

MODELACIÓN HIDROLÓGICA DE LA CUENCA MAGDALENA-CAUCA USANDO WFLOW

Jorge Luis Sánchez Lozano, Jorge Alberto Escobar Vargas, Carlos Albeiro Figueroa Ortiz,
Diego Estiben Beltrán Calderón, Brandon Ayala Molina

Corporación Centro de Investigación Científica del Río Magdalena Alfonso Palacio Rudas, Colombia
jorge.sanchez@cormagdalena.gov.co, jorge.escobar@cormagdalena.gov.co, albeiro.figueroa@cormagdalena.gov.co,
diego.beltran@cormagdalena.gov.co, brandon.molina@cormagdalena.gov.co

Introducción

En Colombia el Río Magdalena es la principal vía fluvial del país. Su cuenca corresponde al 24% del territorio nacional (257.440km²) y en ella habitan el 77% de la población (CORMAGDALENA, 2003; CORMAGDALENA & ONF Andina, 2007). La Corporación Autónoma Regional del Río Grande de la Magdalena -CORMAGDALENA- implementó el programa de modelación permanente del Río Magdalena (2012b) ejecutado por la Corporación Centro de Investigación Científica del Río Magdalena Alfonso Palacio Rudas -CIRMAG- con el objeto de entender la dinámica cambiante del río y su cuenca a través de la modelación, este es el primer paso para el manejo integrado de recursos hídricos y toma de decisiones informada en el río.

El anterior Plan de Acción Corporativo 2012-2014 de CORMAGDALENA incluía la modelación hidráulica para el Río Magdalena en un tramo de 800 km (CORMAGDALENA, 2012a), para esto es necesario conocer el aporte de caudal de los afluentes a lo largo de este recorrido, pero en la cuenca Magdalena-Cauca el monitoreo no es el deseado, ya que solo 15 de los 42 principales tributarios cuentan con una estación hidrológica cercana a su desembocadura en el Río Magdalena y es por esta razón que la Modelación Hidrológica resulta una alternativa y una necesidad para estimar estos aportes (Ramírez Morales et al., 2015).

En este trabajo el interés principal es estimar los caudales de los principales tributarios de la cuenca Magdalena-Cauca, mediante modelación hidrológica utilizando Wflow y proveer un apoyo significativo en el análisis hidráulico, logrando así la modelación integrada y global del río Magdalena y su cuenca.

Materiales y Métodos

Área de Estudio

La Gran Cuenca del Magdalena - Cauca se localiza entre las latitudes 1° 33' 55.96" N y 11° 6' 45.93" N y las longitudes 72° 17' 0.7" W y 76° 57' 17.80" W. Su geografía atraviesa las cordilleras de los Andes de sur a norte, dividiendo a la cuenca en alta, media y baja; pasando por altiplanos, cañones y depresiones (CORMAGDALENA & ONF Andina, 2007).

Modelo hidrológico Wflow

El modelo hidrológico Wflow, fue desarrollado en el marco del proyecto Open Stream de Deltares (Schellekens, 2015), funciona como un programa en Python y PCRaster que se ejecuta mediante líneas de comando y está basado en el modelo hidrológico HBV-96 (Lindström et al., 1997).

Wflow es un modelo conceptual de tanques, continuo y de tipo distribuido que incluye varios procesos hidrológicos los cuales se esquematizan en la Figura 1 y los cuales se describen con doce parámetros, en los que se incluye la interceptación de la precipitación, transformación de esta última en escorrentía superficial, subsuperficial y flujo base, finalizando con el tránsito del río.

