

SIMULACIÓN HIDRÁULICA DE CONFLUENCIAS Y DIFLUENCIAS, APLICACIÓN AL RÍO LEÓN EN EL URABÁ ANTIOQUEÑO, COLOMBIA

Oscar Andrés Duque Marín y Lilian Posada García

Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Dirección: Carrera 80 # 65-223, Telefono: (057) 4309000
E-mail: oaduke@gmail.com, lposada@unal.edu.co

Introducción

La cuenca del río León, en el Urabá Antioqueño, ha sido explotada durante décadas para el desarrollo de las industrias bananera y maderera. Tal desarrollo originó intervenciones antrópicas en el río León como cortes de meandros y en especial, un trasvase inducido, hace más de veinte años, de más del 75% del caudal del río León en periodos medios y bajos, hacia la cuenca del río Atrato a través del caño y las ciénagas de Tumaradó, que hacen parte del Parque Natural Nacional Los Kativos (Figura 1).

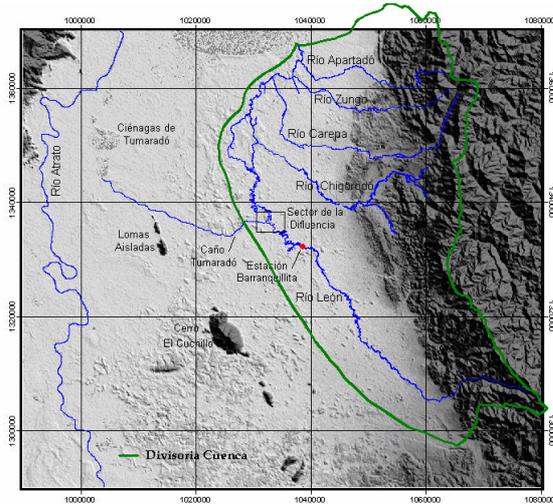


Figura 1.- Divisoria de aguas río León (superpuesta sobre imagen de Radar de 1986).

Las bifurcaciones de canales son de fundamental importancia en el comportamiento de ríos con múltiples canales, como son los ríos anastomosados, ríos trenzados y los deltas de los ríos, pero son pocas las investigaciones de los procesos morfológicos en las difluencias generadas por trasvases entre cuencas. Algunas investigaciones recientes de los procesos de transporte de agua y sedimentos en difluencias (Ramamurthy y Satish, 1986; Wang et al., 1995; Richardson y Thorne, 2001; Dargahi, 2007; Zanichelli et al., 2004) se han centrado en modelaciones tanto físicas como numéricas de algunas variables (velocidad, profundidad y variación de los esfuerzos cortantes) en las difluencias, a fin de entender los procesos que ocurren en las difluencias en ríos aluviales.

En este estudio se utiliza el modelo CCHE2D (desarrollado por el Nacional Centre for Computer Hydrosciences de la Universidad de Mississippi) para simular los procesos hidrodinámicos y de transporte de sedimentos y los cambios morfológicos debido a crecientes extremas de flujo y sedimento (régimen permanente) en el sector de la difluencia del río León hacia el caño Tumaradó.

Materiales y métodos

Se abordaron varios aspectos en el análisis de la dinámica fluvial de la difluencia del río León hacia el caño Tumaradó: Análisis del régimen de caudales y de sedimentos, Análisis multitemporal de las imágenes de satélite LANDSAT, Calibración y simulación del modelo CCHE2D de los procesos de agradación y degradación del lecho y de transporte de sedimentos en los subtramos de la

zona de estudio (difluencia León – Sábalo, difluencia León – Tumaradó y confluencia León – Sábalo), Análisis de la dinámica del transporte de sedimentos en las configuraciones de difluencias y confluencias del tramo de estudio y comparación con la metodología propuesta en 1926 por Bulle (Vanoni, 1977).

Para este estudio se disponía de la siguiente información: Levantamientos topobatemétricos de detalle de la zona de estudio, Aforos líquidos y sólidos antes de cada difluencia o confluencia, Estudio de suelos y análisis geotécnico de la zona de estudio, Muestras y ensayos granulométricos del material del lecho, Imágenes Landsat (entre 1987-2005) y Fotografías aéreas.

Evaluación de resultados

Debido a la complejidad del tramo de estudio para su simulación en el modelo CCHE2D (sistema de confluencias y difluencias, combinado con tramos de canal bastante sinuosos y de gran curvatura), se dividió el tramo de estudio en tres subtramos para la modelación: difluencia León – Sábalo, difluencia León – Tumaradó y confluencia León – Sábalo (Figura 2).

