

Evaluación y caracterización del riesgo de inundación en la ciudad de Barranquilla mediante análisis multicriterio y sistemas de información geográfica (SIG)

Dinarsadys Katerine Carrizales - dkcarrizales@unadvirtual.edu.co

Julio Cesar Farfán Buya - jcfarfanb@unadvirtual.edu.co

Carolina Agudelo Posada - cagudelop@unadvirtual.edu.co

César Eduardo Nava Poveda - cenavap@unadvirtual.edu.co

Docente/asesor: Yetfersson Arley Serrato Velosa – yetfersson.serrato@unad.edu.co

Resumen

Este trabajo presenta la alta vulnerabilidad de inundación que tiene la ciudad de Barranquilla, debido a factores topográficos, y a la proximidad de importantes cuerpos de agua que bañan la ciudad. Bajo este contexto el presente trabajo aplicó análisis multicriterio y procesos de SIG, a través de herramientas de geoprocésamiento para combinar varias capas como el modelo digital de elevación (DEM) distancia entre drenajes, pendientes; posteriormente reclasificación y ponderación, para obtener como resultado final un mapa con su respectiva clasificación de riesgos en muy bajo, bajo medio, alto y muy alto. Son identificadas zonas de riesgo muy alto en terrenos más planos y con mayor proximidad a cuerpos de agua como el río Magdalena y la Ciénaga de mallorquín, ubicadas al noreste del municipio y con riesgo bajo se establecen las zonas al sureste municipal donde las pendientes son más pronunciadas. La información obtenida es de mucha utilidad para planes de ordenamiento territorial y toma de decisiones en pro de tomar medidas preventivas y de mitigación de los impactos.

Palabras claves: Análisis multicriterio, Barranquilla, Inundación, geoprocésos.

Introducción

Durante la construcción del presente trabajo; este grupo colaborativo tuvo la oportunidad de profundizar en diferentes ciudades del país, y que para este documento se eligió analizar la ciudad de Barranquilla, aplicando las herramientas y los fundamentos de los SIG en combinación de análisis de sistema productivos rurales, este proceso facilitó la comprensión desde una perspectiva humana y ambiental, permitiendo articular estas tecnologías con las problemáticas reales de los territorios.

Al seleccionar Barranquilla para presentar este trabajo final grupal, se buscó mostrar que, aunque es una ciudad con un gran desarrollo urbano e industrial, también es muy vulnerable a eventos climáticos extremos y en especial a inundaciones. Su ubicación geográfica, cercana al río Magdalena, al mar Caribe colombiano, a la ciénaga de Mallorquín, cuerpos de agua bastante complejos y abundantes, además de condiciones topográficas con pendientes uniformes que descienden hacia el río, la convierten en una ciudad propensa a sufrir inundaciones periódicas que afectan la población urbana y los ecosistemas aledaños (IDEAM, 2016).

Las inundaciones en Barranquilla se producen principalmente por precipitaciones de corto plazo, tormentas intensas que duran corto tiempo; factores como la influencia de los vientos alisios, la posición geográfica de la ciudad y la interacción de estos con las condiciones atmosféricas locales contribuyen a la formación de lluvias rápidas y peligrosas, pero con una fuerza altísima (IDEAM, 2014).

La comprensión de estas características y causas es esencial para desarrollar sistemas de alerta temprana que permitan a la población tomar decisiones oportunas y reducir el impacto de las inundaciones en Barranquilla, es por esto que el presente análisis de SIG en la ciudad de Barranquilla se convierte en una herramienta crucial que determina el riesgo de inundación, teniendo en cuenta la elevación, la pendiente, la distancia al punto de drenaje, la precipitación y la cobertura. Cada una de estas capas se reclasifica según los valores dados y se determina un valor del 2 al 10 para clasificar el riesgo para cada criterio, se realiza una suma ponderada de cada una para identificar el riesgo de inundación.

Este procedimiento se enmarca en un enfoque de análisis multicriterio, el cual involucra diferentes factores para toma de decisiones, teniendo presente las variables físicas y ambientales explicadas, mediante el sistema de ponderación que permitirá evaluar de forma precisa el riesgo.

La evaluación del riesgo por medio de análisis multicriterio es un procedimiento que es usado ampliamente para considerar simultáneamente riesgos y a su vez la planificación territorial; en este caso será la manera para mostrar nuestro resultado en la Ciudad de Barranquilla otorgando una visión integral al problema y facilitando la toma de decisión informada (Barba-Romero, y Pérez, 1997).

Finalmente, el análisis desarrollado permitió consolidar la adquisición de conocimiento del uso de las herramientas geoespaciales con enfoque multicriterio las cuales pueden ser decisivas para enfrentar desafíos complejos en la planificación territorial.

Objetivos

General

Evaluar y caracterizar el riesgo de inundación en la ciudad de Barranquilla mediante la aplicación de análisis multicriterio y herramientas SIG que facilite la toma de decisiones en ordenamiento territorial y gestión de riesgos.

Específicos

- Procesar y analizar factores geoespaciales mediante SIG con la finalidad de delimitar las zonas de riesgo de inundación en la ciudad de Barranquilla.
- Clasificar y mapear espacialmente las zonas de riesgo de inundación en Barranquilla mediante la aplicación del análisis multicriterio.

