

PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN DE CUENCAS TORRENCIALES O SEMITORRENCIALES POR MEDIO DE ANÁLISIS ESTADÍSTICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

J. Luna Caiza¹ y J. Zambrano Nájera²

¹ Estudiante Maestría en ingeniería – Recursos Hidráulicos, Universidad Nacional de Colombia – Sede Manizales.

² PhD, Profesora Asociada Universidad Nacional de Colombia - Sede Manizales.

E-mail: jglunac@unal.edu.co, jdzambrana@unal.edu.co

Introducción

Las avenidas torrenciales son un tipo de movimientos en masa que se desplaza generalmente por los cauces de las quebradas, llegando a transportar grandes volúmenes de sedimentos y escombros con altas velocidades (Caballero, 2011). Estas son peligrosas para los habitantes y la infraestructura ubicados en la zona de acumulación y principalmente son causadas por la ocurrencia de eventos de alta intensidad y corta duración. Estas avenidas son características de cuencas que presentan altos gradientes de pendiente, áreas medianas o pequeñas, cambios bruscos en los gradientes de las quebradas y disponibilidad de gran cantidad de material para ser transportado en un evento.

En el caso de Colombia se han producido desastres que son causados por estas avenidas torrenciales y que han dejado una cantidad considerable de damnificados (Daniels, 2017). Un ejemplo de este tipo de desastres ocurrió en Mocoa en el departamento de Putumayo donde el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM informó que llovieron 130 mm entre las 7 p.m. del 31 de marzo y las 7 a.m. del 1 de abril de 2017 (correspondiente al 30% de lo que precipita normalmente durante todo un mes en la zona (Masters, 2017)). Dicha precipitación aunada a otros elementos, provocó el desbordamiento de 3 ríos aledaños donde flujos de lodos y escombros afectaron a más de la mitad de la población de Mocoa, dejando más de 300 muertos (Daniels, 2017).

Este fenómeno de avalanchas torrenciales constituye un tema que conlleva una gran complejidad debido al gran número de variables y procesos (hidráulicos, hidrológicos, geográficos, ambientales, geológicos, entre otros) que caracterizan su comportamiento, así como la alta variabilidad espacial y temporal, y la interrelación entre estos procesos (Cataño, 2015). La ocurrencia de eventos torrenciales es un agente activador importante del movimiento de la carga de sedimentos en la cuenca.

La complejidad de este tema hace que aun en la actualidad no se haya podido establecer una caracterización que permita prevenirlos; por lo cual se han realizado estimaciones mediante ecuaciones o planteamientos empíricos; sin embargo estos presentan la desventaja de que son aplicables únicamente a las condiciones y características de la zona o río en la cual fueron desarrolladas e implementadas, además de que estos no proporcionan una comprensión de los procesos físicos que describen el comportamiento de este suceso (Niño, 2004).

Dichos eventos torrenciales son complejos de estudiar y monitorear por el alto riesgo involucrado en el proceso mismo, y debido que en Colombia el monitoreo del transporte de sedimentos se realiza de manera diaria es común tener submediciones de la producción y transporte de los sedimentos. Por lo anterior, es común que las modelaciones sobreestimen la cantidad de sedimentos producida y transportada en los cauces y no describan de manera correcta la verdadera magnitud del evento, lo que dificulta la planificación y gestión de dichas cuencas.

Con base en lo anterior esta investigación propondrá criterios y metodologías que definan aquellas cuencas que deben ser monitoreadas de manera diferenciada, de manera intradiaria,

con lo que se pueda corregir la submedición de los datos de sedimentos que constituyan una base sólida y confiable a la hora de implementar la modelación y que cuyos resultados sean representativos del comportamiento de este tipo de cuencas.

El grupo de trabajo ha venido realizando modelación hidro-sedimentológica por medio del modelo TETIS-SED en diferentes subzonas de la zona hidrográfica Magdalena Cauca, en Colombia.

