

Amenaza y vulnerabilidad por inundación del Brazo de Mompóx (Río Magdalena), corregimiento de Cantera, Bolívar, Colombia

Threat and vulnerability by flooding of the Branch of Mompóx (Magdalena River), county of Cantera, Bolívar, Colombia

Ricardo Antonio Castro Padilla¹; Camilo Eduardo Jiménez Peñaranda²; Elías Ernesto Rojas Martínez³; Dino Carmelo Manco Jaraba⁴; Frank David Lascarro Navarro⁵.

¹Ingeniero Geólogo, Fundación Universitaria del Área Andina. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8737-1239>

²Ingeniero Geólogo, Fundación Universitaria del Área Andina. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9142-7178>

³Geólogo, Esp. Minería a Cielo Abierto, Fundación Universitaria del Área Andina, Grupo de Investigación en Ingeniería Geológica. Valledupar. Colombia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0402-1565>

⁴M. Sc. Gestión Ambiental y Energética en las Organizaciones, Universidad de La Guajira. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8506-094X>.

⁵Ingeniero Geólogo, Fundación Universitaria del Área Andina. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9433-2863>
Email: dinomancojaraba@gmail.com o dcmancoj@uniguajira.edu.co

Recibido: 19/04/2021

Aceptado: 17/06/2021

Cite this article as: R. A. Castro Padilla, C. E. Jiménez Peñaranda, E. E. Rojas Martínez, D. C. Manco Jaraba, F. D. Lascarro Navarro “Amenaza y vulnerabilidad por inundación del brazo de Mompóx (Río Magdalena), corregimiento de Cantera, Bolívar, Colombia”, *Prospectiva*, Vol 19, N° 2, 2021.

<https://doi.org/10.15665/rp.v19i2.2712>

RESUMEN

El Brazo de Mompóx, se localiza en inmediaciones al corregimiento de Cantera, municipio de Margarita (Bolívar), donde se han presentado desastres naturales relacionados con inundaciones, afectando vidas humanas, estructuras y zonas agropecuarias. El objetivo de la investigación, es identificar y analizar las áreas de amenaza y vulnerabilidad por inundación del Brazo de Mompóx (Río Magdalena). La metodología consistió en toma de información en campo y análisis espaciales, a través de batimetría, medidas de la superficie del agua y caudal del río; para la evaluación de amenaza y vulnerabilidad se realizó un mapa de uso del suelo mediante clasificación supervisada de imágenes satelitales de alta resolución verificadas con la metodología de cobertura de tierras del IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi); se calculó el comportamiento hidrodinámico con el software Hec-Ras, exponiendo las áreas inundables en periodos de retorno de 5, 10, 20, 50 y 100 años; mostrando las zonas de vulnerabilidad y amenaza a la que está sometida el sector. Concluyéndose, que el Brazo de Mompóx y sus interconexiones con cuerpos de agua cercanos favorecen el incremento del nivel de agua, debido a que el nivel freático asciende sobresaturando el suelo, generando inundaciones; el área con amenaza alta, es de 792,28 hectáreas equivalente a un 39,61% del área total. El porcentaje de viviendas con vulnerabilidad alta es de 76%. La ganadería es una de las principales actividades económicas, ocupando un área aproximada de 101, 29 hectáreas equivalente a 18,60% del área total de estudio y posee una vulnerabilidad alta.

Palabras clave: Análisis espacial, Amenaza, Brazo de Mompóx, Río Magdalena, Vulnerabilidad.

ABSTRACT

The Mompox's Branch, is located in close to the county of Cantera, municipality of Margarita (Bolívar), where there have been natural disasters related to floods, affecting human lives, structures and agricultural areas. The objective of the research is to identify and analyze the areas of threat and vulnerability due to flooding in the Mompox's branch (Magdalena River). The methodology consisted of taking information in the field and spatial analysis, through bathymetry, measurements of the water surface and river flow; For the evaluation of threat and vulnerability, a land use map was made by supervised classification of high-resolution satellite images verified with the land cover methodology of the IGAC (Agustín Codazzi Geographical Institute); The hydrodynamic behavior was calculated with the Hec-Ras software, exposing the flooded areas in return periods of 5, 10, 20, 50 and 100 years; showing the areas of vulnerability and threat to which the sector is subjected. Concluding, that the Mompóx branch and its interconnections with nearby bodies of water favor an increase in the water level, due to the fact that the water table rises supersaturating the soil, generating floods; the area with high threat is 792.28 hectares, equivalent to 39.61% of the total area. The percentage of homes with high vulnerability is 76%. Livestock is one of the main economic activities, occupying an approximate area of 101.29 hectares, equivalent to 18.60% of the total study area and has a high vulnerability.

Keywords: Magdalena river, Mompox Branch, Spatial analysis, Threat, Vulnerability.