- Generar un mapa que establezca los riesgos o vulnerabilidades en la ciudad de Barranquilla para la planificación ambiental y la toma de decisiones en gestión de riesgos abordados.

Identificación del caso de estudio

Según el Área Metropolitana de Barranquilla (2005) el clima en Barranquilla se caracteriza por ser cálido y seco, con una temperatura promedio anual cercana a los 28 °C. Las temperaturas máximas suelen superar los 33 °C, mientras que las mínimas oscilan entre 21 y 22 °C. La humedad relativa es bastante constante durante el año, variando entre el 77 % y el 82 %, sin bajar de 72 % ni superar el 87 %. Los vientos alisios del noroeste predominan entre diciembre y marzo, con velocidades medias entre 3.4 y 7.9 m/s, lo que contribuye a moderar las temperaturas y a mantener el ambiente relativamente seco.

De acuerdo con Ramírez et al., (2017), la ciudad de Barranquilla es considerada como una de las ciudades de Colombia más afectada por las inundaciones. En cuanto a las precipitaciones, Barranquilla presenta un régimen pluviométrico monomodal con una temporada lluviosa bien definida que se extiende de mayo a octubre, siendo agosto, septiembre y octubre los meses con mayores índices de pluviosidad, con lluvias que pueden alcanzar hasta 173 mm mensuales que favorecen la ocurrencia de inundaciones repentinas y peligrosas para la comunidad la comunidad, como los arroyo que se presentan y que su volumen las convierten en masas de agua con fuertes corrientes y que aumentan su volumen cada vez que se incrementan por el crecimiento de la población cerca a los ríos o arroyos lo que impiden su desplazamiento o su libre evacuación, ya que históricamente sus condiciones topográfica son totalmente plana.

Durante el período seco, que va de diciembre a abril, las lluvias son escasas, con promedios mensuales entre 1 y 22 mm. El número de días con precipitación varía a lo largo del año entre 0 y 14 días, y la precipitación máxima en 24 horas puede llegar hasta 47.8 mm (Área metropolitana de Barranquilla, 2005).






Metodología

El desarrollo del mapa se fundamentó en un análisis multicriterio que integró y combinó diversas capas mediante herramientas de geoprocetamiento en entornos de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Utilizando el software ArcGIS y su interfaz interactiva, se procesó inicialmente el modelo digital de elevación (DEM) junto con las capas de pendientes, para posteriormente unificar los valores mediante la función de disolución (Dissolve). Este procedimiento facilitó la asignación de propiedades cualitativas a las distintas zonas identificadas con riesgo de inundación, permitiendo así establecer una zonificación adecuada y precisa. El análisis multicriterio en SIG es un método que permite evaluar múltiples variables geoespaciales, tanto vectoriales como ráster, para identificar soluciones óptimas frente a problemas específicos, como la determinación de áreas vulnerables o idóneas para ciertos usos, mediante la ponderación y combinación de criterios diversos (Sevillano, 2020; Gis y Beers, s.f.; Mastergis, s.f.).

Paso seguido se aplica el proceso de ponderación y se ordenan los criterios, asignando la siguiente clasificación de riesgos, muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto, mediante lo cual se establecen en el mapa con la ayuda de la simbología designada para cada riesgo (Tabla 1) facilitando la interpretación de los resultados visuales.

Tabla 1

Clasificación cualitativa de riesgo de inundación

Clasificación Cualitativa	Simbología
Riesgo muy bajo	
Riesgo bajo	
Riesgo medio	
Riesgo alto	
Riesgo muy alto	

Fuente propia, 2025

Tabla 2

Hectáreas en riesgos según clasificación

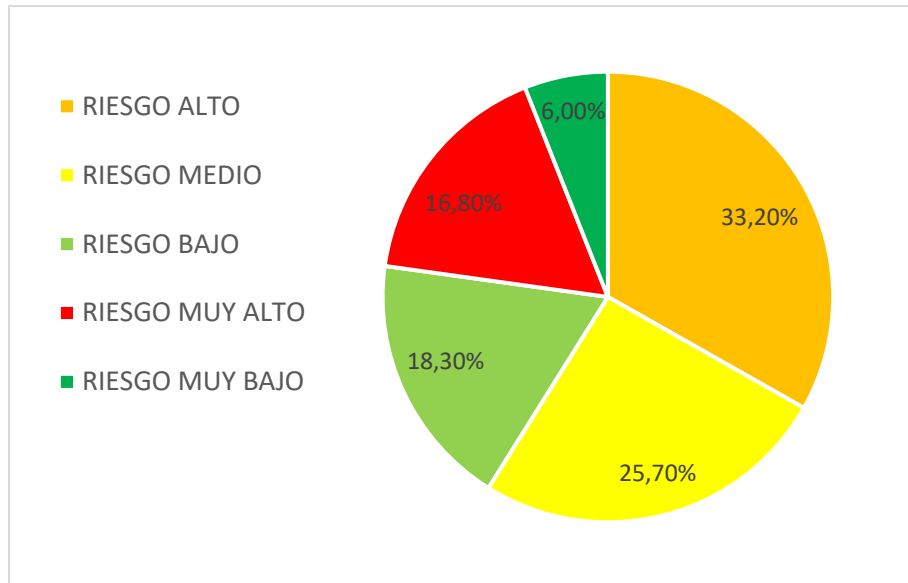
N.º polígono	Tipo de Geometría	Valor Numérico del riesgo	Long total perímetro del Polígono	Área Total del Polígono (hectáreas)	CLASE DE RIESGO
1	Polígono	2	105675,2899	903,618304	RIESGO MUY BAJO
2	Polígono	4	302915,2997	2763,32397	RIESGO BAJO
3	Polígono	6	430320,3168	3892,758	RIESGO MEDIO
4	Polígono	8	352404,4216	5018,90473	RIESGO ALTO
5	Polígono	10	131176,5187	2543,03008	RIESGO MUY ALTO

