



Research

Multitemporal Analysis and River Dynamics of the Branch of Mompox (Magdalena River), Cantera Township, Bolívar, Colombia

Análisis multitemporal y dinámicas fluviales del brazo de Mompox (río Magdalena), corregimiento de Cantera, Bolívar, Colombia

Ricardo Antonio Castro-Padilla¹ , Camilo Eduardo Jiménez-Peñaranda¹, Elías Ernesto Rojas-Martínez¹ , Frank David Lascarro-Navarro¹ , and Dino Carmelo Manco-Jaraba²  

¹Fundación Universitaria del Área Andina (Valledupar, Colombia)

²Universidad de La Guajira (Riohacha, Colombia).

Abstract

Context: The Mompox branch (Magdalena River), is located in an area characterized by low elevations, and its fluvial dynamics tends to overflow its channel and flood surrounding areas in periods of heavy rains. The objective of this research is to determine the fluvial dynamics of the Mompox branch, in the township of Cantera, Bolívar, Colombia, through the multitemporal analysis of satellite images.

Method: A bibliographic review was carried out, as well as an analysis of the average, minimum, and maximum flow in the hydrometeorological stations of IDEAM (Institute of Hydrology, Meteorology, and Environmental Studies) located in the surroundings of the analyzed area; Subsequently, a geomorphology was captured using satellite images from 1960, 1969, and 1977 (for wet periods), and 2009, 2014, and 2017 (for dry periods).

Results: The sub-basin of the Mompox branch has a flat smoothed topography; the elevations vary approximately one meter from one to the other. It has a meandering fluvial system with braided stationary drains, parallel to the Mompox branch. The drains and channels are interconnected with depressions (swamps and wetlands) that store bodies of water for a considerable time throughout the year. These areas are known as *flood plains*.

Conclusions: The Mompox branch shows an increase in its sinuosity, which by the natural erosive and depositional processes of the river. Its evolution is stable; it behaves like an anastomosed river, with meandering lines in some sectors. It plays an important role in floods and provides volumes of water in rainy periods, thus initiating the flooding process.

Keywords: multitemporal analyses, river dynamics, Magdalena River, Mompox branch.

Article history

Received:
2nd /July/2021

Modified:
2nd /May/2022

Accepted:
22th /June/2022

Ing., vol. 28, no. 1,
2023. e17838

©The authors;
reproduction right
holder Universidad
Distrital Francisco
José de Caldas.

Open access



*  **Correspondence:** dinomancojaraba@gmail.com

Resumen

Contexto: El brazo de Mompox (río Magdalena) se ubica en una zona caracterizada por cotas bajas y su dinámica fluvial tiende a desbordar su cauce e inundar zonas aledañas en periodos de fuertes lluvias. El objetivo de esta investigación es determinar la dinámica fluvial del brazo de Mompox, en el corregimiento de Cantera (Bolívar, Colombia), mediante análisis multitemporales de imágenes satelitales.

Métodos: Se realizó una revisión bibliográfica, así como un análisis del caudal medio, mínimo y máximo en las estaciones hidrometeorológicas del IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales) ubicadas en los alrededores del área analizada. Posteriormente, se plasmó una geomorfología utilizando imágenes satelitales de los años 1960, 1969 y 1977 (en periodos húmedos), y 2009, 2014 y 2017 (en periodos secos).

Resultados: La subcuenca del brazo de Mompox presenta una topografía suavizada plana; las cotas varían un metro entre unas y otras aproximadamente. Cuenta con un sistema fluvial meándrico con drenajes estacionarios trenzados, paralelos al brazo de Mompox. Los drenajes y canales están interconectados con depresiones (ciénagas y humedales) que almacenan cuerpos de agua por un tiempo considerable a lo largo del año. Estas zonas se conocen como llanuras de inundación.

Conclusiones: El brazo de Mompox muestra un aumento en su sinuosidad, debido a los procesos erosivos y deposicionales que tiene el río naturalmente. Su evolución es estable. Se comporta como un río anastomosado, con trazos meándricos en algunos sectores. Cumple un papel importante en las inundaciones y proporciona volúmenes de agua en periodos de lluvias, iniciando así el proceso de inundación.

Palabras clave: análisis multitemporales, dinámica fluvial, río Magdalena, brazo de Mompox.