1. INTRODUCCIÓN

En Colombia los fenómenos climáticos del Niño y La Niña ocurren de manera irregulares a periódicas, generados por el desequilibrio global eco-sistémico del calentamiento global, desencadenando grandes repercusiones humanas, ambientales, sociales y económica, debido a que son los principales detonantes de inundaciones y movimientos en masa, aunque también presentan déficit de lluvias que conducen a sequías, incendios forestales y heladas [1]–[6]. Las inundaciones son producidas por lluvias persistentes que abarcan grandes extensiones territoriales, causando un aumento progresivo del nivel de las aguas contenidas dentro de un cauce, superando la altura de las orillas naturales o artificiales, ocasionando desbordamientos y dispersión de las aguas sobre las llanuras de inundación y zonas aledañas a los cursos de agua normalmente no sumergidas [7]–[11].

En el departamento de Bolívar y más concretamente en la zona de la depresión Momposina, las inundaciones son fenómenos de naturaleza variable tanto en periodicidad como en magnitud [2], [12]–[14]. Factores como la ubicación y los fenómenos ambientales, son claves en el entendimiento del comportamiento de las inundaciones en el área; el principal componente a estudiar es la ubicación, ya que la zona se encuentra en las riberas de un ramal del Río Magdalena, Brazo de Mompóx; en una de las zonas más críticas de la depresión Momposina, conformada por tierras bajas inundables (llanuras aluviales), tierras altas ribereñas (terrazas Terciarias de espesor, altura y drenaje variables), por colinas y estribaciones de la Serranía de San Lucas, Perijá, Ayapel y San Jacinto [13]–[18].

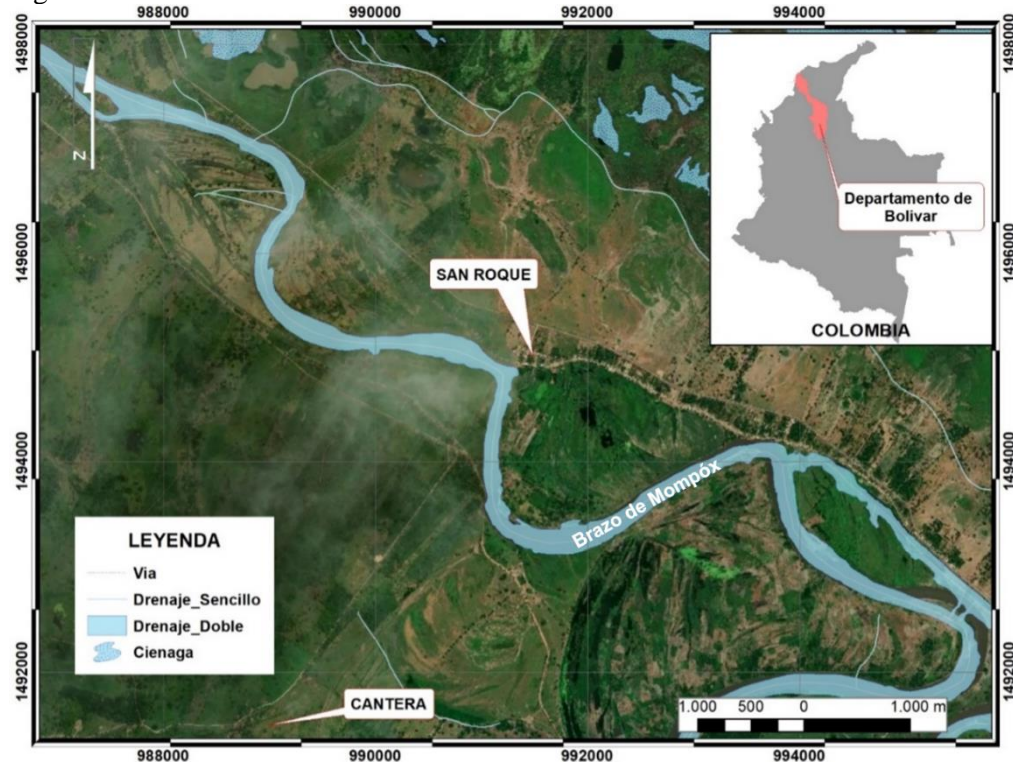
En el corregimiento de Cantera se registran antecedentes de inundaciones que lo han afectado, debido a la amenaza de inundación latente del Brazo de Mompóx. Esta investigación tiene como objetivo analizar los factores hidrodinámicos, determinar zonas de amenaza y vulnerabilidad, con la finalidad de poder brindar solución a la población en riesgo.

2. LOCALIZACIÓN

El área evaluada contempla un tramo del Río Magdalena (Brazo de Mompóx), en inmediaciones al corregimiento de Cantera, municipio de Margarita, departamento de Bolívar, Colombia, definiéndose un área de influencia dentro de un polígono regular (rectangular) de 2.000 hectárea (Figura 1).

Figura 1. Localización del área de investigación.

Figure 1. Location of the research area.



