

Modelización hidrológica agregada (Hec-HMS) y distribuida (Iber). Análisis conceptual de la respuesta hidrológica de la cuenca de La Muga

Olivares, G. J.^{a1}, Sanz-Ramos, M.^{a2}, Gómez, M.^{a3}, Bladé, E.^{a4}

^{a1}Institut Flumen (UPC-CIMNE). C/ Jordi Girona 1-3, 08034, Barcelona (España), E-mail: ^{a1}gonzalo.olivares@upc.edu, ^{a2}marcos.sanz-ramos@upc.edu, ^{a3}manuel.gomez@upc.edu, ^{a4}ernest.blade@upc.edu

Línea temática | A. Hidrología y dinámica fluvial

RESUMEN

La modelización numérica presenta innumerables ventajas, y en particular para analizar la respuesta hidrológica de una cuenca. Hoy en día existe gran cantidad de softwares y códigos hidráulicos-hidrológicos que permiten modelizar cuencas con bastante detalle, y con un alto grado de confianza en los resultados. Así mismo, diferentes metodologías permiten que la modelización se adapte a los diferentes objetivos a estudiar. Es entendible que, dependiendo de la duración de la modelización, el tamaño de cuenca y los datos de entrada, se apliquen unas u otras herramientas para obtener unos resultados fidedignos.

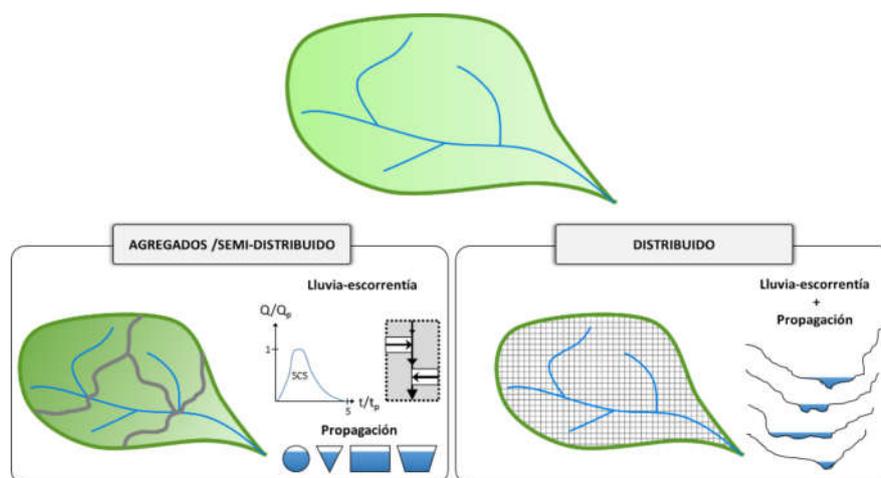


Figura 1 | Conceptualización de la discretización espacial de la cuenca: modelos agregados o semi-distribuidos y modelos distribuidos.

Los modelos hidrológicos se pueden clasificar según la discretización de la cuenca (Figura). Por un lado están los modelos distribuidos, y por otro los modelos agregados, que en muchos casos pueden considerarse como modelos semi-distribuidos (Chow, Maidment y Mays, 1988). Los primeros (distribuidos) se caracterizan en que la discretización de la cuenca (parametrización) se realiza a nivel de celda, alcanzando un nivel de detalle mucho más detallado del sistema. Esto es una ventaja a nivel descriptivo, pero también puede convertirse en desventaja cuando la información disponible es escasa. Los segundos (agregados) agrupan los parámetros que definen la física del sistema hidrológico, es decir, los procesos físicos de la cuenca se asumen constantes en todo el dominio (cuenca) o subdominios (subcuentas). Así pues, una limitación intrínseca de los modelos agregados es que no son capaces de representar detalladamente la física del sistema hidrológico, cosa que sí es posible con los modelos distribuidos.