Nota: Los valores del área en hectáreas son valores aproximados. Fuente propia, 2025.

Posteriormente, tomando como referencia los valores de extensión de la tabla 2 y teniendo en cuenta que el total de extensión de la ciudad de Barranquilla corresponde a 15100 hectáreas; se muestra en la figura 3 los riesgos en porcentajes ilustrados con colores así: Riesgo alto: color naranja 33.2%, riesgo medio: color amarillo 25.7%, riesgo bajo: color verde claro 18.3%, riesgo muy alto: color rojo 16,8%, riesgo muy bajo: color verde oscuro 6.0%.

Figura 1

Distribución porcentual del riesgo de inundación en la ciudad de Barranquilla



Fuente propia

El siguiente diagrama representa los procesos realizados para identificar los riesgos de inundación en el municipio de Barranquilla, departamento del Atlántico.

Tabla 3

Estimación de clasificación cualitativa y cuantitativa

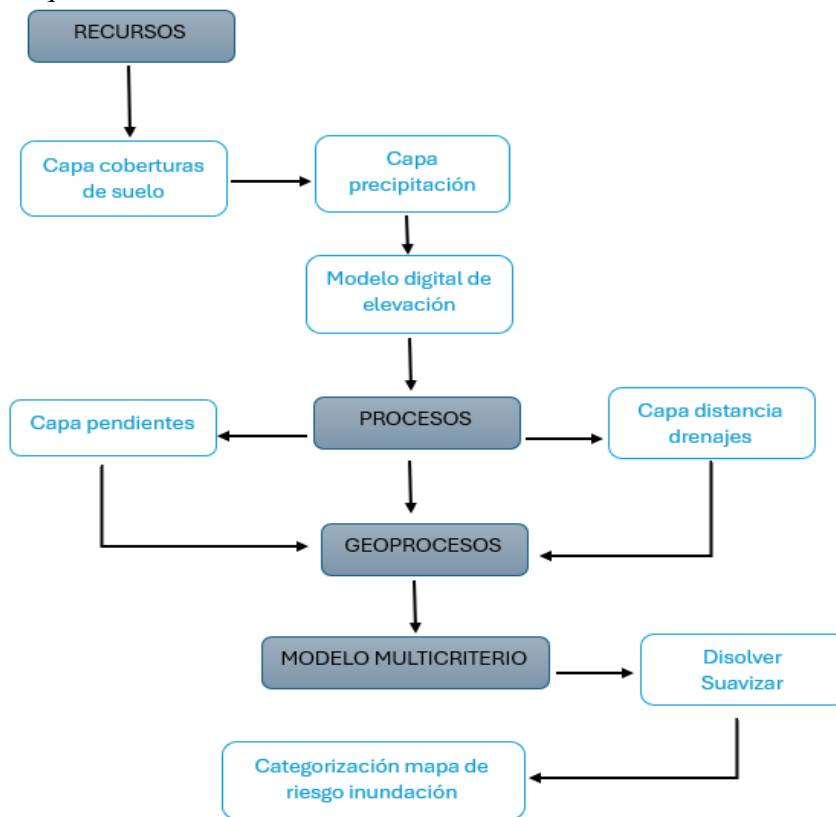
Clasificación cualitativa	Valores
Riesgo muy bajo	2
Riesgo bajo	4
Riesgo medio	6
Riesgo alto	8
Riesgo muy alto	10

Fuente propia, 2025.

Donde 2 es un riesgo muy bajo representado con el color verde oscuro y 10 es un riesgo muy alto representado con color rojo en el mapa, todas las zonas identificadas con riesgo alto son zonas dentro de la ciudad residenciales e industriales.

Figura 2

Proceso metodológico de caracterización del riesgo de inundación para el municipio de Barranquilla.



Fuente propia, 2025.

