

RESISTENCIA A LA EROSIÓN FLUVIAL DE LAS GEOFORMAS CONFORMANTES DEL CAUCE DEL RÍO MAGDALENA (NEIVA-PRADO)

Alejandro Franco Rojas, Jorge Alberto Suarez Ardila y Miguel Ángel Sandoval Pinillos

Facultad de Ingeniería, Universidad de La Salle de Colombia.

Autor Corresponsal: Facultad de Ingeniería, Universidad de La Salle, Cra. 2, No. 10-70, La Candelaria, Bogotá D.C, Cundinamarca. 111711237. Colombia.

E-mail: afrancor@unisalle.edu.co

Introducción

De acuerdo con la analogía de la balanza de Lane (Rocha, 1998), los ríos guardan un equilibrio entre caudal líquido y caudal sólido, que se altera, entre otros, por la construcción de grandes embalses en los cuales ocurren procesos de retención de sedimentos (Sánchez, 1996).

Ante la reducción de la carga sólida, la respuesta hidrológica del río hacia aguas abajo del sitio de presa, es incremento de la capacidad erosiva de las aguas y consecuentemente la posible alteración morfológica expresada en cambios de pendiente, pérdida de barras de sedimento e incisión de lecho (Simons, Lagasse, & Richardson, 2001).

Trabajos desarrollados por Laverde y Franco (2016) muestran una reducción significativa en la carga sólida del río Magdalena de hasta el 73% en una extensión aproximada de 400 km. Identificaron un proceso de degradación del lecho, la posible profundización del cauce del río Magdalena, la concentración del flujo por un único canal principal, con la consecuente desaparición de cauces secundarios.

Metodología

Se utilizaron imágenes satelitales y fotografías aéreas suministradas por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) que abarcan un registro histórico de 10 años (1985-1995), para la identificación de geoformas y para realizar un análisis multitemporal, tendiente a la identificación de zonas afectadas por socavación y desplazamiento lateral del cauce a lo largo del río Magdalena entre Neiva y Prado. Posteriormente se aplicó la clasificación propuesta por (Vargas, 2012) para determinar la resistencia relativa de los suelos a la erosión, según se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1.- Resistencia relativa a la erosión fluvial según el material.

Material litológico	Tipo de material	Geomorfología	Resistencia a la erosión
Rocas cristalinas	Rocas ígneas y metamórficas	Colinas, cerros y cadenas montañosas denudacionales y estructurales	Resistencia muy alta
Rocas sedimentarias	Rocas sedimentarias químicas detríticas cementadas		
Rocas piroclásticas y rocas sedimentarias detríticas	Conglomerados, areniscas, limolitas y arcillolitas no cementadas	Escarpes, terrazas, colinas, cerros residuales y/o en cadenas montañosas	Resistencia alta
Depósitos inconsolidados de origen aluvial	Conglomerados, arenas, limos y/o arcillas	Terrazas, diques y planicies aluviales	Resistencia media
Depósitos inconsolidados de origen fluvio lacustre	Arcillas, limos y lodos orgánicos	Llanuras de inundación recientes y sobrecrecientes,	Resistencia media baja

		cubetas	
Depósitos aluviales Subrecientes	Arenas y limos con niveles de conglomerados moderadamente compactados.	Vegas subrecientes, islas fluviales subrecientes y terrazas bajas	Resistencia baja
Depósitos aluviales de canal activo	Arenas, limos y gravas	Barras de arena, Islas fluviales recientes, playas, lechos activos y vegas	Resistencia muy baja

Fuente: Vargas Cuervo, G. (2012)

Para comprender el comportamiento del río, este se dividió por tramos con tipo de cauce homogéneo y se complementó el análisis multitemporal con el modelo conceptual desarrollado por Schumm (1985), que relaciona el tipo de río (recto, meandrónico y trenzado) con la carga predominante (suspensión y fondo), tamaño de sedimento, pendiente, energía de la corriente y estabilidad relativa del cauce.