A la hora de elegir entre uno u otro modelo, se deben tener presentes los parámetros hidrológicos y modelos de transformación lluvia-escorrentía que incorporan, y si éstos están en concordancia con los objetivos del estudio. En función de los datos de partida, debemos preguntarnos si es adecuado asumir un nivel de detalle muy elevado, o en caso extremo, si es posible representar el comportamiento del sistema hidrológico en ausencia de datos de calidad (Beven, 2012). Un claro

ejemplo de esta situación es el modelo de pérdidas conocido como el Número de Curva (USDA, 1986), el cual define la retención máxima en el suelo a través de una sola variable. El modelo no se ocupa de analizar cómo la precipitación es retenida en el suelo, ni cómo se distribuye dentro de él, sino que solo se considera como una pérdida total que se resta del sistema. Bajo esta perspectiva es posible que un modelo agregado sea de mayor utilidad que un modelo distribuido. En otro orden de ideas, la duración de la simulación es un factor muy importante cuando se elige una u otra metodología de trabajo. Simulaciones a medio-largo plazo exigen una caracterización detallada del sistema hidrológico, en especial de las propiedades del suelo. Esto se debe fundamentalmente a que los movimientos del agua en superficie y subterráneos no siguen un mismo comportamiento. La escorrentía superficial corresponde a la respuesta directa de la cuenca ante un evento de precipitación, mientras que la escorrentía diferida (agua subterránea) no reacciona instantáneamente al evento de precipitación, y su incorporación a los flujos superficiales (ríos, masas de agua, etc.) se realiza más lentamente. Por otro lado, simulaciones a corto plazo, donde se puede descartar la caracterización en profundidad de los movimientos del agua, pueden llevarse a cabo a través de modelos conceptualmente más simples. En este sentido, el método del Número de Curva se ha popularizado ya que todo el proceso de transformación lluvia-escorrentía se realiza a través de una sola variable (abstracción inicial), permitiendo obtener la respuesta inmediata de la cuenca ante un evento corto de lluvia con resultados aceptables.

El presente trabajo tiene por objeto analizar la respuesta hidrológica de 4 eventos de lluvia reales en la cuenca de La Muga. Para ello se han empleado dos modelos, el modelo hidrológico semi-distribuido HEC-HMS (USACE, 2000) y el modelo hidráulico-hidrológico distribuido Iber (Bladé et al., 2014; Cea y Bladé, 2015). Se ha estudiado la influencia en términos conceptuales de parámetros intrínsecos a la modelización hidrológica agregada o semi-distribuida (tiempo de concentración y discretización espacial en distintas subcuencas) y a la modelización hidráulica-hidrológica distribuida (tamaño de malla y límite seco-mojado), empleando el CN obtenido para los eventos en Sanz-Ramos et al. (2017).

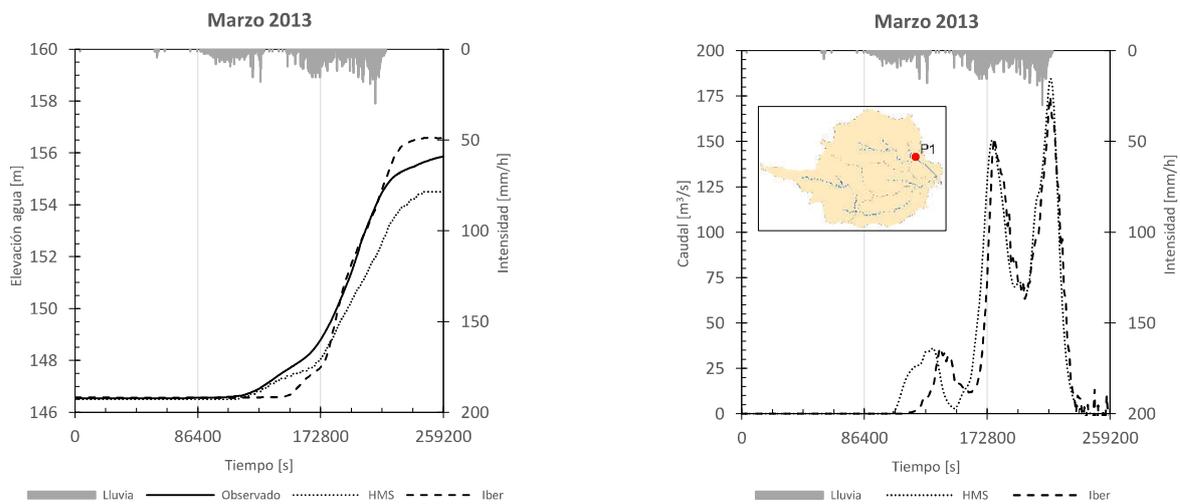


Figura 2 | Evento del 4, 5 y 6 de marzo de 2013. Evolución de la lámina de agua en el embalse (izq.) y comparación numérica de caudales aportados en la subcuenca P1 (dcha.).