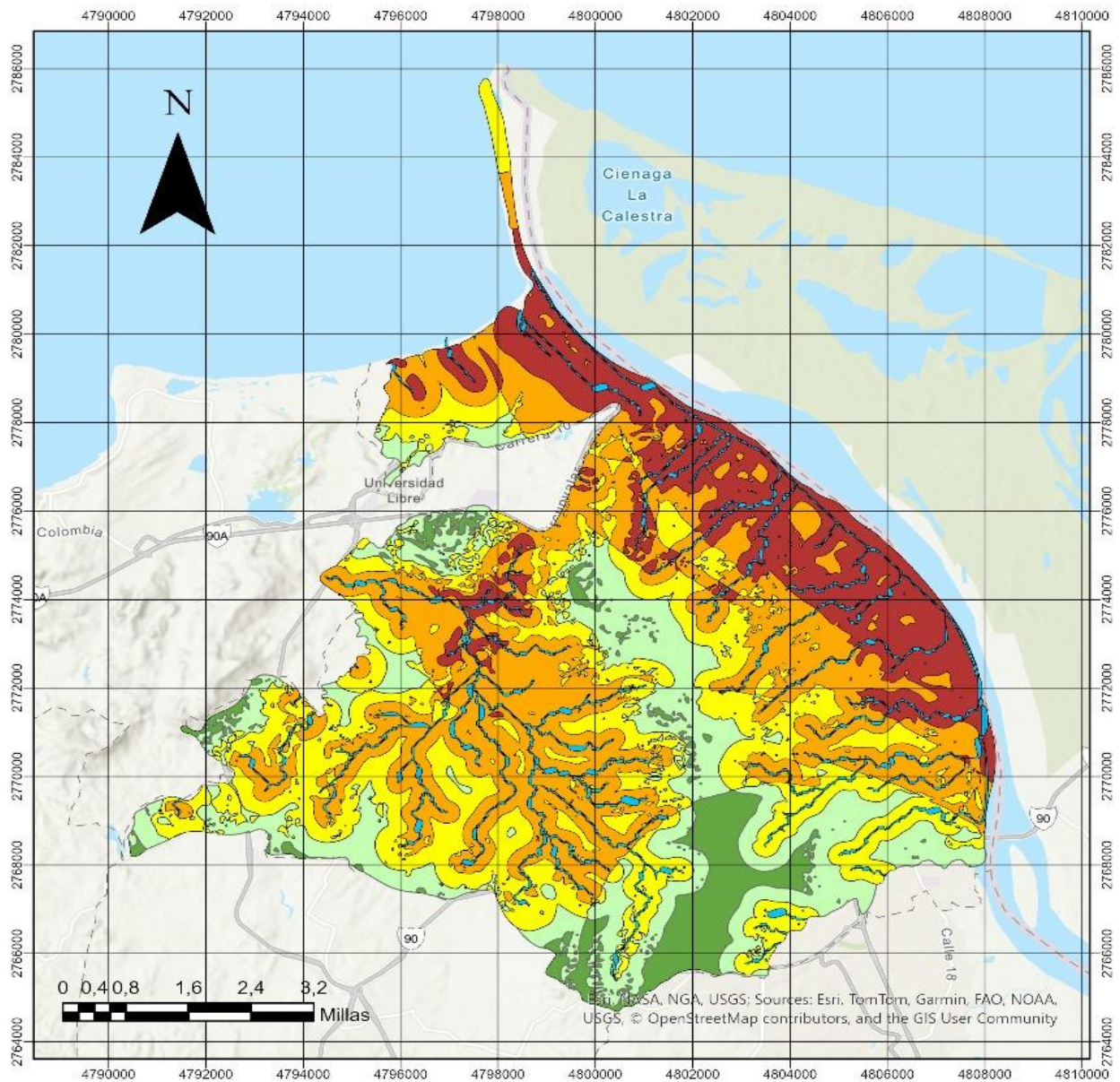
El análisis multicriterio en los Sistemas de Información Geográfica permite ponderar factores relevantes, construir escenarios y evaluar alternativas, facilitando la toma de decisiones óptimas en el análisis territorial mediante la integración de datos georreferenciados y operaciones lógicas secuenciales (Reyes, 2013).

El proceso metodológico queda así sintetizado; primero se identifican recursos como la capa cobertura de suelos, que proporciona información sobre el uso del suelo, y la capa precipitación, que aporta datos sobre las lluvias en el área de estudio. Estos recursos alimentan un modelo digital de elevación, que ayuda a entender la topografía y la distribución espacial del terreno. Con estos datos se evalúan las zonas vulnerables a las inundaciones.

Luego, se clasifica y analiza el nivel de riesgo, ayudando a comprender las áreas de mayor vulnerabilidad. Finalmente, mediante la "categorización, mapas y de riesgos de inundación", se genera un mapa que permite visualizar y entender la distribución espacial del riesgo, facilitando la toma de decisiones para la gestión del territorio.