Tabla de contenidos

	Página		
1. Introducción	2	3.1. Geomorfología	4
1.1. Localización	3	3.2. Datos hidrometeorológicos	4
2. Metodología	3	3.3. Análisis multitemporales y dinámica fluvial	6
3. Resultados	4	4. Conclusiones	8
		5. Contribución de autores	9
		Referencias	9

1. Introducción

Los fenómenos naturales originan amplias devastaciones, daños sociales, ambientales, económicos e incluso pérdidas de vidas humanas (1); las inundaciones se constatan como las más frecuentes de todas las amenazas naturales conocidas y se le atribuyen los mayores desastres a través de la historia (2–7). Las estadísticas internacionales provenientes de gobiernos y organizaciones de atención humanitaria, entre las que se encuentra la EM-DAT (The International Disasters Database), corroboran que a nivel

mundial las inundaciones se establecen en el primer lugar entre los 10 mayores desastres en el período comprendido entre los años 1900 y 2012 por el número de personas afectadas y están en el segundo lugar por la cantidad de pérdidas económicas (8,9).

1.1. Localización

El área de estudio se enmarca en la margen izquierda del brazo de Mompox del río Magdalena en dirección Este, a la altura del corregimiento de Cantera, departamento de Bolívar (Colombia). En esta sección el brazo de Mompox es particularmente destacable por presentar cambios en su comportamiento, es decir, pasa de meándrico a rectilíneo angular, sirviendo a modo práctico como frontera de estos comportamientos el poblado de San Roque, departamento del Magdalena (Fig. 1).

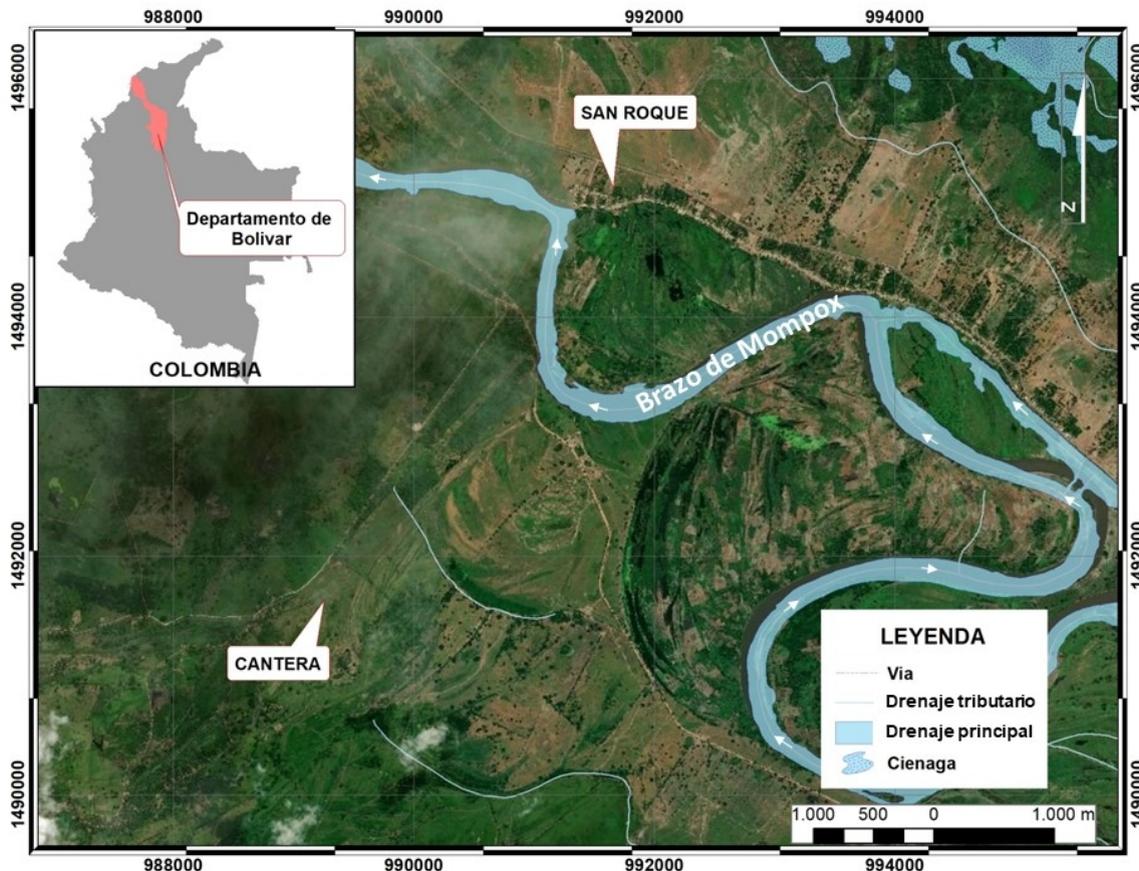


Figura 1. Localización del área de estudio

2. Metodología

Varios procedimientos fueron llevados a cabo para cumplir con los objetivos de la investigación, entre estos, revisión del estado del arte, así como análisis del caudal medio, mínimo y máximo del brazo de Mompox (3, 10–12). En cercanías al área estudiada se encuentran dos estaciones meteorológicas del

IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales), localizadas en el corregimiento de San Roque (Bolívar) y el municipio de El Banco (Magdalena), que proporcionaron información anual del caudal del río Magdalena (valores máximos, mínimos y medios), la pluviosidad, los valores de transporte; posteriormente, se efectuó una geomorfología a detalle utilizando imágenes satelitales *landsat* correspondiente a los años 1960, 1969, 1977 en periodos húmedos, y 2009, 2014, 2017 en periodos secos; con esta información se generaron anáglifos por medio del programa informático Anamaker. Además, con el software ArcGIS se analizaron las imágenes mediante modelos de elevación digital (efecto 3D); en el procesamiento, se obtuvieron imágenes a escala 1:400; la teleinterpretación se realizó teniendo en cuenta los parámetros estipulados por (13, 14) para la diferenciación de las unidades geomorfológicas (ciénagas, vega de divagación, terrazas, plano anegadizo), y agentes morfodinámicos (bancos de arena, erosión lateral, desprendimiento de ladera, sedimentación, movimientos en masas); la nomenclatura de las dichas unidades se basó en las estipuladas por el SGC (Servicio Geológico Colombiano) (15).

Se vectorizaron los cambios presentes en el curso del río, en diferentes periodos de tiempo, logrando hacer una superposición de las diferentes coberturas en cada año, tomando una serie de puntos de referencia para percibir cualquier cambio en todos los parámetros evaluados, especialmente el cauce del río. Los cambios más relevantes en la geometría y el área observada en la comparación permitieron especificar la evolución del cauce, interpretando la dinámica fluvial del brazo de Mompox, a través de la identificación de orillas permanentes, avulsiones, convamientos, meandros abandonados, bancos de arenas, estrechamiento del cauce y migraciones laterales.

3. Resultados

3.1. Geomorfología

El área de estudio exhibe una topografía suavizada plana, las cotas varían aproximadamente un metro entre unas y otras. Cuenta con un sistema fluvial meándrico con drenajes estacionarios trenzados, paralelos al brazo de Mompox; los drenajes y canales están interconectados con depresiones (ciénagas y humedales) que almacenan cuerpos de agua por un tiempo considerable a lo largo del año, estas zonas se conocen como llanuras inundables o llanuras de inundación; a lo largo del río se aprecian áreas de depósitos en las curvas de los meandros cuya sinuosidad es alta debido a la madurez del canal; la capa vegetal es espesa a causa de la abundancia de agua, se observan bosques primarios pequeños y bosques galerías en los canales estacionarios, también hay cercas vivas que indican separación de predios o límites de linderos (Fig. 2, Tabla I).

3.2. Datos hidrometeorológicos

Se recopiló información del brazo de Mompox desde el 1972 hasta el 2015 (Tabla II), utilizada para un análisis estadístico de los periodos de retornos de futuras inundaciones que se puedan presentar.

Dicha información se procesó y analizó con ayuda de histogramas (Fig. 3), que representan valores máximos, mínimos y medios de la estación hidrológica de San Roque, valores que sugieren una tendencia cíclica de ocurrencia de inundaciones con respecto a los caudales máximos del río.