3. METODOLOGÍA

En la investigación inicialmente se levantó la batimetría, obteniendo medidas altimétricas de la superficie del agua y del lecho a lo largo del transecto de interés del río en 8 Km de longitud, los puntos fueron tomados aproximadamente cada 1,5 Km de distancias entre uno y otro, además, se calculó el caudal del río. Para la determinación de la profundidad del río se utilizó una cuerda con medidas métricas de aproximadamente 15 m con una pesa de 20 kg como ancla; posteriormente los datos de profundidad se promediaron, adquiriendo la profundidad media del transecto del Brazo de Mompóx.

Con imágenes satelitales de alta resolución se diseñó el mapa de uso del suelo, mediante clasificación supervisada con el software ArcGis de Environmental Systems Research Institute (ESRI); la posición y distribución geográfica de las unidades de usos del suelo se verificaron con base a la metodología de cobertura de tierras del IGAC [19].

Mediante las metodologías de [20][21], el en software Hec-Ras se calculó el comportamiento hidrodinámico con periodos de retorno de 5, 10, 20, 50 y 100 años (entendiéndose como periodo de retorno a la designación de intervalos de tiempo necesario para completar un ciclo repetitivo en el que un evento vuelve a suceder), con respecto a la mínima, mediana y máxima creciente, incorporando datos de campo, caudal del río, pendiente media, delimitación de bancos, trayectorias de flujos (flowpath), trazos de las secciones transversales del río (cross-sections) y valores de índice de rugosidad del terreno (vegetación, irregularidades del canal, rugosidad de superficie, alineación del canal, erosión, depositación, tamaño y forma del canal). Los resultados de las áreas inundables muestran las zonas de vulnerabilidad y amenaza a la que está sometida el sector analizado.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Cobertura de uso de suelos

Con la clasificación supervisada en imágenes satelitales de alta resolución se identificaron las coberturas de suelo; la información se verificó en campo y se redefinieron las coberturas con correcciones específicas basadas en la metodología de cobertura de tierras del Instituto Geográfico Agustín Codazzi [19], se posicionan geográficamente la distribución del uso de suelos, asignándose las siguientes unidades: Aguas continentales (Ac), cultivos anuales o transitorios (C1), cultivos semipermanentes o permanentes (C2), hidrotifia continental (Hc) y pastos (Pa) (Figura 2 y 3) (Tabla 1).

Tabla 1. Características de las unidades del uso del suelo.

Table 1. Characteristics of the land use units.

Unidades de uso del suelo	Descripción	Granulometría	Color
Aguas Continentales (Ac)	Zona con una depresión topográfica aparente, que se caracteriza por la acumulación de agua, con flora y fauna muy singular.	Arcillosos - limosos	Rojizos
Hidrotifia Continental (Hc)	Zonas bajas, normalmente saturadas de agua y cubiertas por árboles y vegetación acuática.	Arcillosos – limosos con presencia de turba orgánica	Rojizos a pardo
Pastos (Pa)	Zonas de suelo descubierto o con presencia de pasto de corte, normalmente con alturas bajas a medias, y presencia de cuerpos de agua esporádicos.	Limosos – arenas muy finas	Pardo a marrón
Cultivos anuales o transitorios (C1)	Suelos tratados por el hombre de manera directa, en estos se observa la presencia de cultivos cuyo ciclo vegetativo dura un año o menos, llegando incluso a ser de unos pocos meses. Se caracterizan fundamentalmente porque, después de la cosecha, es necesario volver a sembrar o plantar para seguir produciendo.	Limoso con presencia de humos para cultivos.	Gris, pardo y marrón
Cultivos semipermanentes o permanentes (C2)	Tierras dedicadas a cultivos cuyo ciclo vegetativo es superior a un año y donde se producen varias cosechas sin necesidad de volver a plantar. Se presentan cultivos permanentes como caña de azúcar, caña panelera, plátano y banano.	Limoso con presencia de humos para cultivos.	Gris, pardo y marrón

Figura 2. Mapa de uso del suelo.
Figure 2. Land use map.

