adopción de valores empíricos o calibrados de la humedad al inicio del evento y las que descansan en una simulación continua de la fase terrestre del ciclo hidrológico. Dentro del primer grupo destacan las que emplean medidas reales de la humedad mediante lisímetros en puntos discretos de la cuenca, distribuyéndose posteriormente a lo largo de la misma mediante técnicas de interpolación espacial o a partir de tendencias históricas. No obstante, las medidas reales no son siempre fácilmente transportables a los modelos matemáticos de simulación, que, en función de su complejidad, suelen disponer de varios parámetros relacionados con la humedad. Recientemente ha cobrado también importancia la teledetección como alternativa factible para la obtención de la distribución espacial de la humedad inicial para toda la cuenca de estudio en el instante de inicio del cálculo, si bien mediante el empleo de imágenes de satélite solo es posible caracterizar la parte más superficial del suelo (2-5 cm), lo que contrasta con el espesor típico de los horizontes (1-2 m).

Existe a su vez la posibilidad de calibrar de manera automática la humedad inicial mediante algún algoritmo de optimización que implique la maximización de cierta función objetivo basada en el error observado entre simulación y aforo. Lógicamente, esto sólo puede realizarse en algún punto de la rama de ascenso del hidrograma, lo que retrasa el instante de previsión y reduce las posibilidades de actuación. Además, ésta opción sólo permite aplicar condiciones de humedad homogéneas en toda la cuenca aforada, ignorando así la usual variación espacial de la humedad en función de la regionalización climática del territorio y su efecto en la escurrentía.

En el segundo grupo, la estimación de las condiciones de humedad inicial procede de la simulación durante un intervalo variable de tiempo antes de la ocurrencia del evento (periodo de calentamiento), lo suficientemente extenso como para que la humedad final (antecedente del episodio) no dependa de los valores iniciales adoptados. Esta técnica puede además combinarse con algoritmos continuos de corrección del estado de humedad inicial (filtro de Kalman por conjuntos u otros) que sean capaces de estimar las desviaciones más probables de las precipitaciones y evapotranspiraciones a lo largo del periodo de calentamiento, corrigiéndolas de forma que la fiabilidad de las condiciones de humedad antecedente finalmente adoptadas se incremente notablemente.

Esta línea de investigación es la que mejores resultados ha logrado hasta la fecha, si bien, en función del modelo hidrológico empleado, la transposición de los valores de la humedad será más o menos directa, lo que condicionaría su operatividad en tiempo real. En cualquier caso, el principal inconveniente para la aplicación de esta técnica en la previsión hidrológica temprana es la cantidad de información necesaria y el tiempo de computación requerido durante el periodo de calentamiento. Usualmente esto implica un cambio de escala temporal (diario-mensual a

horario-diezminutal) o incluso espacial (simulación de cuenca general para obtención de humedad en una de sus subcuencas), lo que por otra parte lleva asociado problemas de consistencia que es necesario abordar.

En este sentido, en la presente comunicación se analizan las posibilidades de dos modelos hidrológicos de simulación continua, de similares características distribuidas pero con diferente filosofía de cálculo: el TETIS de la Universidad Politécnica de Valencia, de tipo conceptual, y el MIKE-SHE del Danish Hydraulic Institute, de tipo físicamente basado, para el desarrollo de previsiones hidrológicas tempranas, es decir, anteriores al inicio de la escorrentía.

Como ejemplo de aplicación se ha seleccionado la cuenca vertiente al embalse de Ullibarri, de 273 km² de superficie, situada en la cabecera del río Zadorra (cuenca Ebro). Dicha cuenca presenta episodios recurrentes de avenida, incluso con combinación de fusión nival, que deben ser gestionados de forma óptima por los órganos de desagüe controlados de la presa para minimizar los posibles daños en el núcleo urbano de Vitoria-Gasteiz, ubicado aguas abajo y que recibe también las aguas de una intercuenca de 234 km². La importancia de los desembalses preventivos en este caso resulta crucial para evitar la concurrencia de picos de crecida. En consecuencia, se requiere disponer de previsiones fiables de las aportaciones de entrada al embalse esperables con anterioridad al inicio de las lluvias.

La metodología de estudio comprende el retroanálisis de varios episodios históricos de crecida, procediéndose a estimar las condiciones de humedad antecedente mediante simulación previa de un periodo de calentamiento, trasposición de la distribución espacial del estado de humedad de la cuenca, cambio de escala temporal y simulación del periodo de previsión. Al conocerse las precipitaciones reales registradas durante cada evento, se elimina del estudio la incertidumbre de las predicciones meteorológicas, por lo que se puede evaluar el comportamiento de los modelos mediante comparación directa de los hidrogramas simulados y observados. De esta forma se puede además establecer la duración mínima del periodo de calentamiento para asegurar que las condiciones iniciales adoptadas por el usuario dejen de tener influencia.

Adicionalmente se analiza el efecto del cambio de escala en los dos modelos aplicados, lo que en la práctica conlleva la modificación de parámetros en el conceptual (TETIS), dada la influencia del paso de cálculo en las analogías matemáticas adoptadas. Por el contrario, en el modelo de base física (MIKE-SHE) se observa cómo las modificaciones requeridas son mínimas, lo que estaría en consonancia con la propia formulación utilizada, que es capaz de representar con mayor rigor los procesos acontecidos en el suelo mediante la resolución de sus ecuaciones constitutivas. Esta característica permite que el modelo pueda a su vez adaptarse mejor a situaciones hidrológicas particulares, como por ejemplo lluvias intensas sobre suelo seco, lo que incrementa su fiabilidad en la generación de previsiones.