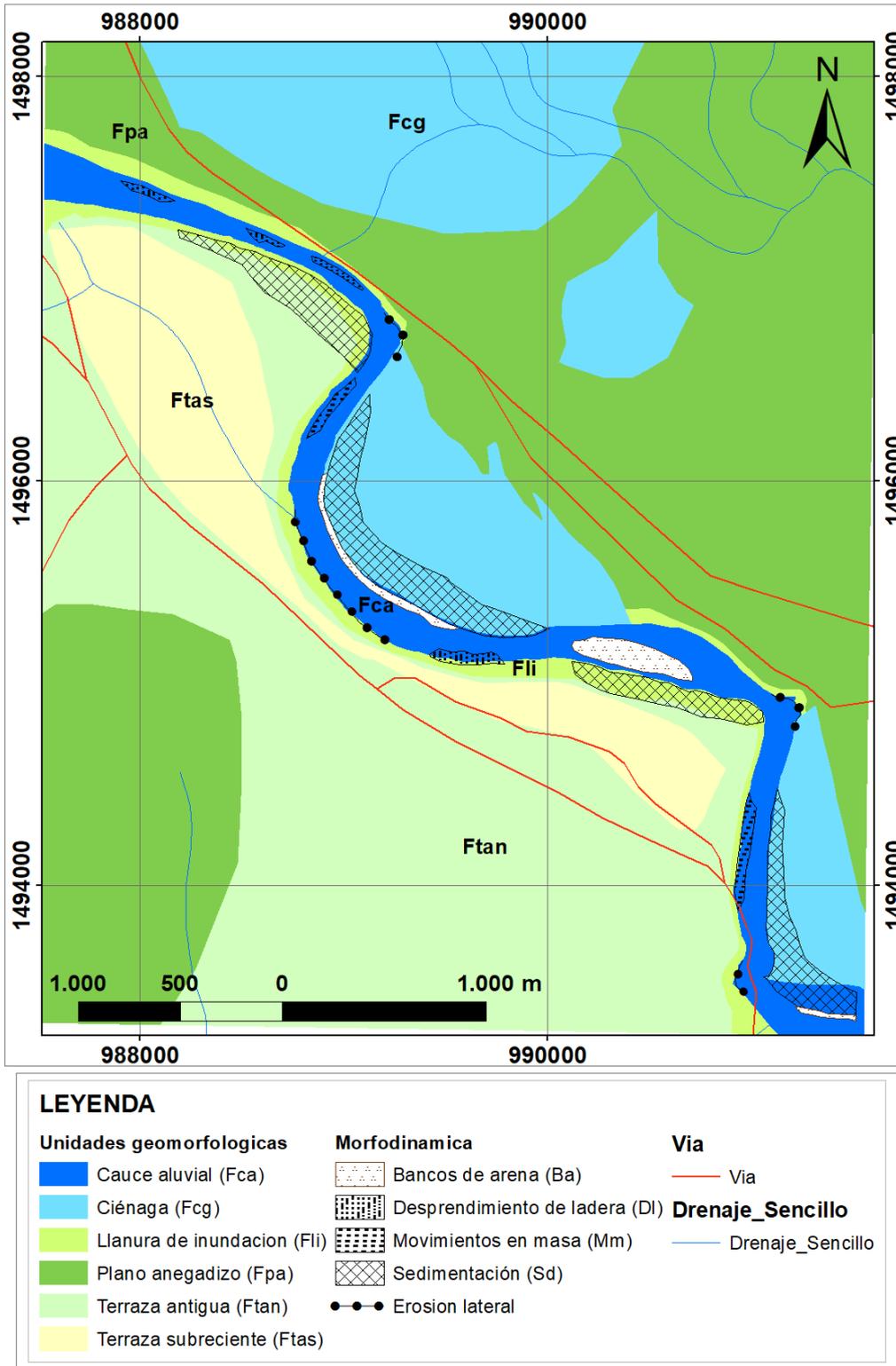


Figura 2. Mapa de unidades geomorfológicas y morfodinámicas

Tabla I. Características de las unidades geomorfológicas

Unidad	Descripción	Atributos	Amenazas
Ciénaga (Fcg)	Relieve negativo, localizado detrás de las vegas de divagación activas y albardones mayores; son depresiones que acumulan aguas de desborde y la pueden retener, ya sea temporal o casi permanentemente.	Sectorizada en zonas de pequeñas depresiones aisladas, dada su composición granulométrica puede conservar agua temporalmente (hasta seis meses).	Inundaciones, descomposición de materia orgánica por agua estancada (malos olores, plagas).
Vega de divagación activa (Fva)	Ligeramente inclinada de entre 0% y 2% de pendiente a lo largo de los sistemas fluviales; constituida por aluviones depositados por el río. Se origina por la migración de la franja de meandros aguas abajo, ensanchando por lo tanto el valle, cuyas laderas pueden llegar a separarse algunos kilómetros.	Depósitos activos actuales situados en las orillas del río, en forma semilunar de banquillos con paquetes limoarenosos y limoarcillosos.	Inundaciones.
Terraza antigua y subreciente (Ftan-Ftas)	Camellón alargado, de forma convexa, depositado paralelo a las orillas del lecho del río; se acumula en los excesos de cargas gracias a los desbordamientos del río.	Depósito por desbordamientos e inundaciones, forma convexa como lomo o camellón con depresión suavizada, puede estar constituido por materiales gruesos o finos.	Inundaciones y desprendimientos.
Plano anegadizo (Fpa)	Planicie formada por el brazo de Mompox, ligeramente inclinada hacia las ciénagas y adyacente a los albardones, recibe aguas de desborde durante las crecientes.	Depósito de material arenolimoso en eventos de desborde, poblado por vegetación.	Inundaciones, descomposición de materia orgánica y plagas.