Resultados

Figura 3 Modelación Riesgo de Inundación



MAPA DE RIESGOS DE INUNDACION
BARRANQUILLA- ATLANTICO

LEYENDA

- Riesgo_inund_bquilla
- CLASERIESGO
- RIESGO MUY BAJO
- RIESGO BAJO
- RIESGO MEDIO
- RIESGO ALTO
- RIESGO MUY ALTO

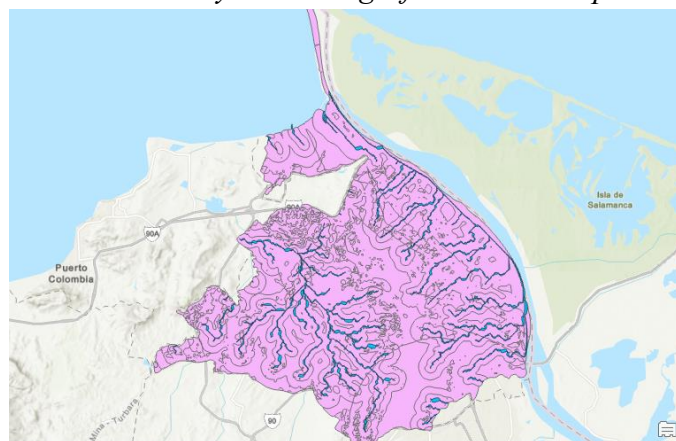
La tabla 2 y el mapa pág. 11; determina que una proporción significativa de la superficie total de la ciudad está altamente vulnerable a inundaciones, principalmente en zonas plana cercanas al río Magdalena y la ciénaga de mallorquín. Esto resalta la necesidad de focalizar medidas de protección en estas áreas críticas para reducir la vulnerabilidad de la población y los ecosistemas.

La mayor parte de la ciudad, en aproximadamente un 33.2%, presenta riesgo alto, lo que señala zonas con una vulnerabilidad significativa, pero aún manejable si se implementan estrategias de mitigación específicas. La distribución muestra una heterogeneidad en el riesgo, destacando las áreas más vulnerables que deben priorizarse en la planificación urbana.

La superficie total identificada como de riesgo muy bajo; aproximadamente 903,618 m² (903.6 hectáreas). Es fundamental en el diseño de zonas de protección y recuperación ambiental. La conservación de estas regiones puede actuar como barreras naturales que amortiguan el impacto de las inundaciones en zonas adyacentes, contribuyendo a reducir el riesgo general en la ciudad. Se obtuvo el mapa multicriterio que permite establecer los riesgos de inundación en el municipio de barranquilla clasificados en cinco zonas, mediante la aplicación de herramientas de análisis espacial y (SIG).

Figura 4

Área de estudio y red hidrográfica del municipio de Barranquilla, Colombia



La figura 3 muestra el área de influencia geográfica de la ciudad de Barranquilla, representada en color rosado. Esta capa base delimita el territorio sujeto al análisis de riesgo de inundación. Las líneas azules y negras representan la red hidrográfica y curvas de nivel, respectivamente, utilizadas para el análisis del relieve y escorrentía. Esta información espacial es fundamental para establecer las zonas vulnerables y orientar la planificación territorial.

Análisis de resultados

Barranquilla, ubicada en la desembocadura del Río Magdalena, se caracteriza por su topografía relativamente plana, con algunas ondulaciones y colinas bajas en ciertas áreas. La proximidad de la ciudad al Río Magdalena y al Mar Caribe la hace particularmente susceptible a inundaciones y

erosión, especialmente en áreas bajas y a lo largo de las orillas del río y sus afluentes (caños y arroyos). Tomando en cuenta los resultados obtenidos de la cartografía realizada de niveles de riesgo y los cálculos de área realizados y porcentajes que muestra la figura 1, se genera el siguiente análisis tomando en cuenta cada factor evaluado para asociarlo al riesgo por inundación.

1. Riesgo Alto (33.20%)

Bajas elevaciones/Proximidad a cuerpos de agua: Las áreas inmediatamente adyacentes al Río Magdalena, sus caños (como el Caño de la Ahuyama, Caño del Conchal) y los principales arroyos (cursos de agua estacionales que se convierten en torrentes durante las lluvias intensas) son altamente susceptibles a inundaciones fluviales y pluviales.

Pendientes desfavorables: Aunque gran parte de Barranquilla es plana, ciertas áreas, especialmente en las partes suroccidentales de la ciudad hacia las colinas, podrían tener pendientes más pronunciadas.

Cobertura del suelo vulnerable: Los asentamientos informales a menudo tienen infraestructura y cobertura vegetal inadecuadas, lo que aumenta su vulnerabilidad a la erosión y las inundaciones.

Urbanismos más vulnerables por su ubicación con respecto al río.: Barrios a lo largo de las riberas del Río Magdalena: Vecindarios que bordean directamente el canal principal del Río Magdalena, especialmente aquellos con construcciones informales o precarias, tienen un riesgo muy alto de inundación durante niveles altos del río o mareas de tempestad. Ejemplos podrían incluir partes de Las Flores, Siape, y sectores de La Bendición de Dios (aunque estos a menudo se asocian también con otros riesgos).

Áreas adyacentes a los principales caños y arroyos: Muchos asentamientos informales y barrios antiguos están contruidos muy cerca o incluso sobre los lechos de los numerosos arroyos de Barranquilla. Durante las lluvias intensas, estos se convierten en torrentes furiosos, causando inundaciones repentinas y daños significativos. Las áreas alrededor del Arroyo Grande, Arroyo Don Juan, Arroyo de la Victoria, y sus afluentes son notoriamente vulnerables.

2. Riesgo Medio (25.70%)

Elevaciones ligeramente más altas, pero aún dentro de las llanuras de inundación: Áreas que no están directamente en las orillas del río, pero aún se encuentran dentro de la llanura de inundación más amplia del Río Magdalena o de sus caños y arroyos significativos. Podrían experimentar inundaciones menos frecuentes o menos graves que las zonas de alto riesgo, pero siguen siendo susceptibles.