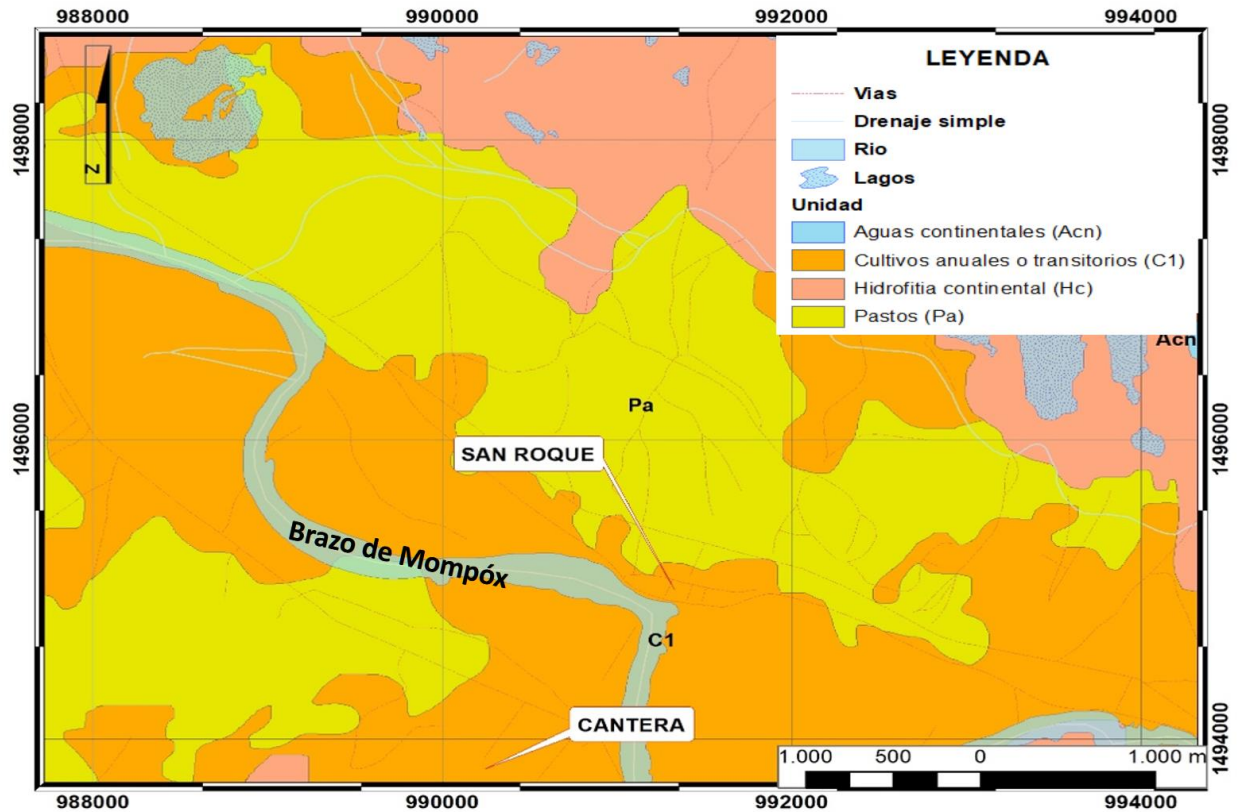


Figura 3. Fotografías del área, muestran algunos usos del suelo. A: Aguas continentales; B: Hidrotifia continental; C: Pastos; D: Cultivos semipermanentes a permanentes; E: Cultivos permanentes o transitorios.
Figure 3. Photographs of the area, show some land uses. A: Inland waters; B: continental hydrofitia; C: Pastures; D: semi-permanent to permanent crops; E: Permanent or transitory crops.

