

ESTRATEGIA DE SIMULACIÓN DISTRIBUIDA EN CUENCAS DE GRAN TAMAÑO

V.A. Lopera, N. Velásquez, S.P. Salamanca y J.I. Vélez

Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, Colombia.

E-mail: valoperam@unal.edu.co, nvelasqg@unal.edu.co, sapsalamancaji@unal.edu.co, jivelezu@unal.edu.co

Introducción

Para entender los procesos que ocurren a escala de cuenca se han desarrollado diferentes modelos lluvia-escorrentía (Bormann & Diekkrüger, 2003). Dichos modelos pueden ser clasificados mediante tres criterios: descripción del proceso, escala y técnicas empleadas para la solución (Singh, 1995). En cuanto a la descripción del proceso se considera que existen modelos agregados y modelos distribuidos. Los modelos agregados simplifican la variabilidad espacial de diferentes características de la cuenca (Bormann & Diekkrüger, 2003), como los son las asociadas al suelo, a la cobertura, morfología, entre otras. Sin embargo, cuando las cuencas se encuentran con poca instrumentación y los datos disponibles son limitados son una herramienta de gran utilidad. Por otra parte, los modelos distribuidos permiten tener una mejor representación de la variabilidad espacial dentro de las cuencas, sin embargo, requieren de un mayor esfuerzo computacional (Bormann, H., & Diekkrüger, B. 2003).

En cuencas de gran tamaño se emplean modelos agregados, o modelos distribuidos con resoluciones espaciales bajas y/o periodos de simulación y resolución temporal limitados (Zuliziana, Tanuma, Yoshimura & Saavedra, 2005; Tucci & Collischonn, 2001; Kumm, 2008). La modelación hidrológica es una componente indispensable en la gestión y administración de los recursos hidráulicos en grandes cuencas (Larentis, Collischonn, Tucci & Cobalchini, 2003), ya que ayuda a comprender su estado actual, los cambios que han sufrido en el tiempo y proveen una forma de predecir las implicaciones de posibles afectaciones en las mismas (Johnston & Smakhtin, 2014). El uso de éstos modelos de baja resolución impide la comprensión de los procesos que involucran la geomorfología de la cuenca, la cobertura del suelo, y otros aspectos que hacen que estas cuencas sean hidrológicamente heterogéneas (Singh, 1995).

Al emplear la estrategia de una resolución espacial baja en el MDE (Modelo digital de elevación) (celdas de mayor tamaño) se afectan características morfológicas de la cuenca, tales como la rugosidad y la pendiente (Guoan, Mudan, Tianwen, Yongmei, Ting, 2003), con cambios representativos en la simulación de sedimentos y en menor medida en la escorrentía (Wang & Lin, 2011). En este aspecto algunos autores sugieren trabajar con tamaños de celda inferiores a 30 y 90 m (Sharma, Tiwari & Bhadoria, 2011; Cui, Li, Huang, G. & Huang, Y., 2014).

En el presente trabajo se explora una estrategia para simulación hidrológica y de sedimentos en una cuenca tropical grande (21.218 km²). Para ello se emplea el sub módulo hidrológico y el de sedimentos del modelo hidrológico contenido en el software WMF (Watershed Modelling Framework) (<https://github.com/nicolas998/WMF>). El componente hidrológico se deriva del modelo TETIS (Vélez, 2001), y el sedimentológico del CASC2D-SED (Julien, 1995). La cuenca es dividida en 7 partes con áreas similares (2000 a 3000 km²), donde las cabeceras son simuladas en primer lugar y los datos de salida son transitados a la zona aguas abajo. Para este fin se ha realizado una modificación mediante la cual una gran cuenca se conforma de sub-cuencas conectadas de forma topológica. Tanto la hidrología como los sedimentos son calibrados con datos de caudal y sedimentos en cada una de las zonas de la

cuenca.

Información

El análisis se desarrolla en la cuenca de Sogamoso, ubicada entre los departamentos de Boyacá y Santander (Colombia) (ver Figura 1). Es una cuenca con un área de 21.218 km², una pendiente media de 30.9% y de 0.79% en el cauce. La cuenca descarga su caudal sobre el embalse Topocoro, por lo que es de interés conocer la tasa de producción de sedimentos de la misma. El procesamiento de la cuenca se realizó mediante el MDE de ALOS-PALSAR (JAXA/METI, 2011), agregado a una escala de 60m. Los usos del suelo y la textura del mismo se obtuvieron de fotografías aéreas y levantamientos previos respectivamente.