TETIS-SED es un modelo conceptual distribuido el cual permite simular eventos hidrológicos y los procesos sedimentológicos asociados a ellos (producción, transporte y depósito de sedimentos) en cuencas naturales, desarrollado en la Universidad Politécnica de Valencia (Francés, Vélez, Múnera, Medici, & Bussi, 2014). Este modelo ha sido implementado, con el fin de estimar la producción de sedimentos, en algunas subzonas del área hidrográfica mencionada, por mencionar como ejemplos las subzonas de los ríos Chicamocha, Fonce, Nare y Saldaña, subzonas en las cuales los resultados obtenidos evidencian la no correspondencia de los valores estimados de transporte de sedimentos con los valores observados (IDEAM, 2015), error evidenciado con más frecuencia en los datos extremos o de crecidas.

En la Figura 1, se muestra el ejemplo de la curva duración – caudal sólido, observada versus la simulada, de la subzona del río Fonce. Se puede observar que la simulación sobreestima los valores extremos en comparación con los datos observados; lo que indica que las mediciones realizadas no están representando la magnitud correcta cuando ocurren las crecientes.

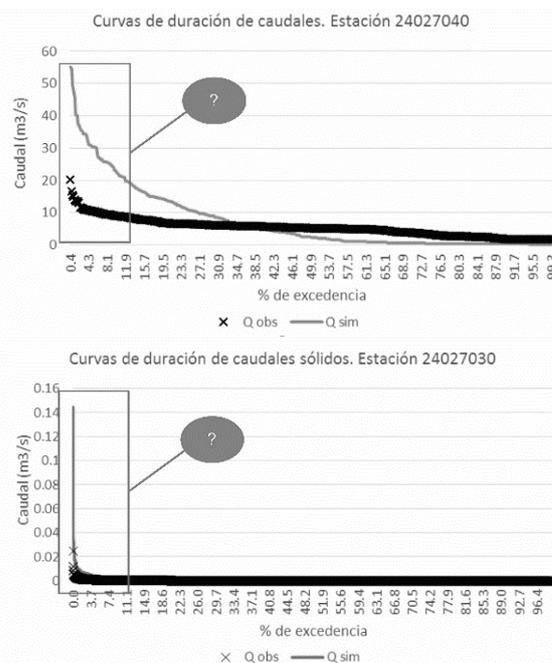


Figura 1. Subestimaciones en la curva de duración – caudal y caudal sólido en la subzona del río Fonce en las estaciones Puente Cabra y Nemizaque. Fuente: IDEAM, 2015

Representar estas zonas por medio de la simulación es especialmente importante ya que son estos caudales los que generan riesgos en las cuencas perjudicando poblaciones e infraestructura.

Metodología

Área de estudio

La zona hidrográfica Magdalena Cauca (Colombia) presenta una gran diversidad morfológica y climatológica con grandes llanuras de inundación, altas montañas en donde se evidencia una diversidad de influencias antropogénicas que incluyen deforestación, baja conservación del suelo, prácticas mineras y aumento de tasas de urbanización que influye en el aumento del rendimiento de los sedimentos (Kettner, Restrepo, & Syvitski, 2010).

Teniendo en cuenta que el área hidrográfica Magdalena Cauca de Colombia, está altamente instrumentada y cuenta con series de sedimentos de cerca de 40 años, se seleccionó dicha área como zona de estudio la cual presenta uno de los mayores rendimientos de sedimentos en Suramérica (560 ton/km²/año) (Restrepo et al. 2006). En dicha área se seleccionarán (3) subzonas pequeñas, en donde se presenten problemas de simulación.

Métodos

La primera parte del trabajo consiste en realizar un análisis estadístico y geomorfológico de la información disponible de la serie de sedimentos del IDEAM con el fin de identificar criterios que permitan distinguir aquellas subzonas con características torrenciales susceptibles de presentar avenidas torrenciales, las cuales se modelarán en la siguiente etapa del trabajo.

En el desarrollo de la investigación se ha avanzado en la programación del análisis estadístico de los datos gracias a su automatización mediante programación en el software R-Statistics, producto de proyectos anteriores de estudios de sedimentos realizados por el IDEAM en otras zonas hidrográficas del país (IDEAM, 2017). El código permite realizar análisis de completitud de datos, frecuencia, homogeneidad, consistencia, búsqueda de datos atípicos, correlación de variables, entre otros. Dichos análisis son importantes porque proporcionan una base para evaluar la validez y suficiencia de los datos registrados en las series (MacDonald & Ingersoll, 2002) que se usarán como insumo para la modelación sedimentológica y determinar tendencias en las series en cuencas con antecedentes de avenidas torrenciales, evaluando la influencia de parámetros geomorfológicos (Pendientes, densidad de drenaje, tipo de suelo y vegetación, entre otros) en la producción de sedimentos.