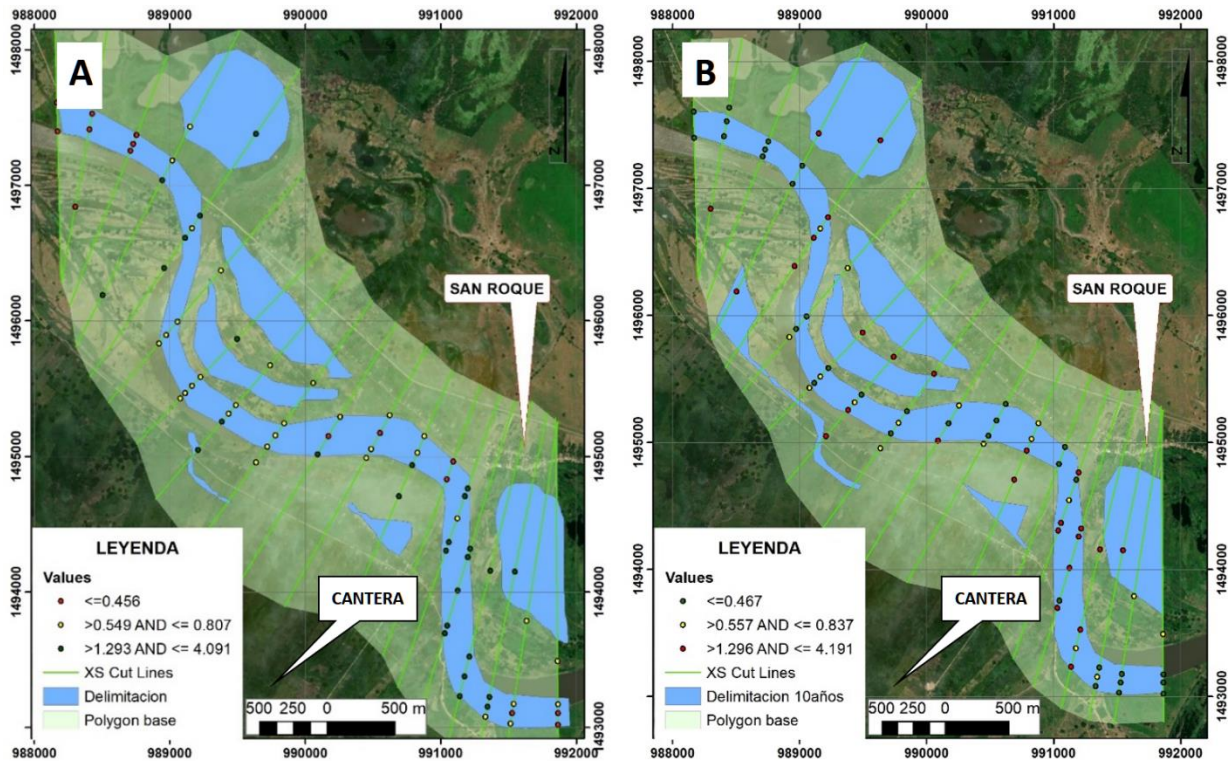


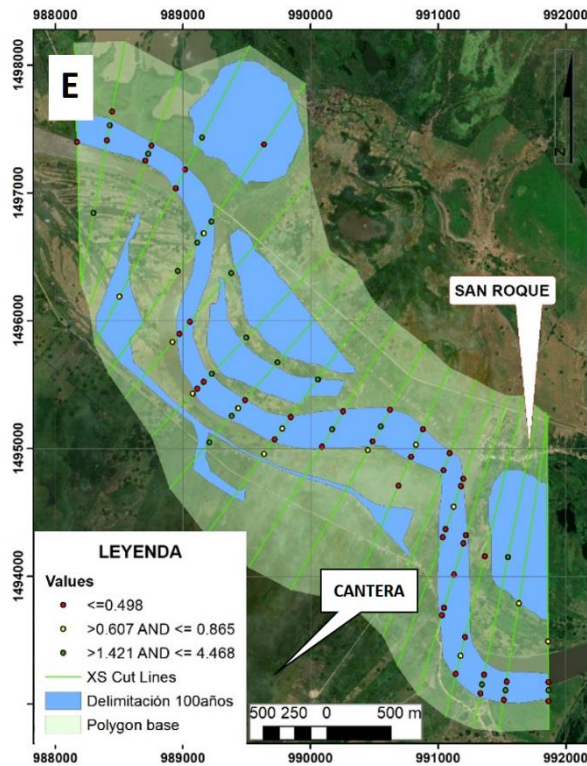
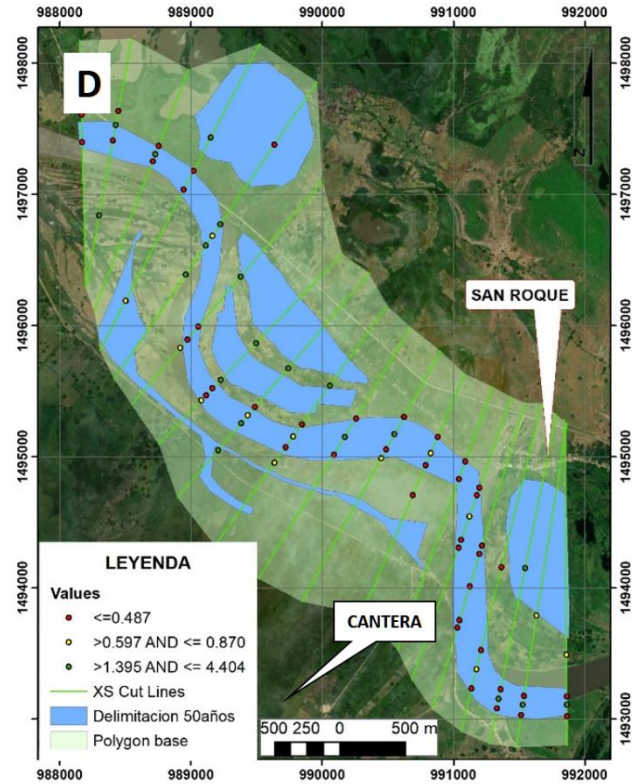
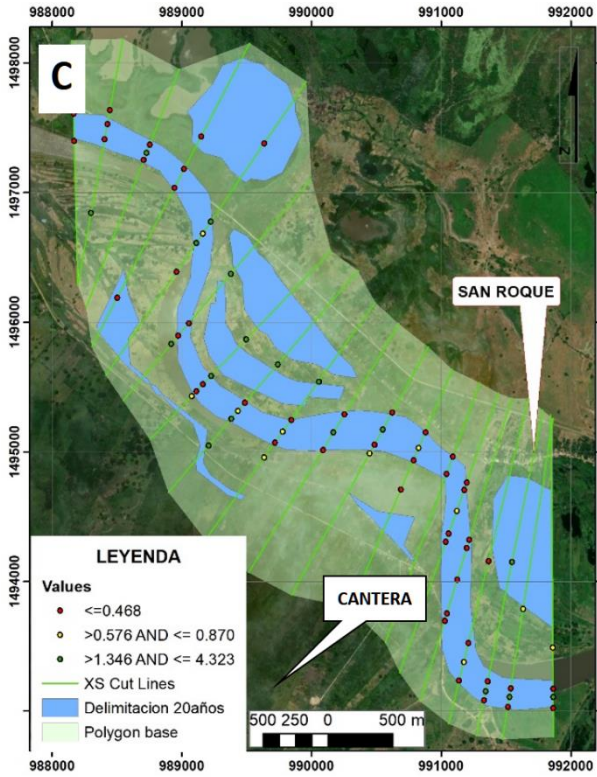
5.2 Modelo hidráulico para estimación de inundaciones y avenidas torrenciales.