Urbanismos más vulnerables por su ubicación con respecto al río: Vecindarios ligeramente alejados de los principales canales del río/caño: Esto podría incluir partes de barrios más antiguos y establecidos que no están directamente en la ribera inmediata, pero aún tienen una conexión hidrológica con el sistema fluvial. Su vulnerabilidad podría deberse a un drenaje inadecuado o patrones históricos de inundación.

Urbanizaciones cerca de los tramos medios e inferiores de los principales arroyos: A medida que los arroyos fluyen hacia el río, su impacto aún puede ser significativo en vecindarios más alejados de las zonas de escorrentía inmediata.

3. Riesgo Muy Alto (16.80%)

Directamente en las riberas de los ríos/canales de arroyos activos: Los asentamientos literalmente construidos al borde del río o dentro de la zona de inundación activa de un arroyo importante se encuentran en esta categoría.

Áreas extremadamente bajas: Bolsillos de muy baja elevación que actúan como cuencas naturales para la acumulación de agua durante lluvias intensas. Asentamientos informales sin protección contra inundaciones: Áreas que carecen de cualquier forma de protección formal contra inundaciones o infraestructura de drenaje, a menudo con una calidad de vivienda muy deficiente.

Urbanismos más vulnerables por su ubicación con respecto al río: asentamientos marginales a lo largo del Río Magdalena y sus caños: Esto probablemente incluye las partes más expuestas de Las Flores, Siape, y otros asentamientos informales o semiformales que se han expandido en las llanuras de inundación fluviales inmediatas, a menudo construidos sobre terrenos inestables o tierras recuperadas.

Asentamientos irregulares en los lechos de los arroyos: Vecindarios construidos directamente dentro de los caminos naturales de los arroyos, altamente susceptibles a inundaciones repentinas y destrucción de propiedades. Ejemplos se pueden encontrar en sectores de La Cangrejera o áreas cercanas al Arroyo del Salado.

4. Riesgo Bajo (18.30%)

Elevaciones más altas/Lejos de los principales cuerpos de agua: Ubicadas en terrenos más altos, más alejadas de la influencia inmediata del Río Magdalena y los principales arroyos.

Buena infraestructura de drenaje: Áreas con sistemas de drenaje urbanos bien mantenidos y efectivos.

Cobertura del suelo estable: Áreas urbanas establecidas con superficies pavimentadas y códigos de construcción adecuados.

Urbanismos más vulnerables por su ubicación con respecto al río: centro y norte de Barranquilla: Muchos de los barrios más desarrollados y establecidos en las partes central y norte de la ciudad (por ejemplo, Alto Prado, Riomar, El Country) tienden a estar en terrenos relativamente más altos y más lejos de la influencia inmediata del río, beneficiándose de una mejor planificación urbana e infraestructura. Aunque todavía son susceptibles a algunas inundaciones pluviales en eventos extremos, su riesgo general es considerablemente menor.

5. Riesgo Muy Bajo (6.00%)

Elevaciones más altas: Las pocas áreas localizadas de mayor elevación en Barranquilla, que ofrecen protección natural contra las inundaciones.

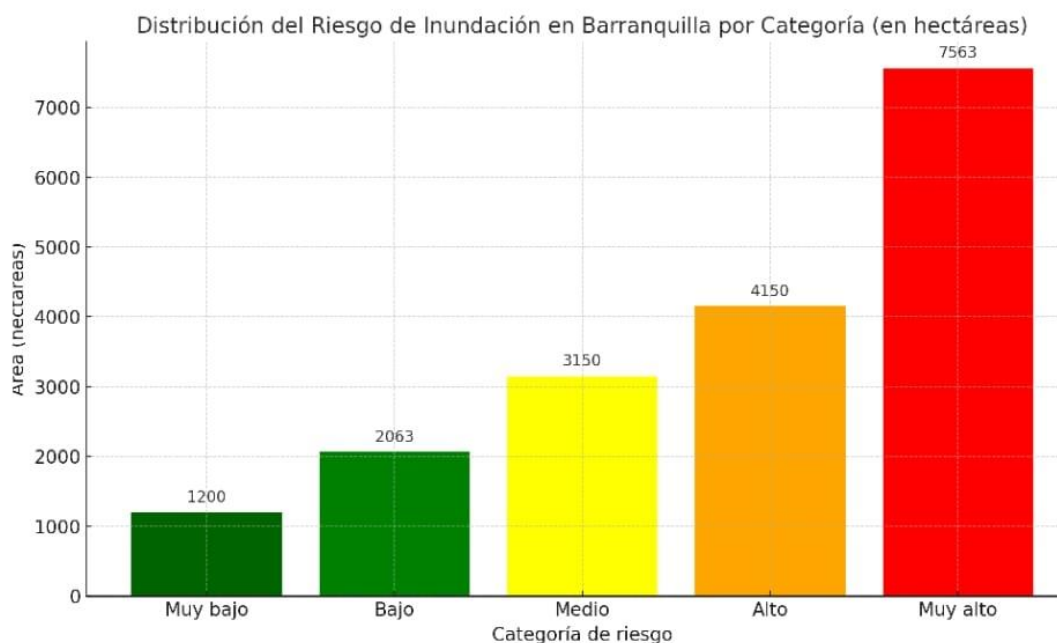
Excelente infraestructura: Desarrollos urbanos modernos con drenaje y medidas de mitigación de inundaciones de vanguardia.