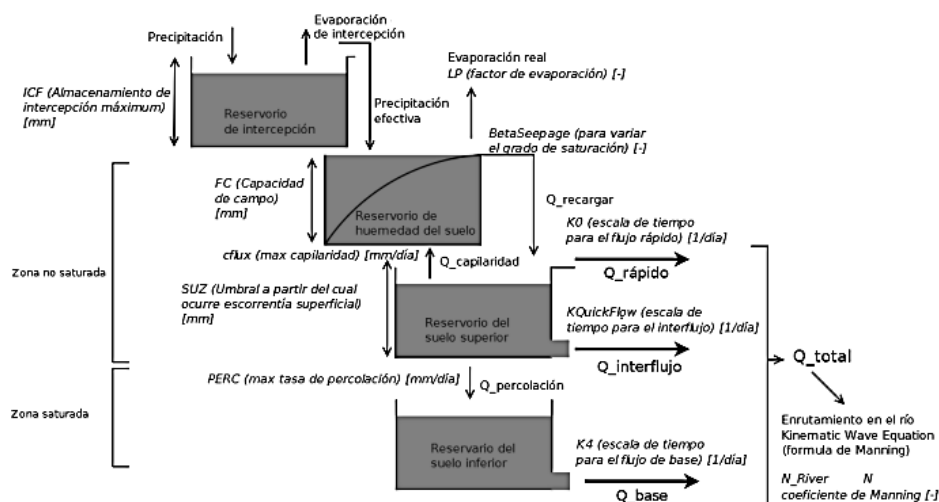


Figura 1. Esquemización del modelo Wflow (Schellekens, 2015)

Información meteorológica y geográfica

El modelo requiere la información en forma de mapas, dinámicos y estáticos. Los mapas dinámicos corresponden a información diaria de precipitación [mm], evaporación [mm] y temperatura [°C] para el periodo comprendido entre los años de 2000 a 2012. Estos mapas fueron construidos a partir de información puntual de las estaciones climatológicas ubicadas dentro de la cuenca, utilizando el mejor método de interpolación espacial reportado en la bibliografía para cada variable. Para la precipitación Angarita (2015) encontró que el método de *Minimum Curvature* es el que mejores resultados presenta; en el caso de la temperatura Angarita (2015) implementó un método basado en la regresión lineal de la temperatura media y la elevación de las estaciones climáticas; y finalmente los datos de evaporación se han interpolado espacialmente utilizando el método *Inverse Weighted Distance* (Ramirez Morales et al., 2015).

Los mapas estáticos corresponden al modelo de elevación digital del terreno, el mapa de tipo de suelo y el mapa de cobertura del suelo; los dos últimos fueron procesados de manera se reclasificaron simplificando el número de tipos y coberturas de suelo.

Resultados y Discusión

Si bien este esfuerzo de calibración no dio lugar a resultados de los modelos perfectos, ayudó a comprender las interacciones entre el Río Magdalena y sus tributarios. El modelo wflow resultó ser una adecuada herramienta para la modelación de la gran cuenca Magdalena-Cauca, simulando satisfactoriamente caudales sobre el cauce principal del Río Magdalena y sus tributarios, captando la temporalidad de la escorrentía.

El proceso de calibración fue un problema multiobjetivo/multicriterio en el que se utilizaron el coeficiente de determinación de Nash-Sutcliffe (Dawson et al., 2007; Nash & Sutcliffe, 1970), la información mutua promedio ajustada (Vinh et al., 2010) y el balance de volumen como métricas de desempeño que mediante Simulaciones de Montecarlo (Metropolis & Ulam, 1949) permitieron encontrar el mejor set de parámetros que representarán los procesos hidrológicos de la cuenca.

