

Evaluación de la respuesta numérica en la simulación de escorrentía con ecuaciones de aguas poco profundas en una cuenca pirenaica

Tema M, tema B

Caviedes-Voullième, D., Murillo, J., García-Navarro, P.

Universidad de Zaragoza

daniel.caviedes@unizar.es

Los procesos de escorrentía en escala cuenca se han representado muchas veces con métodos empíricos y modelos agregados con el objetivo de obtener hidrogramas en respuesta a una tormenta y su posterior utilización con fines de diseño. El modelo de aguas poco profundas en 2D es una opción evidente para realizar la modelización de la escorrentía en cuencas desde una perspectiva distribuida, considerando una mayor complejidad en los procesos físicos. Su uso, sin embargo, muchas veces está limitado por la resolución espacial de la información disponible para aprovechar las capacidades del modelo y obtener buenos resultados así como por la dificultad de calibrar los parámetros que se requieren y por el tiempo de cálculo. En este estudio se utiliza un modelo de aguas poco profundas para simular la respuesta de una cuenca pirenaica instrumentada en un evento de tormenta. Se pretende comprender la interacción del modelo numérico con los distintos parámetros que pueden impactar la calidad de la simulación de la escorrentía, como paso previo a la formulación de un modelo hidrológico integrado de la cuenca a nivel superficial y subterráneo.

Las ecuaciones de aguas poco profundas requieren la solución por métodos numéricos. En este caso, se utiliza un esquema numérico basado en volúmenes finitos de primer orden, explícito y upwind. Es conocido que las soluciones obtenidas a partir de esquemas de volúmenes finitos dependen de forma significativa de la malla de cálculo. Influyen en los resultados varias propiedades de la malla, tales como el tamaño y tipo de celda (triangular, rectangular, etc), y la estructura general de la malla. Es claro también que a mayor número de celdas, mayor tiempo de cálculo, un tema de especial interés ya que la complejidad del terreno de las cuencas de montaña requiere normalmente un gran número de celdas. También debe considerarse que la formulación explícita del esquema requiere satisfacer la condición CFL y por tanto implica una restricción al paso de tiempo más severa conforme la malla es más fina. La resolución máxima de la malla de cálculo está gobernada por la información topográfica con la que se cuenta para representar la cuenca y, en general, no es una variable bajo el control del modelador. Sin embargo, el tipo de celda y la estructura de la malla sí pueden ser definidas por el modelador. Es por tanto importante explotar el control de dichas variables para obtener una malla que represente adecuadamente el terreno y los fenómenos hidráulicos minimizando el número de celdas, maximizando su tamaño y refinando donde es necesario. En este estudio se investigan los efectos de utilizar distintas resoluciones de malla en conjunto con utilizar mallas estructuradas con celdas cuadradas o triangulares y mallas no estructuradas triangulares, tanto en configuraciones homogéneas como adaptadas al terreno, refinando apropiadamente en las zonas más complejas para optimizar la relación entre resolución y tiempo de cálculo.

En cuanto a parámetros hidráulicos e hidrológicos, es necesario caracterizar la respuesta de un modelo de aguas poco profundas a los parámetros que están supeditados a la decisión del modelador, y así contar con recomendaciones para la toma de decisiones respecto a los escenarios de simulación. En este estudio se busca evaluar la respuesta del modelo a la representación del rozamiento por medio del coeficiente de Manning y a los parámetros de infiltración del método SCS.

La metodología seguida consiste en abstraer inicialmente el problema de la simulación de la escorrentía en la cuenca real, y analizar de manera independiente los efectos causados por la malla, por el rozamiento y por la infiltración, con el fin de contar con una variedad de casos que permitan observar la magnitud de las variaciones por uno u otro parámetro.

Los casos simulados confirman que la selección de la malla es un factor de importancia. La selección inadecuada, o la manipulación poco cuidadosa de la malla resulta en una representación deficiente del terreno, lo cual repercute en el caudal máximo en el punto de aforo y el tiempo de llegada de dicho caudal máximo. Estos fenómenos son comparables con los efectos del rozamiento. La apropiada selección de la malla permite minimizar el tiempo de cálculo sin comprometer la calidad de los resultados, tanto en lo que respecta al hidrograma de salida como a la distribución espacial de la lámina de agua escurrida.

REFERENCIAS

Burguete, J., García-Navarro, P., Murillo, J. “Friction term discretization and limitation to preserve stability and conservation in the 1D shallow-water model: Application to unsteady irrigation and river flow”. *International Journal for Numerical Methods in Fluids*. 54 (2008) 403-425.

Hromadka II, T.V., Whitley, R.J., Jordan, N., Meyer, T. “Manning's equation and two-dimensional flow analogs”. *Journal of Hydrology*. 389 (2010) 177-185.

Horrit, M.S. “A linearized approach to flow resistance uncertainty in a 2D finite volume model of flood flow”. *Journal of Hydrology*. 316 (2006) 13-27.

Horrit, M.S., Bates, P.D., Mattinson, M.J. “Effects of mesh resolution and topographic representation in 2D finite volume models of shallow water fluvial flow”. *Journal of Hydrology*. 329 (2006) 306-314.

Lana-Renault, N. “Respuesta hidrológica y sedimentológica en una cuenca de montaña media afectada por cambios de cubierta vegetal: la cuenca experimental de Arnás, Pirineo Central”. Tesis doctoral. *Universidad de Zaragoza*. 2007.

López-García, D. “Desarrollo de un modelo hidrológico/hidrodinámico de simulación de procesos de erosión y sedimentación”. Tesis doctoral. *Universidad de Zaragoza*. 2011.

Murillo, J., Burguete, J., Brufau, P., García-Navarro, P. “The influence of source terms on stability, accuracy and conservation in two-dimensional shallow flow simulation using triangular finite volumes”. *International Journal of Numerical Methods in Fluids*. 54 (2007) 543—590.

Murillo, J, García-Navarro, P. “Weak solutions for partial differential equations with source terms: Application to the shallow water equations”. *Journal of Computational Physics*. 229 (2010) 4327-4368.

Murillo J, García-Navarro, P., Burguete, J., Brufau, P. “A conservative 2D model of inundation flow with solute transport over dry bed”. *International Journal of Numerical Methods in Fluids*. 52 (2006) 1059-1592.

Schubert, J.E., Sanders B.F., Smith, M.J., Wright, N.G. “Unstructured mesh generation and landcover-based resistance for hydrodynamic modeling of urban flooding”. *Advances in Water Resources*. 31 (2008) 1603-1621

Serrano, A. “Simulación numérica bidimensional de procesos hidrológicos e hidráulicos sobre lecho irregular deformable”. Tesis doctoral. *Universidad de Zaragoza*. 2009.