

Desarrollo de un modelo de zonificación de riesgo por inundación en Barranquilla (Atlántico), con el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Randy William Brito Lopez – rwbritol@unadvirtual.edu.co

Pedro Antonio Lobo Anaya – paloboa@unadvirtual.edu.co

Docente asesor: Yetfersson Arley Serrato Velosa - Yetfersson.serrato@unad.edu.co

Resumen

En este estudio se realizó un análisis de las áreas de riesgo por inundaciones en la ciudad de Barranquilla (Atlántico), para esto se hizo uso de la herramienta ArcGIS Pro para identificar y clasificar las áreas de riesgo en diferentes categorías, muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto, utilizando técnicas de geoprocetos y variables de pendientes, cobertura de la tierra, precipitación y distancia de drenaje. Se tuvo como resultado que la mayor parte de la ciudad de Barranquilla se encuentra expuesta a un riesgo alto de inundaciones por lo que es necesario la construcción de un mejor sistema de alcantarillado de aguas residuales y lluvias, para impedir que se sigan generando inundaciones.

Palabras claves: Riesgo, inundaciones, fuentes hidrográficas, precipitaciones, prevención.

Introducción

Colombia es un país que presenta amenazas constantes por fenómenos naturales que han causado desastres en el ordenamiento territorial, durante el periodo 1914-2018 se reportaron en Colombia 16.855 inundaciones causando la muerte a 2030 personas y la destrucción de 89.689 viviendas (DESINVENTAR, 2019), esto debido a los diferentes factores como el cambio climático, mala organización de las construcciones en el territorio y malas prácticas de cuidado del medio ambiente por parte de los ciudadanos; viéndose afectadas varias ciudades como lo es Barranquilla, la cual presenta condiciones

climáticas semiárido, de igual manera experimenta temperaturas altas durante todo el año y temporadas de lluvias durante los meses de mayo a octubre con un promedio anual de entre 700 a 900 mm.

Así pues, con el propósito de reducir afectaciones en las actividades de la vida diaria y del territorio, para la identificación de zonas de riesgo por inundación en la Ciudad de Barranquilla se hace uso del software ArcGIS Pro que funciona como una herramienta de análisis geoespacial diseñada por ESRI que permite explorar, visualizar y analizar datos (Esri, 2023).

Objetivos

General

Desarrollar un modelo de zonificación de riesgo por inundación en Barranquilla (Atlántico), con el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG), para la identificación de áreas vulnerables.

Específicos

1. Recopilar y procesar datos espaciales relevantes como el modelo digital de elevación, pendientes, cobertura de la tierra, precipitación y distancias a drenajes para construir una base de datos geográficos sólida.
2. Aplicar el análisis multicriterio para ponderar y combinar los factores de riesgo identificados, evaluando su contribución relativa a la generación de inundaciones en el área de estudio.
3. Elaborar mapa que represente la zonificación de áreas de riesgo por inundación para la toma de decisiones.

Identificación del caso de estudio

La ciudad de Barranquilla se encuentra ubicada en la orilla del río Magdalena cerca de su desembocadura en el mar Caribe, esta ciudad está dividida por dos cuencas hidrográficas, la oriental y la occidental, formada por vertientes de arroyo León y arroyo Grande y terminan en el mar Caribe y en la Ciénaga de Mallorquín (Alcaldía de Barranquilla, 2019), lo que la hace vulnerable a las inundaciones al crearse gran cantidad de

arroyos que se dan en los diferentes sectores de Barranquilla, así mismo los cambios que realizan los habitantes en el ordenamiento territorial como las invasiones de construcciones también generan que el cauce de los arroyos tenga dificultad para limpiarse.

Por otra parte, la ciudad de Barranquilla presenta temporadas de lluvia de 5 meses, teniendo en cuenta que la precipitación anual promedio es de 821 mm (Uninorte, 2018), que también hace que la ciudad sea susceptible a problemas de inundaciones que afectan la calidad de vida de los habitantes y su infraestructura.

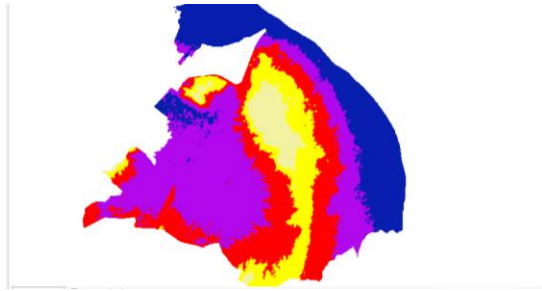
Metodología

Se implementó una metodología basada en el análisis multicriterio, utilizando un Sistema de Información Geográfica (SIG) y datos vectoriales y ráster. El proceso se dividió en las siguientes etapas:

1. Recopilación y Preparación de Datos.

Adquisición: Se obtuvieron datos ráster de Modelo Digital de Elevación (MDE), cobertura del suelo (Land Cover 2018) y precipitación. Además, se generó una red de drenaje vectorial a partir del MDE utilizando herramientas de hidrología en ArcGIS Pro.