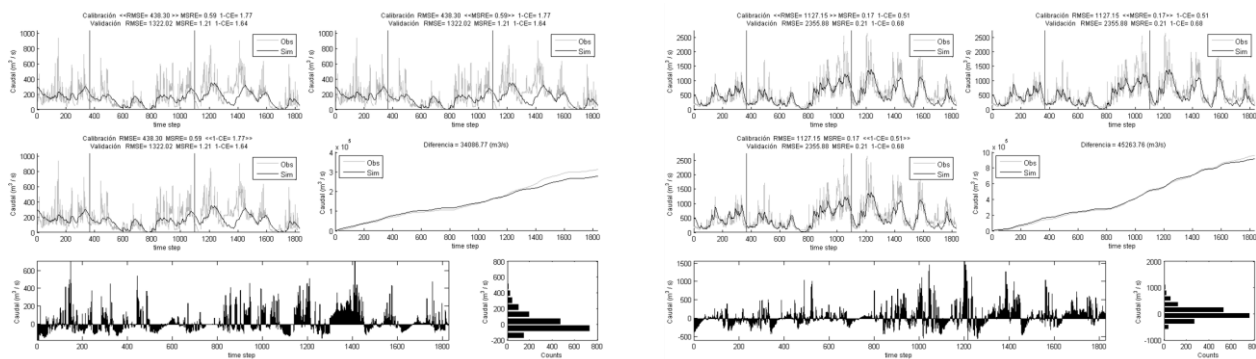


Figura 2. Resultados de Modelación en Wflow en los Ríos Negro y Sogamoso.

Referencias

- Angarita, H. (2015). Generación de entradas climáticas del modelo.
- Corporación Autónoma Regional para el Río Grande de La Magdalena -CORMAGDALENA-. (2003). Plan de Ordenamiento Cuenca Magdalena-Cauca. Retrieved from http://fs03eja1.cormagdalena.com.co/nuevaweb/POMIN_Oct21_03/index.htm
- Corporación Autónoma Regional para el Río Grande de La Magdalena -CORMAGDALENA-. (2012a). Plan de Acción 2012-2014. La Gran Vía del Transporte Nacional. Retrieved from http://fs03eja1.cormagdalena.com.co/php/cormagdalena/%5Cattachments%5Ctransparencia%5CPlan%20de%20Accion_2012-2014-19-01-2012.pdf
- Corporación Autónoma Regional para el Río Grande de La Magdalena -CORMAGDALENA-. (2012b, July). Proyecto: Estructuración y puesta en marcha del Programa de Modelación Permanente del Río Magdalena.
- Corporación Autónoma Regional para el Río Grande de La Magdalena -CORMAGDALENA- & ONF Andina. (2007). Plan de Manejo de la cuenca del río Magdalena. Segunda Fase.
- Dawson, C. W., Abrahart, R. J., & See, L. M. (2007). HydroTest: A web-based toolbox of evaluation metrics for the standardised assessment of hydrological forecasts. *Environmental Modelling & Software*, 22(7), 1034–1052. <http://doi.org/10.1016/j.envsoft.2006.06.008>
- Lindström, G., Johansson, B., Persson, M., Gardelin, M., & Bergström, S. (1997). Development and test of the distributed HBV-96 hydrological model. *Journal of Hydrology*, 201(1–4), 272–288. [http://doi.org/10.1016/S0022-1694\(97\)00041-3](http://doi.org/10.1016/S0022-1694(97)00041-3)
- Metropolis, N., & Ulam, S. (1949). The Monte Carlo Method. *Journal of the American Statistical Association*, 44(247), 335–341.
- Nash, J. E., & Sutcliffe, J. V. (1970). River flow forecasting through conceptual models part I — A discussion of principles. *Journal of Hydrology*, 10(3), 282–290. [http://doi.org/10.1016/0022-1694\(70\)90255-6](http://doi.org/10.1016/0022-1694(70)90255-6)
- Ramirez Morales, W. D., Rodriguez Sandoval, E. A., Sanchez Lozano, J. L., Oliveros Acosta, J. J., Ardila Camelo, F., Cardona Almeida, C. A., Garay Bohorquez, C.I., Bouaziz, L. (2015). HYDROLOGIC MODELING OF PRINCIPAL SUB-BASINS OF THE MAGDALENA-CAUCA LARGE BASIN USING WFLOW MODEL. Presented at the 36th IAHR World Congress, The Hague, the Netherlands.
- Schellekens, J. (2015). Wflow Documentation.
- Vinh, N. X., Epps, J., & Bailey, J. (2010). Information theoretic measures for clusterings comparison: Variants, properties, normalization and correction for chance. *The Journal of Machine Learning Research*, 11, 2837–2854.