Los resultados fueron plasmados mediante cartografía utilizando ArcGIS con una escala de colores según la susceptibilidad de los suelos a la erosión. Finalmente se realizó una visita de campo a las zonas urbanas que colindan con el río en el tramo de estudio (Natagaima, Aipe, Villavieja, Neiva y Fortalecillas) para realizar un registro fotográfico de afectación sobre obras de infraestructura por procesos morfológicos como socavación, agradación o migración de lecho.

Resultados y discusión

El tramo analizado del río Magdalena tiene 149 Km, es un cauce aluvial con taludes y lecho compuesto por material transportado por el mismo flujo, ello permite que el río tenga libertad para alterar sus dimensiones, pendiente, patrón y forma. Morfológicamente, el río alterna tramos sinuosos con canal simple, tramos trezados con presencia de islotes de gran tamaño y tramos con presencia de canales de estiaje. Su sinuosidad es 1,37, y las geoformas predominantes son barras de punta, playones, canales de estiaje y terrazas, con pocos meandros abandonados. Finalmente, adoptando los patrones de cauces propuestos por Culbertson (Rodríguez, 2010) el río Magdalena se puede clasificar como un río trenzado tipo T4.

Producto del análisis de geoformas, se concluye un proceso de incisión de lecho sustentado en los siguientes hallazgos:

- Abandono de canales de estiaje dando lugar a un solo canal principal.
- Antiguas geoformas al interior del cauce son erosionadas y reemplazadas por barras de sedimentos y playones que se encontraban cubiertos por la lámina de agua.
- Geoformas que originalmente demostraban frecuentes inundaciones hoy en día están cubiertas por vegetación.
- El alineamiento en planta ha reducido la sinuosidad ocasionando una pendiente más pronunciada.

- Secciones donde antiguamente se realizaba transporte de sedimento en suspensión pasa a ser transporte mixto.
- En el tramo final, entre los ríos Villavieja y Prado, predomina la migración lateral en comparación a la incisión en el lecho presentada en el tramo Neiva – Villavieja, sugiriendo la recuperación progresiva de la carga de sedimentos, producto tanto de los aportes de sus afluentes como de la socavación de lecho y taludes.

Aplicando la clasificación formulada por Vargas (2012), se obtuvo el mapa de resistencia relativa a la erosión fluvial, mostrado en la figura 2.

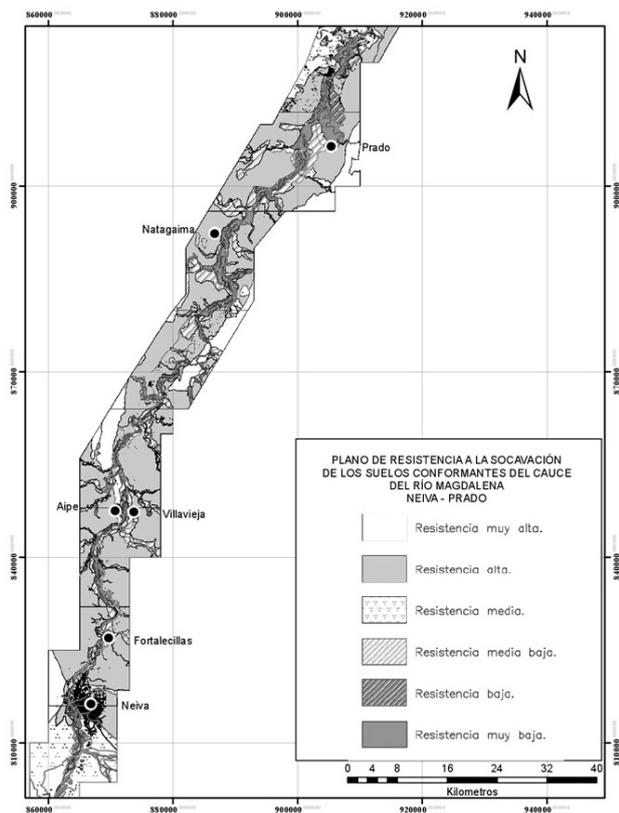


Figura 2.- Reclassificación de geoformas del río Magdalena según su resistencia relativa a la erosión en el tramo Neiva – Prado.