Urbanismos más vulnerables por su ubicación con respecto al río:

Los puntos más altos de la ciudad: Desarrollos específicos en terrenos elevados o áreas aisladas que están estratégicamente ubicadas lejos de cualquier influencia hidrológica significativa. Estos podrían ser desarrollos más nuevos y planificados en áreas con topografía naturalmente favorable, a menudo en el extremo norte o en bolsas elevadas específicas.

Figura 5

distribución del riesgo de Inundación Por categoría (En hectáreas)



La gráfica presenta la distribución del riesgo de inundación en el área urbana de Barranquilla, clasificado en cinco categorías: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto, expresadas en hectáreas. Se observa una tendencia creciente del riesgo, destacándose que la mayor superficie (7.563 hectáreas) se encuentra en la categoría de riesgo muy alto, lo que representa un desafío significativo para la gestión del territorio y la planificación urbana. Las categorías con menor riesgo (muy bajo y bajo) abarcan 1.200 y 2.063 hectáreas respectivamente, mientras que el riesgo medio cubre 3.150 hectáreas y el riesgo alto 4.150 hectáreas.

Conclusiones

El avance en la fase 6 facilitó la integración de los conocimientos adquiridos durante el diplomado, mediante la creación de un mapa vectorial que ilustra el riesgo de inundaciones en la ciudad de Barranquilla, Atlántico. Se utilizaron herramientas como Raster to Polygon, Smooth Polygon y Dissolve para modificar y limpiar visualmente los datos obtenidos en etapas anteriores, asegurando un resultado más exacto y adecuado para su análisis y comprensión.

La evaluación cualitativa del riesgo, junto con el cálculo del área afectada, permitió localizar las zonas más vulnerables en la ciudad, mostrando una distribución desigual del riesgo. Estos instrumentos no solo mejoran las habilidades técnicas del grupo de estudiantes en el ámbito de los SIG, sino que también subrayan la relevancia de tales procesos para la planificación y ordenación ambiental del territorio. El análisis realizado en esta fase se convierte, por lo tanto, en un fundamento robusto para tomar decisiones que busquen reducir el riesgo y salvaguardar los sistemas productivos, ecosistemas y comunidades locales.

Esta diferenciación espacial del riesgo revela una distribución desigual de la vulnerabilidad, en la que áreas residenciales e industriales se concentran en zonas de alto riesgo. El mapa generado pág. 10, junto con la simbología cualitativa y cuantitativa aplicada (tabla 1 y tabla 3), permite visualizar claramente la magnitud del riesgo por colores, desde verde oscuro (riesgo muy bajo) hasta rojo intenso (riesgo muy alto).

Los resultados obtenidos a partir del análisis de los factores geoespaciales muestran que las zonas más peligrosas por inundaciones corresponden a terrenos planos cercanos al río Magdalena y la Ciénaga de Mallorquín confirmando que la vulnerabilidad está estrechamente vinculada a las condiciones topográficas y la proximidad al agua. La utilización del método multicriterio con SIG resultó en una clasificación más acorde con los datos disponibles, permitiendo identificar con precisión las áreas de mayor riesgo (Figura 3).

Recomendaciones

El resultado que se obtuvo, mapa de riesgo de inundación para el municipio de Barranquilla debe ser tomado en cuenta por las autoridades competentes, ya que es una herramienta importante para fortalecer las políticas de ordenamiento agroambiental del territorio y generar planes de contingencia que permitan priorizar cada una de las áreas y así diseñar estrategias de mitigación de impactos especialmente en el sector productivo agroindustrial y conservación del medio ambiente (Sarkissian et al., 2022; Albarracín, 2016).

Se sugiere la creación de áreas de protección alrededor de cuerpos de agua y zonas vulnerables a inundaciones, donde se intensifique la reforestación con técnicas de bioingeniería con la siembra de especies vegetales como lo es la cañabrava, el mangle a lo largo de la Riviera y la conservación de la biodiversidad. Estas zonas no solo sirven como barreras naturales contra inundaciones, a la

vez mejoran la calidad del aire y del agua, favoreciendo un entorno más saludable para la producción agrícola (FAO, 2018; Parodi, 2016).

Para toda la zona identificada como riesgo muy alto y desde un análisis basado en el conocimiento de una ingeniera ambiental se recomienda construir diques vegetales y albarradas combinando estos diques con estructuras de tierra compactada con cobertura vegetal con el fin de un desbordamiento de río, frenar el avance del agua hacia las zonas habitadas (FAO 2018; De León, 2021).

Es necesario que la ciudad de Barranquilla tenga claridad y exista un diseño de alerta temprana con rutas de evacuación para estas zonas identificadas como riesgo muy alto, es decir; se debe contar con un sistema de monitoreo y alerta temprana para el río Magdalena que incluya sensores de nivel de agua con conexión a sistemas de alarma comunitaria, deben contar con estaciones meteorológicas locales con el fin de alertar anticipada aumentos críticos de niveles de agua (Cloke, et al, 2017).