Los resultados numéricos se compararon con datos de elevación de agua en el embalse, mostrando que existen diferencias considerables en función de los parámetros escogidos (± 2 metros). Asimismo, se comparó numéricamente el caudal aportado por cada subcuenca, lo que permitió analizar la influencia de los parámetros y ecuaciones empleados en términos de propagación del hidrograma en el cauce (Figura).

Ambos tipos de modelos realizan de igual manera el proceso de transformación lluvia-escorrentía, sin embargo, presentan notables diferencias a nivel conceptual, en general, y en cómo realizan la propagación de la onda de avenida, en particular. Los modelos agregados tienden a simplificar el proceso de laminación del hidrograma resultante, que en cauces poco sinuosos puede brindar un resultado satisfactorio. Por el contrario, los modelos distribuidos no presentan esta limitación ya que incorporan la topografía en detalle y, por tanto, el cauce y sus llanuras de inundación. Aunque los modelos

agregados son conceptualmente más sencillos, su construcción y manejo está sujeta a la experticia del operador. En cambio, en los modelos distribuidos basados en modelos hidráulico-hidroológicos no es necesario definir parámetros como el tiempo de concentración, el tipo de sección y/o método de propagación, etc., factores que agilizan el proceso de construcción y hace que los resultados sean menos dependientes del modelador (que solo debe ceñirse a definir el tamaño de celda). En modelos basados en el métodos de volúmenes finitos, MVF (Cea y Vázquez-Cendón, 2009; LeVeque, 2002), los tiempos de cálculo son muy superiores en comparación con los modelos agregados, sin embargo se puede conseguir un nivel de detalle hidrológico adecuado, así como información hidráulica (inundación), con tiempos de cálculo apropiados, incluso para estudios de previsión de inundaciones (Sanz-Ramos et al., 2018).

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Euroregión Pirineos – Mediterráneo la co-financiación del presente proyecto en el marco de ayudas de 2014 “*Gestión del agua – Gestión del riesgo (inundaciones, sequías, sumersión...)*”, así como a la Agència Catalana de l’Aigua por los datos y asistencia proporcionada durante el proyecto.

REFERENCIAS

- Beven, K., 2012. Rainfall-Runoff Modelling. The primer, Neural Networks for Hydrological Modeling. John Wiley & Sons, Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex, PO19 8SQ, UK. doi:10.1201/9780203024119.ch9
- Bladé, E., Cea, L., Corestein, G., Escolano, E., Puertas, J., Vázquez-Cendón, E., Dolz, J., Coll, A., 2014. Iber: herramienta de simulación numérica del flujo en ríos. Rev. Int. Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ing. 30, 1–10. doi:10.1016/j.rimni.2012.07.004
- Cea, L., Bladé, E., 2015. A simple and efficient unstructured finite volume scheme for solving the shallow water equations in overland flow applications. Water Resour. Res. 51, 5464–5486. doi:10.1002/2014WR016259
- Cea, L., Vázquez-Cendón, M.E., 2009. Unstructured finite volume discretization of two-dimensional depth-averaged shallow water equations with porosity. Int. J. Numer. Methods Fluids 63, 903–930. doi:10.1002/fld.2107
- Chow, V.T., Maidment, D.R., Mays, L.W., 1988. Applied Hydrology. MCGRAW-HILL, USA.
- LeVeque, R.L., 2002. Finite Volume Methods for Hyperbolic Problems. Cambridge Texts Appl. Math. 31.
- Sanz-Ramos, M., Amengual, A., Bladé, E., Romero, R., Roux, H., 2018. Flood forecasting using a coupled hydrological and hydraulic model (based on FVM) and highresolution meteorological model. E3S Web Conf. 40. doi:10.1051/e3sconf/20184006028
- Sanz-Ramos, M., Blade, E., Amengual, A., Romero, R., Roux, H., 2017. Implementation and calibration of a distributed hydrological model based on the finite volume method, in: 10th HyMeX Workshop. Barcelona, Spain, pp. 142–143.
- USACE, 2000. Hydrologic Modeling System HEC-HMS. Technical Reference Manual. US Army Coprs of Engineers, Institute for Water Resources, Hydrologic Engineering Center. Dacis, CA, USA.
- USDA, 1986. Urban hydrology for small watersheds. Technical Release 55 (TR-55) (Second ed.). Natural Resources Conservation Service, Conservation Engineering Division. 210-VI-TR-55, Second Ed., June 1986.