En general los caudales muestran valores simétricos, es decir, picos y depresiones con frecuencias temporales similares. Los máximos caudales presentaron picos altos en los años 1981 (1.559 m³/s), 1988 (1.293 m³/s), 1999 (1.208 m³/s), 2005 (1.219 m³/s), 2008 (1.315 m³/s) y 2010-2011 (1.200 m³/s). Por otra parte, los caudales mínimos muestran depresiones en los años 1977 (12 m³/s), 1983 (11,89 m³/s), 1988 (17 m³/s), 1992 (71,30 m³/s), 1998 (30,75 m³/s), 2003 (48,75 m³/s), 2007 (69,50 m³/s), 2010 (51,75 m³/s) y 2015 (41,25 m³/s). Mientras los valores medios anuales de los caudales exhiben un promedio de 500 m³/s aproximadamente.

3.3. Análisis multitemporales y dinámica fluvial

A lo largo del tramo del brazo de Mompox analizado se aprecia un claro desplazamiento en dirección noroeste, desde el año 1969 hasta el 2017; además, un aumento de sinuosidad, tanto en la zona norte como en la zona sur, explicado por los procesos erosivos y depositacionales que se dan naturalmente; sin embargo, el incremento de estos procesos se debe a que todas las zonas de avulsión de los meandros son usadas para extraer materiales de construcción (arenas y gravas), alterando seriamente el comportamiento dinámico del cauce (Fig. 4).

La dinámica fluvial a lo largo de estos 49 años de estudio demuestra un cambio en factores geométricos y volumen de agua, debido a la tendencia del río a perder agua a través de los años. En términos generales, la dinámica que el río presenta se puede catalogar como estable, debido a