Mediante análisis multitemporal se cuantificó la longitud de orillas desplazadas por socavación, y al compararlas con la resistencia relativa de la geoforma correspondiente, se concluyó que el 70% de las bancas socavadas corresponden a suelos de resistencia muy baja a la erosión, seguidas por aquellas geoformas con resistencia media baja, según se muestra en la Tabla 2, condición que fue verificada con visitas de campo en Neiva, Fortalecillas, Aipe y Villavieja.

Tabla 2.- Análisis de socavación en bancas según su resistencia relativa a la erosión en el tramo Neiva – Prado.

Resistencia	Longitud de Banca [km]	Banca socavada		Presencia socavación [%]
		[km]	[%]	
Muy alta	12,00	0,00	0,0	0,0
Alta	40,25	0,78	1,9	1,2
Media	19,41	4,88	25,1	7,8
Media baja	99,90	12,69	12,7	20,2
Baja	6,76	0,40	5,9	0,6
Muy baja	121,36	43,96	32,6	70,1
TOTAL	299,68	62,71	20,9	100,0

Vale la pena aclarar, que los suelos con resistencia muy alta no presentan erosión alguna; mientras que los suelos de resistencia baja representaron solo el 1% debido a la poca presencia de esta última categoría a lo largo del tramo.



Figura 2.- Socavación de bancas en el municipio de Villavieja, con exposición de raíces y cambios diferenciales en la pendiente del talud.

Conclusiones

Hay alta correlación entre la erosión fluvial, la geomorfología y la dinámica fluvial del río Magdalena entre la ciudad de Neiva y el río Prado; la mayor proporción de bancas socavadas tiene lugar en suelos con muy baja resistencia relativa a la erosión, representado por barras de sedimento, playas y vegas.

La dinámica fluvial demuestra el predominio de socavación de fondo y de las bancas a escala regional, proceso conocido como incisión de lecho, asociado a la reducción de carga sólida por retención de los mismos en el embalse de Betania. Morfológicamente este proceso se evidencia en la desaparición de canales de estiaje, ocasionada por la profundización del cauce, la propagación de la vegetación sobre antiguas geoformas y la transición hacia un alineamiento más recto.

En el tramo Villavieja - Prado, los procesos que más se destacan son la socavación de bancas y la migración lateral, indicando una recuperación de la carga sólida que puede ser la causa de las incisiones en el lecho aguas arriba, o por aportes de afluentes degradados por deforestación.

Se concluye que el uso de sensores remotos en combinación con los criterios utilizados para analizar la dinámica fluvial, permiten determinar la resistencia relativa a la erosión, en un tiempo y costo inferior respecto a metodologías como: la toma y posterior análisis de laboratorio de las muestras del suelo inalteradas. Así mismo, la determinación de la resistencia relativa a la erosión se constituye en un insumo importante para analizar la dinámica fluvial ante alteraciones antrópicas como la construcción de presas o la deforestación de la cuenca.

Referencias

Laverde, L., & Franco, A. (2016). Evaluación del impacto de los embalses por retención de sedimentos sobre la morfología del cauce del río Magdalena. Universidad de la Salle, Bogotá.

Rodríguez, H. A. (2010). Hidráulica Fluvial, fundamentos y aplicaciones. Socavación. Bogotá, Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.

Rocha, F. A. (1998). Introducción a la Hidráulica Fluvial. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.

Sánchez, J. G. (1996). Sedimentación en Embalses. En J. Gracia Sánchez, & J. A. Maza Álvarez, Manual de Ingeniería de Ríos (Capítulo 18). Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Schumm, A. A. (1985). "Patterns of Alluvial Rivers". University of Iowa. Rev. Earth Planet. Sci. 1985, pp 5-27.

Simons, D., Lagasse, P., & Richardson, E. (2001). River Engineering for Highway Encroachments, Highways in the River Environment. Hydraulic Design.

Vargas, G. (2012). "Geología, Geomorfología y Dinámica Fluvial Aplicada a Hidráulica de Ríos". Paper presented at the XX Seminario Nacional de Hidráulica e Hidrología, Barranquilla, Colombia.