La segunda parte del trabajo, que no se presentará en este artículo, consiste en la modelación de sedimentos utilizando el modelo TETIS-SED, enfocando el trabajo sobre la componente de flujos hiperconcentrados de las avenidas torrenciales.

Esta segunda parte tiene por objetivo obtener la respuesta hidrosedimentológica de las subzonas estudiadas identificando tendencias en la variabilidad espacial y temporal de la producción y transporte de los sedimentos. Esto servirá como soporte de validación de los criterios propuestos en las subzonas donde se evidencia la submedición.

Resultados

El análisis estadístico permite caracterizar las series de sedimentos de cada estación de monitoreo, mediante el cual se podrá identificar estaciones que presentan alta variabilidad en el comportamiento de los datos registrados. El análisis estadístico

permitirá establecer criterios preliminares para identificar cuencas con comportamientos torrenciales. Este análisis será comparado con la caracterización geomorfológica de la subzona.

Validando estos criterios se logrará que estos tengan un alto rango de aplicabilidad en la mejora de la calidad, confiabilidad y cobertura de la red de monitoreo de sedimentos en Colombia.

A partir de la aplicación de esta investigación se realizarán recomendaciones para mejorar la medición de sedimentos y a su vez una adecuada estimación del transporte de sedimentos en este tipo de cuencas. Adicionalmente, es un aporte en la caracterización de los ríos con características torrenciales lo que resulta fundamental en la planificación de cuencas, estudios de priorización de cuencas para la realización de estudios más profundos sobre gestión del riesgo.

Referencias bibliográficas

- Caballero J. H.** (2011). "Las avenidas torrenciales: una amenaza potencial en el valle de Aburrá". *Gestión y Ambiente*. 14(3), 45 – 30.
- Cataño, S.** (2015). Modelo conceptual Agregado de transporte de sedimentos para cuencas de montaña. Tesis de Maestría en Ingeniería – Recursos Hidráulicos. Universidad Nacional de Colombia. Medellín.
- Daniels, J. P.** (2017). "Preparedness for natural disasters in Colombia". *The Lancet*, 389(10087), 2363–2364. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)31664-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)31664-1).
- Francés, F., Vélez, J., Múnera, J., Medici, C., & Bussi, G.** (2014). *Descripción del modelo conceptual distribuido de simulación hidrológica TETIS v.8*. Valencia, España: Grupo de Investigación de Modelación Hidrológica y Ambiental.
- IDEAM.** (2015). *Evaluación de la dinámica de los procesos de sedimentación (erosión, transporte y depósito de sedimentos) en diez subzonas de la cuenca Magdalena - Cauca*.
- IDEAM.** (2017). *Modelación hidrosedimentológica en 3 subzonas hidrográficas de las áreas Caribe, Pacífico y Amazonía*.
- Kettner, A. J., Restrepo, J. D., & Syvitski, J. P. M.** (2010). "A Spatial Simulation Experiment to Replicate Fluvial Sediment Fluxes within the Magdalena River Basin, Colombia". *The Journal of Geology*, 118(4), 363–379. <https://doi.org/10.1086/652659>.
- MacDonald, D. D., & Ingersoll, C. G.** (2002). *A Guidance Manual to Support the Assessment of Contaminated Sediments in Freshwater Ecosystems Volume II - Design and Implementation of Sediment Quality Investigations*, 112 p.
- Masters, J.** (2017). Meteorology of Saturday's Colombian Flood Disaster That Killed 254 by Dr. Jeff Masters | Category 6 | Weather Underground. from <https://www.wunderground.com/cat6/meteorology-saturdays-colombian-flood-disaster-killed-254?mr=1>
- Niño, Y.** (2004). *Hidráulica Fluvial y Transporte de Sedimentos*. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile.
- Restrepo, J. D.; Zapata, P.; Díaz, M. J.; Garzón-Ferreira, J.; and García, C. B.** (2006). "Fluvial fluxes into the Caribbean Sea and their impact on coastal ecosystems: the Magdalena River, Colombia". *Glob. Planet. Change* 50:33–49.