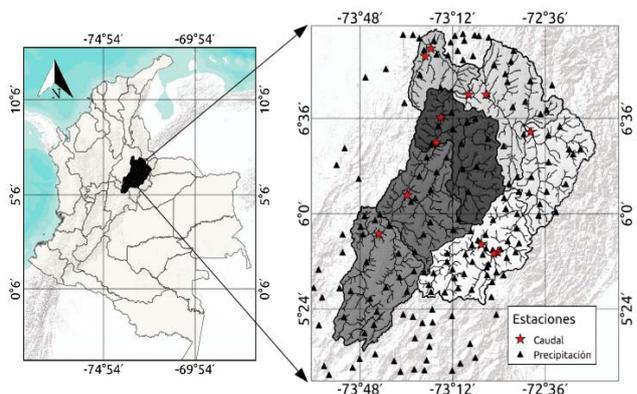


Figura 1.- Localización de la cuenca de Sogamoso.

Para generar campos de precipitación a resolución diaria se cuenta con registros de 194 pluviómetros y para la interpolación a escala horaria se cuenta con registros de 40 pluviómetros. A partir de los pluviómetros mencionados se obtienen campos de precipitación interpolados mediante la metodología IDP (Inverso de la distancia ponderado). Para la calibración y validación del modelo, se cuenta con información de 11 estaciones de medición de caudal con resolución diaria y 4 estaciones con resolución horaria.

En los puntos donde se encuentran las estaciones de caudal se dispone de información de niveles transformados a caudal mediante calibración de la sección. En algunos de estos puntos se cuenta con múltiples aforos líquidos y sólidos. A partir de los aforos se obtienen relaciones estadísticas para los sedimentos en función del caudal líquido, las cuales son utilizadas en la validación del modelo de sedimentos.

Metodología

En la simulación se han utilizado el modelo hidrológico y el sub-modelo de sedimentos contenidos en el paquete WMF. El esquema de modelación hidrológica es una modificación del modelo TETIS (Vélez, 2001; Frances 2007). El sub-modelo de sedimentos parte del propuesto en el CASC2D-SED (Julien, 1995). Adicional, se ha realizado una modificación mediante la cual se realiza simulación detallada por sub-cuencas. En esta, existen dos topologías: una en cada sub-cuenca a escala de celda, y otra, a escala en la gran cuenca a escala de sub-cuenca (Figura 2).

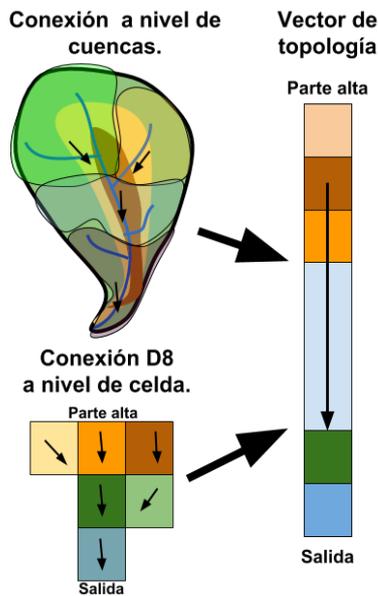


Figura 2.- Esquema de topología a nivel de gran-cuenca y sub-cuencas, y a nivel de celdas. Ambos esquemas apuntan a una topología similar, en la cual la cuenca se vectoriza ya sea a partir de celdas, o bien de sub-cuencas.

La cuenca de Sogamoso es dividida en 7 sub-cuencas, cada una con áreas mayores a los 2000km², en este proceso se identifica el esquema de conexión de sub-cuencas. Luego, usando el esquema de conexión de celdas, cada una es simulada en orden topológico. De esta forma, se logra hacer una representación adecuada de las características de cada sub-cuenca, y, además, el problema se hace manejable computacionalmente.

La conexión a escala de sub-cuenca se da mediante el esquema D8 (Tarboton, 1995) con celdas de 60m de lado. La conexión a nivel de cuenca se da entre el punto de salida de una cuenca *i* y el punto de ingreso a una cuenca *j*. Las sub-cuencas del mismo nivel son resueltas en paralelo, reduciendo el tiempo de ejecución.

Resultados

En las 7 sub-cuencas en las que fue dividida la cuenca Sogamoso se ha logrado obtener un buen desempeño del modelo hidrológico. En cuanto a la producción de sedimentos se ha logrado identificar áreas de producción y deposición debido a la buena representación topológica del terreno y se han obtenido volúmenes acumulados a la salida de la cuenca, lo cual es un criterio importante para la gestión y manejo de la misma, considerando que estos volúmenes acumulados representan pérdida de capacidad del embalse.