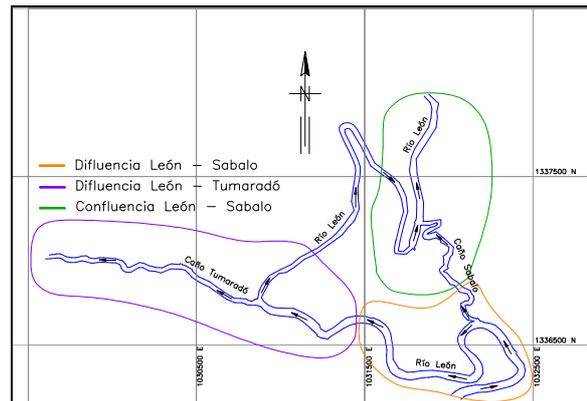


Figura 2.- Esquema de los subtramos seleccionados para la modelación.

En las Figuras 3 a 5 se presentan los resultados de las simulaciones en CCHE2D de la carga de fondo para la difluencia León – Sábalo, difluencia León – Tumaradó y confluencia León – Sábalo para la creciente de 100 años de periodo de retorno.

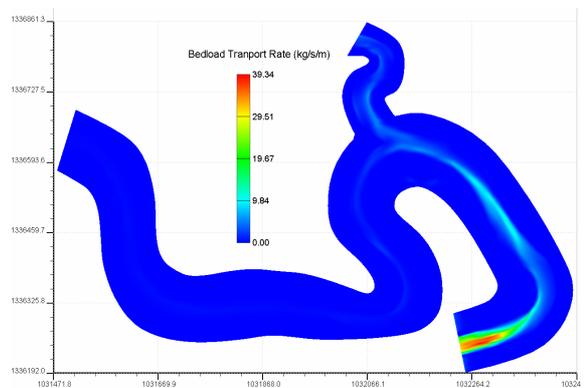


Figura 3.- Carga fondo, Caudal T_R 100 años, Difluencia León-Sábalo.

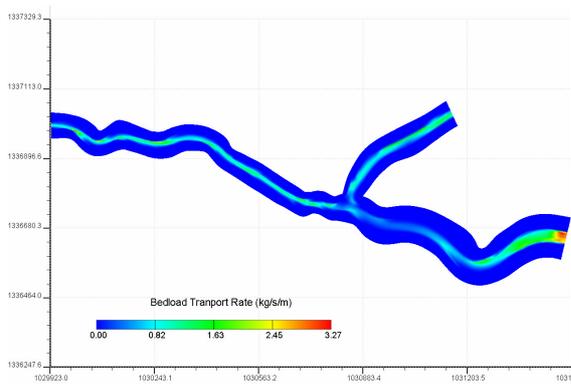


Figura 4.- Carga de Fondo, Caudal T_R 100 años, Difluencia León-Tumaradó.

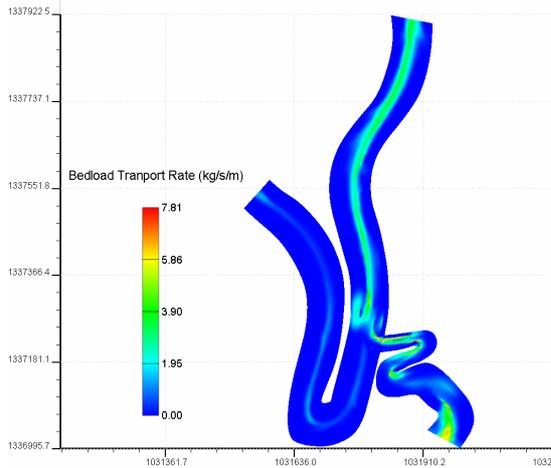


Figura 5.- Carga de Fondo, Caudal T_R 100 años, Confluencia León-Sábalo.

En la Tabla 1 se presenta los resultados de la división del sedimento de fondo para la difluencia León-Tumaradó a partir de las simulaciones de las crecientes extremas en el modelo CCHE2D.