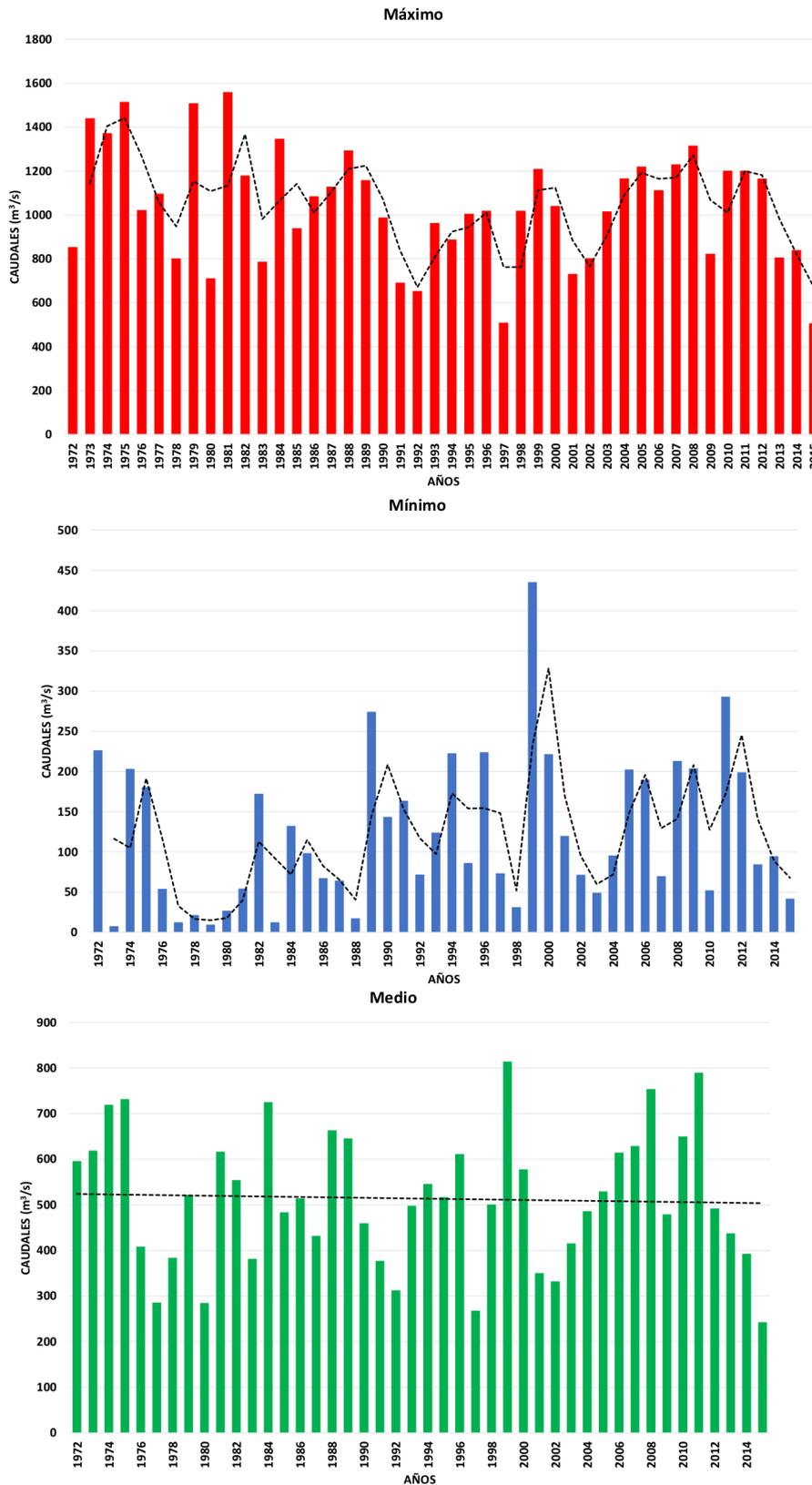


Figura 3. Histogramas de precipitaciones máximas, mínimas y medias. Estación hidrológica San Roque (25027320)

Tabla II. Información de caudales máximos anuales de la estación hidrológica de San Roque, Magdalena de los años 1972 al 2015

Información Hidrológica del IDEAM									
Estación					San Roque: 25027320				
Coordenadas		Longitud: 0904 N			Longitud: 7409 W			Elevación: 24 m.s.n.m.	
Caudales anuales (m ³ /s)					Caudales anuales (m ³ /s)				
No.	Año	Máximo	Mínimo	Medio	No.	Año	Máximo	Mínimo	Medio
1	1972	852,00	226,10	595,33	23	1994	886,00	222,20	545,04
2	1973	1.439,00	7,00	618,05	24	1995	1.004,00	85,72	516,25
3	1974	1.371,00	203,00	718,78	25	1996	1.018,00	223,50	610,53
4	1975	1.514,00	180,00	730,95	26	1997	507,50	73,00	267,21
5	1976	1.021,00	53,71	407,63	27	1998	1.018,00	30,75	499,89
6	1977	1.095,00	12,00	285,04	28	1999	1.208,00	435,20	813,61
7	1978	800,50	21,00	383,15	29	2000	1.040,00	221,10	576,88
8	1979	1.508,00	9,02	520,76	30	2001	730,00	119,40	349,72
9	1980	709,50	26,30	283,79	31	2002	801,80	71,00	331,51
10	1981	1.559,00	54,00	615,91	32	2003	1.015,00	48,75	414,55
11	1982	1.178,00	172,00	553,68	33	2004	1.165,00	95,00	484,83
12	1983	785,00	11,89	380,73	34	2005	1.219,00	202,20	528,50
13	1984	1.345,00	132,00	724,63	35	2006	1.111,00	189,20	614,08
14	1985	938,40	98,00	482,43	36	2007	1.229,00	69,50	628,38
15	1986	1.083,00	67,00	513,45	37	2008	1.315,00	212,80	752,99
16	1987	1.127,00	64,00	431,03	38	2009	821,40	203,40	478,12
17	1988	1.293,00	17,00	662,64	39	2010	1.200,00	51,75	649,43
18	1989	1.157,00	274,00	645,21	40	2011	1.200,00	292,70	789,23
19	1990	987,20	143,00	458,94	41	2012	1.164,00	198,50	491,08
20	1991	689,40	163,30	376,46	42	2013	804,80	84,00	436,46
21	1992	652,30	71,30	311,95	43	2014	838,40	94,00	391,92
22	1993	961,60	123,60	497,06	44	2015	504,80	41,25	241,72

desplazamientos, cambios de geometría y pérdida de volumen que se manifiesta en el mapa realizado, mostrando el proceso de evolución normal de un río con las características del brazo de Mompox (Fig. 4).

4. Conclusiones

Las unidades geomorfológicas presentes en el área pertenecen al ambiente de formación fluvial-lacustre, como ciénaga, vega de divagación activa, plano anegadizo, terraza antigua y subreciente, geformas que favorecen procesos de inundación, debido a los atributos o las características que presenta cada uno.