En el procesamiento de la información empleándose el software Hec-Ras, se estimaron cinco periodos de retorno, con base al análisis estadístico de caudales obtenidos de la distribución hidrológica de los métodos de Gumbel [22]–[25], entre 5, 10, 20, 50 y 100 años. Para el periodo de retorno de 5 años se estimó un caudal de 1.260 m³/s. Al periodo de retorno de 10 años, se consideró un caudal de 1.364 m³/s, los puntos de velocidades varían debido al incremento de caudal. En el periodo de retorno de 20 años, se asignó un caudal de 1.468 m³/s, conllevando a la variación de magnitud en las variables de velocidad analizadas por el sistema. El periodo de retorno de 50 años se utilizó como modelo para la realización de los mapas de amenaza y vulnerabilidad, debido a que abarca un área importante de la zona de interés, aunque es un periodo de retorno lejano, hace referencia a los datos obtenidos en años pasados en el Río Magdalena (Brazo de Mompóx), donde el caudal es elevado y produce daños considerables gracias a las áreas inundadas que deja el río en su recorrido, asignándole un caudal de 1.576 m³/s. Para el periodo de retorno de 100 años, el caudal es un poco exagerado 1.647 m³/s, hace referencia a las inundaciones anómalas, causadas por fenómenos, de las cuales no se tienen precedente (Figura 4).

Figura 4. Mapas de periodos de retorno del área de estudio. A: retorno de 5 años; B: retorno de 10 años; C: retorno de 20 años; D: retorno de 50 años; E: retorno de 100 años.

Figure 4. Maps of return periods of the study area. A: 5-year return; B: 10-year return; C: 20-year return; D: 50-year return; E: 100-year return.





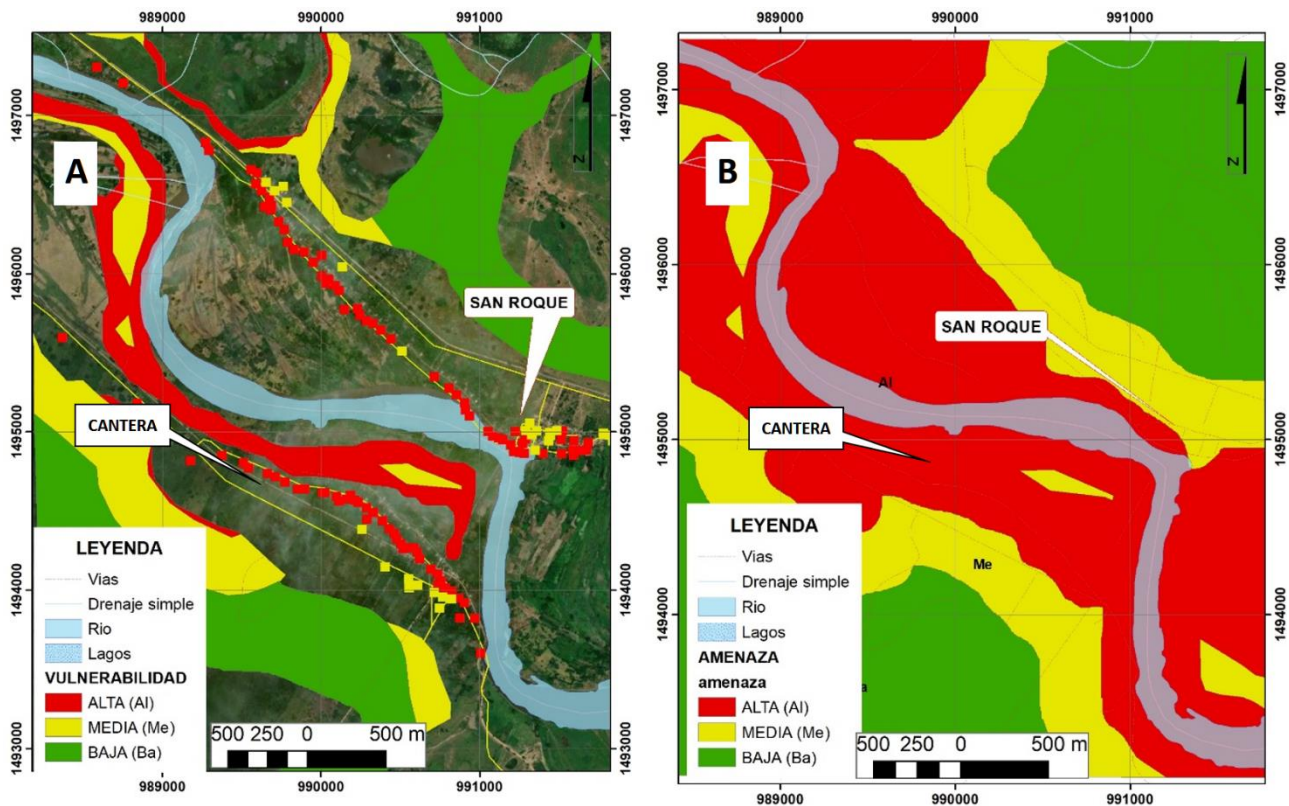
5.3 Análisis de amenaza y vulnerabilidad