Tabla 1.- División del sedimento de fondo en la difluencia León-Sábalo

T_R (Años)	Caño El Sábalo		Río León	
	Sedimento de fondo (kg/s)	% desviado	Sedimento de fondo (kg/s)	% desviado
2.33	12.19	65.3	6.48	34.7
5	11.89	62.8	7.04	37.2
15	12.13	62.0	7.42	38.0
25	13.42	58.6	9.49	41.4
50	13.5	59.8	9.07	40.2
100	14.6	63.5	8.38	36.5

La Figura 6 muestra los resultados experimentales de Bulle (1926) para distintos ángulos de derivación, donde Q_b y Q_p son los caudales líquidos en los canales derivado y principal, G_b y G_p es la carga de fondo en el canal derivado y principal, respectivamente. En esta figura se muestran igualmente los caudales sólidos y líquidos simulados por el modelo CCHE2D para las difluencias y confluencias analizadas. Los ángulos de derivación son 27°, 52° y 90° para la difluencia León – Sábalo, difluencia León – Tumaradó y confluencia León – Sábalo, respectivamente. Según esta figura, la mayor parte del sedimento de fondo es transportado hacia el Sábalo (entre el 65 y 70%), y hacia el Tumaradó (entre el 70 y 85%), mientras que para la confluencia el sedimento de fondo viaja principalmente hacia el canal principal, entendido este como el canal del León aguas abajo de la confluencia.

Todos estos resultados están acordes a los resultados obtenidos por el modelo CCHE2D para las simulaciones

de crecientes extremas en la difluencia León – Sábalo, difluencia León – Tumaradó y confluencia León – Sábalo.

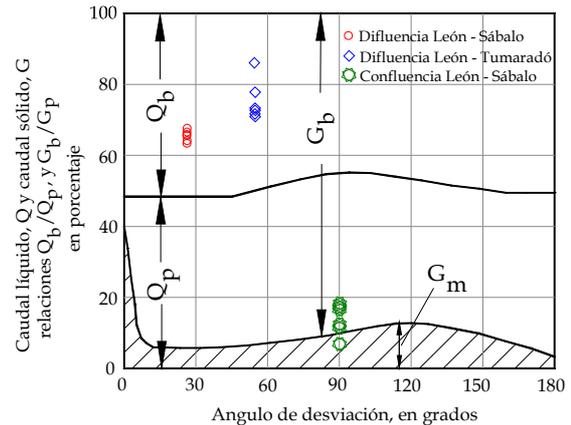


Figura 6.- Distribución de la carga de fondo en bifurcaciones. Determinado por Bulle (1926) en Vanoni (1975).

Conclusiones

El modelo CCHE2D representa adecuadamente la división de caudales líquidos y sólidos medidos en campo en las difluencias y confluencia analizadas; además, identifica las zonas de agradación tal como se observan en las fotografías aéreas e imágenes de satélite.

Las afirmaciones de H. Bulle (1926) se corroboran en el río León:

- En una bifurcación los caudales sólidos y líquidos se distribuyen en proporciones diferentes, para el caño el Sábalo las proporciones son 65% líquido y 30% sólido. Para el caño Tumaradó las proporciones son 73% líquido y 63 % sólido.
- La proporción en la que se distribuyen los caudales sólidos en suspensión y de fondo también es diferente: en el caño el Sábalo es derivado el 29% de la carga en suspensión, mientras que la carga de fondo se incrementa apreciablemente debido a los procesos erosivos antes mencionados. Para el caño Tumaradó la carga se distribuye entre el 98 % para la carga de fondo y el 60% de la carga del León continua en suspensión por el Tumaradó.
- En una bifurcación las capas inferiores del flujo con el sedimento de fondo se derivan en casi su totalidad hacia el canal derivado, como se pudo observar en el caño Tumaradó.

Referencias Bibliográficas

Ramamurthy A. S. y M. G. Satish (1986): *Division of flow in short open channels branches. Journal of the Hydraulic Engineering, Vol 114, No. 4, p 428-438.*

Wang, S. S. Y., De Vries, M., Fokink, R. I. and Langerak, A. (1995): *"Stability of river bifurcations in 1D morphodynamic models". Journal of Hydraulic Research, Vol 33, pp 739-750.*

Richardson, W. y C. Thorne. (2001): *"Multiple thread flow and channel bifurcation in a braided river: Brahmaputra-Jamuna river, Bangladesh". Geomorphology, No. 38, pp 185-196.*

Dargahi, B. (2007): *"Mitigation of Sedimentation Problems in the Lower Reach of the River Klaralven". Journal of the Hydraulic Research.*

Vanoni, V. A., editor (1975): *"Sedimentation Engineering". ASCE Manuals and reports on engineering practice No. 54, 745 p.*