Conclusiones

Se ha logrado simular la dinámica hidrológica y de sedimentos en una cuenca de gran escala, esto mediante la estrategia de doble topología. La estructura se encuentra asociada tanto a escala de sub-cuencas como de pixeles, permitiendo paralelización del código y reducción en los tiempos de ejecución. La metodología adoptada no representa una mejora significativa en términos del caudal simulado, pero sí en la representación de los procesos internos. Con la escala de 60m se logran mantener las propiedades de la topografía, cruciales en el entendimiento de la dinámica de la producción de sedimentos. El entendimiento se traduce en una mejor herramienta para la toma de decisiones y gestión de los recursos en la cuenca. Dentro de un análisis futuro se deben comparar los resultados obtenidos a esta escala de detalle con los obtenidos a escalas

gruesas, en donde diferentes propiedades del terreno se pierden.

Referencias

- Bormann, H., & Dieckkrüger, B. (2003). "Possibilities and limitations of regional hydrological models applied within an environmental change study in Benin (West Africa)". *Physics and Chemistry of the Earth*, 28(33–36), 1323–1332. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2003.09.008>
- Cui, L., Li, Y. P., Huang, G. H., & Huang, Y. (2014). "Effects of digital elevation model resolution on topography-based runoff simulation under uncertainty". *Journal of Hydroinformatics*, 16(6), 1343. <https://doi.org/10.2166/hydro.2014.137>
- Francés, F., Vélez, J. & Vélez, J. (2007). Split-parameter structure for the automatic calibration of distributed hydrological models. *Journal of Hydrology*, 332(1-2), pp.226-240.
- Guoan, T., Mudan, Z., Tianwen, L., Yongmei, L., & Ting, Z. (2003). "Simulation on slope uncertainty derived from DEMs at different resolution levels: a case study in the Loess Plateau". *Journal of Geographical Sciences*, 13(4), 387–394. <https://doi.org/10.1007/BF02837875>
- JAXA/METI ALOS PALSAR L1.0 (2007). Accessed through ASF DAAC 11 June 2015. doi: 10.5067/Z97HFCNKR6VA.
- Johnston, R., & Smakhtin, V. (2014). "Hydrological Modeling of Large River Basins: How Much is Enough?" *Water Resources Management*, 28(10), 2695–2730. <https://doi.org/10.1007/s11269-014-0637-8>
- Julien, P. Y., B. Saghafian, and F. L. Ogden, (1995). Raster-Based Hydrologic Modeling of Spatially-Variied Surface Runoff. *Water Resources Bulletin*, 31(3):523-536
- Kummu, M. (2008). *Spatio-Temporal Scales of Hydrological Impact Assessment in Large River Basins: The Water & Development Publications*.
- Larentis, D., Collischonn, W., Tucci, C. E. M., & Cobalchini, M. S. (2003). "Modelo de Qualidade de Água para Planejamento em Grandes Bacias". *XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, (51), 1–13
- Sharma, A., Tiwari, K. N., & Bhadoria, P. B. S. (2011). "Determining the optimum cell size of digital elevation model for hydrologic application". *Journal of Earth System Science*, 120(4), 573–582
- Singh, V.P., (1995). *Computer Models of Watershed Hydrology*. Water Resources Publications, Baton Rouge, LA.
- Tarboton, D. G. (1995), Physical Hydrology, *Eos Trans. AGU*, 76(32), 316–316, doi:10.1029/95EO00194.
- Tucci, C., & Collischonn, W. (2001). "Simulação Hidrológica de grandes Bacias". *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 6(1), 95–118. <https://doi.org/10.21168/rbrh.v6n1.p95-118>
- Vélez, J. I. (2001). Desarrollo de un modelo hidrológico conceptual y distribuido orientado a la simulación de las crecidas. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia, España
- Wang, X., & Lin, Q. (2011). "Effect of DEM mesh size on AnnAGNPS simulation and slope correction". *Environmental Monitoring and Assessment*, 179(1–4), 267–277. <https://doi.org/10.1007/s10661-010-1734-7>
- Zuliziana, S., Tanuma, K., Yoshimura, C., & Saavedra, O. C. (2015). "Distributed model of hydrological and sediment transport processes in large river basins in Southeast Asia". *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 12(7), 6755–6797. <https://doi.org/10.5194/hessd-12-6755-2015>