De igual manera se recomienda para las zonas de alto riesgo que no están cercanas a cuerpos de agua, como las riberas del mangle, pero que aún tienen ese riesgo de inundación, se reevalúen los sistemas de alcantarillado pluvial existentes, además es primordial que el mantenimiento, la limpieza y la vigilancia sea periódica en estos sumideros y canales. Asimismo, se deben seguir canalizando arroyos faltantes e instalación de válvulas antirretornos; estas válvulas son para las zonas donde el agua puede refluir nuevamente hacia la calle (Banco Mundial, 2019).

Referencias bibliográficas.

Albarracín, R. A. (2016). Lineamientos estratégicos para la incorporación congruente de la variable ambiental en los planes y esquemas de ordenamiento territorial de Colombia (Tesis de maestría – Universidad de Chile). <https://mgpa.forestaluchile.cl/Tesis/Acero%20Ronald.pdf>

Área Metropolitana de Barranquilla. (2005). Plan de gestión integral de residuos sólidos de Barranquilla y su área metropolitana. Volumen I - Capítulo I: Diagnóstico general [Informe]. <https://www.ambq.gov.co/wp-content/uploads/2016/10/Cap-1-DIAGNOSTICO-GENERAL.pdf>

Banco Mundial. (2019). Gestión del riesgo de desastres y recomendaciones para la resiliencia urbana. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099050108112211375/pdf/P1778691050e7b0101b0701186b41dbd1dd.pdf>

Barba-Romero, S., y Perez, J. (1997). La metodología multicriterio en el análisis y la planificación territorial. *Ciudad y Territorio Estudios Territoriales*, Vol. 29(112), 323. <https://recyt.fecyt.es/index.php/CyTET/article/download/84403/62285/277922>

Cloke, H., Di Baldassarre, G., Landeg, O., Pappenberger, F. y Ramos, M. (2017). Riesgo hidrológico: inundaciones. Ciencia para la gestión del riesgo de desastres: Saber más y perder menos. En Poljanšek, K., Marín Ferrer, M., De Groeve, T., Clark, I. (Eds.), 198-238. <https://hal.science/hal-02165196/>

De León Solís, C. (2021). Comparación de la bioingeniería con los métodos tradicionales para la reducción de riesgos y su aplicación como refuerzo estructural sobre diques longitudinales en diferentes puntos de la costa sur de Guatemala (Trabajo de pregrado - Universidad de San Carlos de Guatemala).
Repositorio USAC.
<http://www.repositorio.usac.edu.gt/15913/1/Cecilia%20Mar%C3%ADa%20De%20Le%C3%B3n%20Sol%C3%ADs.pdf>

Der Sarkissian, R., Al Sayah, M. J., Abdallah, C., Zaninetti, J.-M., & Nedjai, R. (2022). Land Use Planning to Reduce Flood Risk: Opportunities, Challenges and Uncertainties in Developing Countries. *Sensors*, Vol. 22(18), 6957. <https://doi.org/10.3390/s22186957>

FAO. (2018). Transformar la alimentación y la agricultura para alcanzar los ODS: 20 acciones interconectadas para guiar a los responsables de la toma de decisiones. <http://www.fao.org/3/I9900ES/i9900es.pdf>

Gis y Beers. (s.f.). ¿Qué son los análisis multicriterio en un SIG? <http://www.gisandbeers.com/como-realizar-un-analisis-multicriterio-sig/>

IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia). (2014). Tiempo y Clima. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/clima>

IDEAM. (2016). Boletín Informativo sobre el monitoreo de los fenómenos de variabilidad climática "El Niño y la Niña ". Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá, D. C., Colombia, 6 p. <https://ideam.gov.co/file-download/download/public/6528>

Mastergis. (s.f.). Métodos para realizar un análisis multicriterio en un SIG. <https://mastergis.com/blog/metodos-analisis-multicriterio-sig>

Parodi Ojeda, I. D. (2016). Criterio de diseño hidrológico de diques en ríos para niveles máximos bajo condiciones no estacionarias [Tesis de maestría – Universidad del Norte]. Repositorio Institucional Universidad del Norte. <https://manglar.uninorte.edu.co/handle/10584/9214#page=1>

Ramírez-Cerpa, Elkin, Acosta-Coll, Melisa, Vélez-Zapata, Jaime. (2017). Análisis de condiciones climatológicas de precipitaciones de corto plazo en zonas urbanas: caso de estudio Barranquilla, Colombia. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292017000200012

Reyes, A. (2013). La evaluación multicriterio como instrumento de los sistemas de información geográfica. [Tesis maestría – Universidad Nacional Autónoma de México]. <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/6555/1/LA%20EVALUACION%20MULTICRITERIO%20COMO%20INSTRUMENTO%20DE%20LOS%20SISTEMAS%20DE%20INFORMACION%20GEOGRAFICA.pdf>

Sevillano, M. (2020). Zonificación de la amenaza ante inundaciones a partir de un método de evaluación multicriterio en la ciudad de Santiago de Cali, Colombia. *GeoFocus*, (25), pp. 47-76. <https://www.geofocus.org/index.php/geofocus/article/view/661/493>

Anexo - (sustentación Oral)

<https://youtu.be/qMMhNZTuevM>