Las áreas y rangos de amenazas (altas, medias y bajas), se generaron a partir de los mapas de periodos de retornos; las zonas de amenaza alta son las más cercanas al río, contempladas mayoritariamente en las depresiones de llanuras inundables; las zonas de amenaza media son las que se encuentran aledañas a las depresiones de llanura inundables, no son de gran afectación, pero si se afectaran, si la inundación se da en grandes magnitudes; y las zonas de amenaza baja, son las que no se verían afectadas directamente por las inundaciones originadas por el Río Magdalena (Brazo de Mompóx) (Figura 5B).

Las zonas de vulnerabilidad se concibieron con base al mapa de amenaza y a los elementos que se tienen en el área de estudio (vías, casas, cultivos, etc.). Se estimaron tres rangos de vulnerabilidad (alta, media y baja) (Figura 5A).

Figura 5. Mapas de: vulnerabilidad (A) y Amenaza a inundaciones (B).

Figure 5. Vulnerability (A) and flood hazard (B) maps.



La vulnerabilidad alta muestran los elementos que se encuentren cercanos al río y las llanuras inundables, abarcando un área de 792,28 hectáreas de las 2.000 hectáreas totales del área de estudio, lo que equivale a un 39,61% del área total; las viviendas que presentan alta vulnerabilidad son 176 de 230 en total, lo que equivale a un 76%; en el corregimiento de Cantera existen un total de 90 viviendas, de las cuales 79 poseen vulnerabilidad alta, equivaliendo a un 87,77%; la ganadería es la principal actividad económica del sector de estudio, con una extensión de 101,29 hectáreas equivalente al 18,60% del área total, presentando una vulnerabilidad alta.

La vulnerabilidad media contempla los elementos cercanos a las llanuras inundables, afectados por inundaciones de fuertes magnitudes; y en las zonas de vulnerabilidad baja se ubican los elementos lejanos de ser afectados por las inundaciones del río.

6. CONCLUSIONES

El Brazo de Mompóx (Río Magdalena), no es el causante directo de las inundaciones de la zona, agentes externos como las interconexiones de los cuerpos de agua existentes dentro de la depresión Momposina unidos al Brazo de Loba en periodos de lluvias y crecidas son los detonantes de las inundaciones.

El Brazo de Mompóx y sus interconexiones con cuerpos de agua existentes en la depresión Momposina (ciénagas y humedales) favorecen el incremento del nivel del agua debido al ascenso de los niveles freáticos, sobresaturando el suelo e impidiendo las escorrentías ocasionando que las aguas se estanquen y desborden, causando eventos de inundación en la mayoría de la zona. El área con amenaza alta es de 792,28 hectáreas equivalente a un 39,61% del área total. El número total de viviendas que presentan vulnerabilidad alta son de 176 que equivale a un 76% del total. En el corregimiento de Cantera existen un total de 90 viviendas, de las cuales 79 poseen vulnerabilidad alta, equivaliendo a un 87,77%. La ganadería, principal actividad económica del sector posee una vulnerabilidad alta.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] C. Euscategui and G. Hurtado, “Análisis del impacto del fenómeno ‘LA NIÑA’ 2010-2011 en la hidroclimatología del país,” pp. 1–32, 2011, [Online]. Available: <https://bit.ly/2no145b>.
- [2] UNGRD, Fenomeno El Niño analisis comparativo 1997-1998 // 2014-2016. 2016.
- [3] A. D. C. Ruiz Cabarcas and 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, doi: 10.15446/rcdg.v22n2.37015.
- [4] D. C. Manco-Jaraba, A. Rudas-Muñoz, and 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, doi: 10.17981/ingecuc.15.2.2019.08.
- [5] D. C. Manco-Jaraba, A. Rudas-Muñoz, and E. E. Rojas-Martínez, “Estudio sedimentológico en la cuenca del Rio San Alberto del Espíritu Santo, municipio de San Alberto, departamento del Cesar (Colombia),” Prospectiva, vol. 18, no. 1, pp. 46–52, 2020, doi: 10.15665/rp.v18i1.2191.
- [6] D. C. Manco-Jaraba, E. E. Rojas Martínez, A. Rudas-Muñoz, and Y. Daza-Moscote, “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, doi: 10.21500/20275846.3498.
- [7] J. C. G. Velandia, “La gestión del riesgo de desastres en las inundaciones de Colombia: una mirada crítica,” Universidad Católica de Colombia, 2014.
- [8] N. O. V. Martínez, N. V. Rodríguez, J. D. A. Salazar, F. M. C. Carrascal, and J. V. T. García, Guía metodológica para la elaboración de mapas de inundación. 2017.