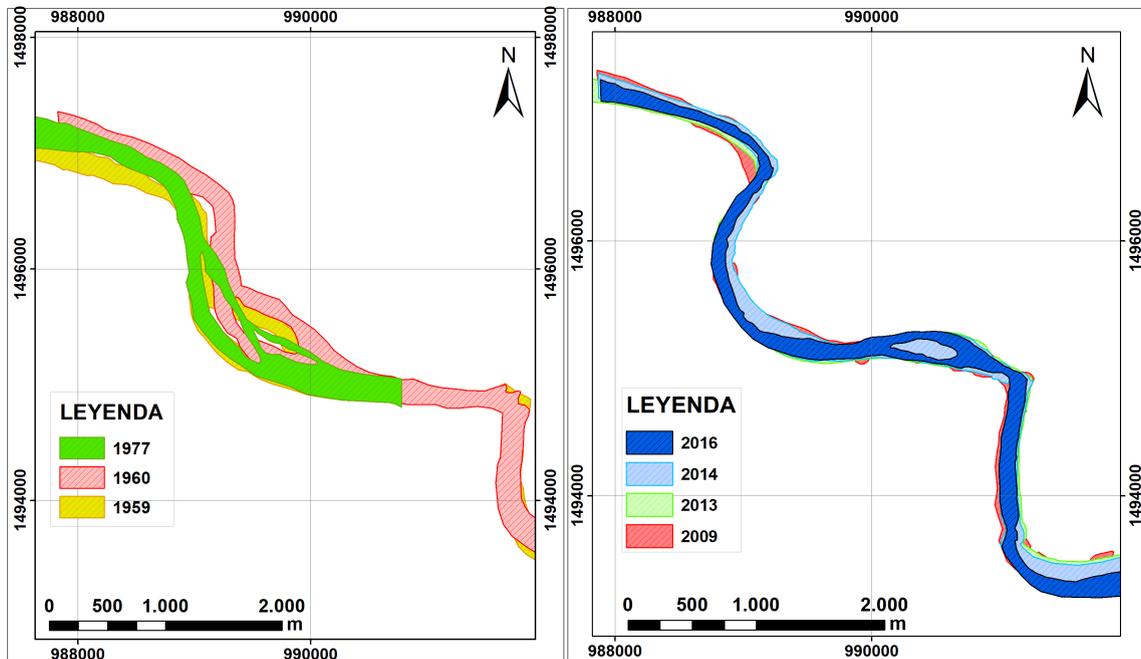


Figura 4. Análisis multitemporal del brazo de Mompox (río Magdalena)

Los procesos morfodinámicos que modelan el brazo de Mompox corresponden a erosión lateral, desprendimientos de laderas, bancos de arena y sedimentaciones, siendo los principales agentes modeladores de la superficie del área; causando afectación directa en la zona con respecto a las inundaciones, debido a que las sedimentaciones y los bancos de arena son resultado de agradación y carga de sedimentos del lecho del río, ocasionando que el nivel del agua se incremente tendiendo a desbordarse con mayor facilidad, produciendo mayor erosión lateral y desprendimiento en las laderas, permitiendo el paso del agua hacia la planicie inundable.

La dinámica fluvial del río Magdalena en la depresión momposina se comporta como un río anastomosado; en términos generales, es el principal factor de inundación en el área; no obstante, el brazo de Mompox posee un comportamiento meándrico, y como tal no es el agente principal que detona la inundación en el área; sin embargo, cumple un papel en las inundaciones, debido a que suministra aguas a las ciénagas y planicies o llanuras de inundación en periodos de lluvia, cuando el nivel del río se incrementa, iniciando así el proceso de inundación.

5. Contribución de autores

Todos los autores contribuyeron por igual en la investigación.

Referencias

- [1] R. A. Castro Padilla, C. E. Jiménez Peñaranda, E. E. Rojas Martínez, D. C. Manco Jaraba y F. D. Lascarro Navarro, "Amenaza y vulnerabilidad por inundación del brazo de Mompox (río