- [9] Gobierno de Navarra, “Plan especial de emergencia ante el riesgo de inundaciones en la comunidad foral de Navarra,” pp. 1–237, 2018.
- [10] F. A. Rosete Vergés, G. Enríquez Hernández, and E. Aguirre von Wobeser, “El componente del riesgo en el Ordenamiento Ecológico del Territorio: el caso del Ordenamiento Ecológico Regional y Marino del Golfo de México y Mar Caribe,” *Investig. Geográficas, Boletín del Inst. Geogr.*, vol. 2013, no. 80, pp. 7–20, 2013, doi: <https://doi.org/10.14350/rig.36393>.
- [11] V. Magaña, L. Clemente López, and G. Vázquez, “El pronóstico de lluvias intensas para la Ciudad de México,” *TIP*, vol. 16, no. 1, pp. 18–25, 2013, doi: [https://doi.org/10.1016/S1405-888X\(13\)72074-6](https://doi.org/10.1016/S1405-888X(13)72074-6).
- [12] P. de N. U. para el D. Colombia and U. N. para la G. del Riesgo, *Plan departamental de gestión del riesgo - Bolívar*. 2012.
- [13] R. F. S. Ávilez, “Plan local de gestión del riesgo de desastres del municipio de Regidor - Bolívar,” *Regidor*, 2010. [Online]. Available: [https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/737/PLAN LOCAL PARA LA GESTION DEL RIESGO DE DESASTRES MUNICIPIO DE REGIDOR BOLIVAR.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/737/PLAN_LOCAL_PARA_LA_GESTION_DEL_RIESGO_DE_DESASTRES_MUNICIPIO_DE_REGIDOR_BOLIVAR.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- [14] L. V. S. Duarte and T. L. R. Morales, “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),” *Universidad Distrital Francisco José de Caldas*, 2017.
- [15] R. Colmenares, “Inundaciones ¿Desastre natural o cultural?,” *Cedetrabajo*, 2012, [Online]. Available: <http://cedetrabajo.org/wp-content/uploads/2012/07/5-Inundaciones.pdf>.
- [16] C. U. Merchán and M. V. Gámez, “Caracterización territorial y de inundaciones en la Región de la Mojana,” *Universidad Católica de Colombia*, 2013.
- [17] H. Angarita, J. Delgado, B. Wickel, and M. Escobar, “Biodiversidad, ecosistemas de humedal y riesgo de inundación: Implicaciones de la expansión hidroeléctrica en la cuenca del río Magdalena,” *Stock. Environ. Inst. U.S. Cent.*, 2016.
- [18] C. H. Cardozo, francisco P. Carrera, and enrique G. Pedrozo, “Adaptación al cambio climático en el municipio de Margarita, Bolívar,” *Econ. Región*, vol. 8, no. 1, pp. 207–242, 2014.
- [19] Instituto Geográfico Agustín Codazzi, *Metodología para la clasificación de las tierras por su capacidad de uso*. 2014.
- [20] W. E. Lluen Chero, “Aplicación de la nueva herramienta HEC-RAS 5.0 para calculos bidimensionales del flujo de agua en rios,” *Universidad Politécnica de Cataluña*, 2015.
- [21] C. De Fuentenueva, *Manual Básico de HEC-RAS 3.1.3 y HEC-GeoRAS 3.1.1: Modelación de Ríos con HEC-RAS y SIG*. 2007.
- [22] E. J. Gumbel, “Multivariate extremal distributions,” *Bull. Inst. Internat. Stat.*, vol. 39, no. 2, pp. 471–475, 1962.

- [23] E. J. Gumbel and N. Goldstein, "Analysis of Empirical Bivariate Extremal Distributions," *J. Am. Stat. Assoc.*, vol. 59, no. 307, pp. 794–816, Sep. 1964, doi: 10.1080/01621459.1964.10480728.
- [24] E. J. Gumbel, *Statistics of extremes*. Courier Corporation, 1958.
- [25] K. Pearson, "IX. Mathematical contributions to the theory of evolution. —XIX. Second supplement to a memoir on skew variation," *Philos. Trans. R. Soc. London. Ser. A, Contain. Pap. a Math. or Phys. Character*, vol. 216, no. 538–548, pp. 429–457, Jan. 1916, doi: 10.1098/rsta.1916.0009.