- Magdalena), corregimiento de Cantera, Bolívar, Colombia”, *Prospectiva*, vol. 19, no. 2, 2021. ↑2
- [2] C. Euscátegui y G. Hurtado, “Análisis del impacto del fenómeno ‘La Niña’ 2010-2011 en la hidroclimatología del país”, IDEAM, 2011 [en línea]. <https://bit.ly/2no145b> ↑2
- [3] C. C. Fernández Lopera, J. A. Castro Rivera, Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, *Fenómeno El Niño: análisis comparativo 1997-1998 / 2014-2016*, UNGRD, 2016 [en línea]. <https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/handle/20.500.11762/20564> ↑2, 3
- [4] A. C. Ruiz Cabarcas y J. D. Pabón Caicedo, “Efecto de los fenómenos de El Niño y La Niña en la precipitación y su impacto en la producción agrícola del departamento del Atlántico (Colombia)”, *Cuad. Geogr. Rev. Colomb. Geogr.*, vol. 22, no. 2, pp. 35-54, 2013. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v22n2.37015> ↑2
- [5] D. C. Manco Jaraba, A. Rudas Muñoz y E. E. Rojas Martínez, “Estudio sedimentológico en la cuenca de la quebrada La Floresta en los municipios de Pailitas y Tamalameque, departamento del Cesar, Colombia”, *Inge Cuc*, vol. 15, no. 2, pp. 78-86, 2019. <https://doi.org/10.17981/ingecuc.15.2.2019.08> ↑2
- [6] D. C. Manco Jaraba, A. Rudas Muñoz, y E. E. Rojas Martínez, “Estudio sedimentológico en la cuenca del río San Alberto del Espíritu Santo, municipio de San Alberto, departamento del Cesar (Colombia)”, *Prospectiva*, vol. 18, no. 1, pp. 46-52, 2020. <https://doi.org/10.15665/rp.v18i1.2191> ↑2
- [7] D. Manco Jaraba, E. Rojas Martínez, A. Rudas Muñoz y Y. Moscote Daza, “Estudio sedimentológico en la cuenca de la quebrada San Pedro localizado en el municipio de Curumaní, departamento del Cesar, Colombia”, *Ing. USBMed*, vol. 9, no. 2, pp. 19-26, 2018. <https://doi.org/10.21500/20275846.3498> ↑2
- [8] O. D. Bello (coord.), *Manual para la evaluación de desastres*, Santiago de Chile: Naciones Unidas, CEPAL, 2014 [en línea]. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/35894/1/S2013806_es.pdf ↑3
- [9] A. K. Jha, R. Bloch y J. Lamond, *Ciudades e inundaciones: guía para la gestión integrada del riesgo de inundaciones en ciudades en el siglo 21*, Washington DC: Banco Mundial, 2012 [en línea]. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/2241> ↑3
- [10] Gobernación del Departamento de Bolívar, *Plan Departamental de Gestión del Riesgo: Bolívar (Colombia)*, Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo Colombia, 2012 [en línea]. <https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/handle/20.500.11762/395> ↑3
- [11] Consejo Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres, Regidor (Bolívar - Colombia), *Plan Local de Gestión del Riesgo de Desastres: Municipio de Regidor - Bolívar*, Regidor, 2010. [en línea]. <https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/handle/20.500.11762/737> ↑3
- [12] T. L. Ruiz Morales y L. V. Salazar Duarte, *Determinación de posibles zonas en amenaza por inundación en el municipio de Mompós - Bolívar, mediante el uso de procesamiento digital de imágenes y herramientas SIG, y su posterior publicación como datos abiertos (open data) (trabajo de grado)*, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2017 [en línea]. <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/7269> ↑3

- [13] L. F. Herrera, G. Sarmiento, F. Romero, P. J. Botero y J. C. Berrío, “Evolución ambiental de la depresión momposina (Colombia) desde el Pleistoceno tardío a los paisajes actuales”, *Geol. Colomb.*, vol. 26, pp. 95-121, 2001. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/geocol/article/view/31562/31590> ↑4
- [14] . G. Robertson, O. Jaramillo y M. A. Castiblanco, *Guía metodológica para la elaboración de mapas geomorfológicos a escala 1:100.000*, Bogotá, IDEAM, Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental, 2013. [en línea]. http://www.ideam.gov.co/documents/11769/152722/Guia_Enero_201401+%281%29.pdf ↑4
- [15] J. H. Carvajal Perico, *Propuesta de estandarización de la cartografía geomorfológica en Colombia*. Bogotá: Servicio Geológico Colombiano, 2012. ↑4

Ricardo Antonio Castro Padilla

Ingeniero Geólogo de la Fundación Universitaria del Área Andina.

Email: ricastropadilla@gmail.com

Camilo Eduardo Jiménez Peñaranda

Ingeniero Geólogo de la Fundación Universitaria del Área Andina. Especialización de Planeación Urbano Regional en la Universidad Nacional de Colombia.

Email: cajimenez11@estudiantes.areandina.edu.co

Elías Ernesto Rojas Martínez

Geólogo de la Universidad Industrial de Santander. Especialista en Minería a Cielo Abierto de la Fundación Universitaria del Área Andina. Docente asistente del programa de Ingeniería Geológica de la Fundación Universitaria del Área Andina, sede Valledupar.

Email: eliaser@hotmail.com

Frank David Lascarro Navarro

Ingeniero Geólogo de la Fundación Universitaria del Área Andina. Maestrante en Geología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (Perú).

Email: franklascarronavarro@gmail.com

Dino Carmelo Manco Jaraba

Ingeniero de Minas de la Fundación del Área Andina. Magíster en Gestión Ambiental y Energética en las Organizaciones de la Universidad Internacional de La Rioja (España). Docente ocasional del programa de Ingeniería Ambiental e Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad de La Guajira, sede Riohacha.

Email: dinomancojaraba@gmail.com