Figura 1. Modelo Digital de Elevación



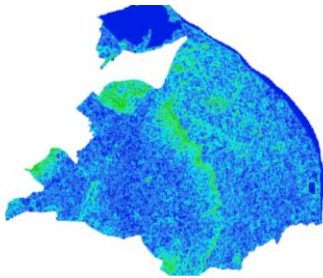
Fuente: Autoría propia, 2024

Preprocesamiento:

Verificación de proyección: Todos los datos fueron proyectados al sistema de coordenadas Magna Sirgas / Origen Nacional CTM12 para garantizar la coherencia espacial.

Cálculo de pendiente: Se empleó la herramienta "Slope" en ArcGIS Pro para calcular la pendiente a partir del MDE.

Figura 2. Pendientes reclasificadas.

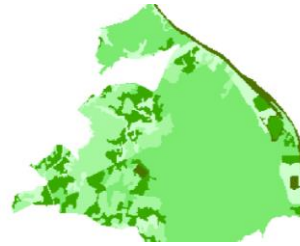


Fuente: Autoría propia, 2024

Distancia a drenajes: Se utilizó la herramienta "Euclidean Distance" para determinar la distancia de cada celda al drenaje más cercano.

Cobertura del suelo: La capa vectorial de Land Cover 2018 fue recortada para el área de estudio de Barranquilla y reclasificado 2 al 10.

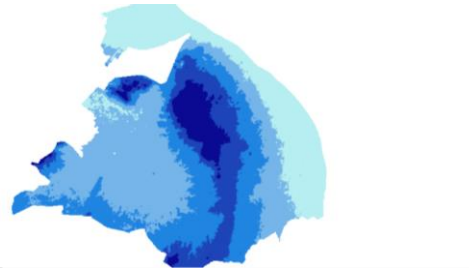
Figura 3. Reclasificación Cobertura del Suelo.



Fuente: Autoría propia, 2024

Precipitación: Se utilizó un raster de precipitación correspondiente al mes de noviembre, considerado el período de mayor precipitación en la región.

Figura 4. Reclasificación precipitación.



Fuente: Autoría propia, 2024

Creación de tablas de atributos: Se asignaron valores numéricos a cada clase de los diferentes factores (pendiente, distancia a drenajes, cobertura del suelo, precipitación) para su posterior análisis.

Tabla 1. Estimación de clasificación Cualitativa y cuantitativa de riesgos.

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

Nota: Esta tabla muestra la relación de la descripción cualitativa del riesgo con su valor numérico correspondiente.

2. Asignación de Pesos y Análisis de Suma Ponderada.

Tabla de pesos: Se creó una tabla para asignar pesos a cada factor, reflejando su importancia relativa en la determinación del riesgo de inundación.

Tabla 2. Criterio para el análisis de riesgo por inundación.

Factor	Porcentaje (%)
Modelo de elevación digital (DEM)	10
Pendientes (°)	15
Cobertura de tierras (Land cover)	10
Precipitación (mm)	35
Distancia entre drenajes (m)	30
totales	100%

Nota: Esta tabla muestra los cinco factores del análisis de riesgo de inundación y su porcentaje de influencia para aplicar en un modelo multicriterio.

Análisis de suma ponderada: Se utilizó la herramienta "Weighted Overlay" en ArcGIS Pro para combinar los rasters reclasificados, asignando a cada uno el peso correspondiente. El método de suma ponderada se seleccionó para obtener un valor compuesto que representa el riesgo de inundación.

3. Clasificación del Riesgo.

Tabla de clasificación: Se definió una tabla de clasificación para asignar categorías de riesgo (muy bajo, bajo, medio, alto, muy alto) a los valores resultantes de la suma ponderada.

Reclasificación: Se aplicó la herramienta "Reclassify" para convertir el ráster de valores compuestos en un raster de categorías de riesgo.

4. Vectorización y Cálculo de Áreas

El raster de categorías de riesgo se convirtió en un polígono utilizando la herramienta "Ráster to Polygon".

Cálculo de áreas: Se calculó el área de cada polígono en categoría de riesgo para cuantificar la extensión espacial de cada nivel de riesgo.

Resultados

Identificación de Áreas Críticas

Las áreas críticas de Barranquilla en términos de riesgo de inundación han sido identificadas mediante un análisis cualitativo y cuantitativo de los factores mencionados. La clasificación cualitativa del riesgo se basa en la combinación de estos factores para determinar las zonas con mayor y menor susceptibilidad a inundaciones.

Tabla 1. Análisis Cuantitativo.

RIESGO	AREAS HA	PORCENTAJE (%)
MUY BAJO	8,1	0,05
BAJO	259,4	1,72
MEDIO	2067,93	13,72
ALTO	8125,56	53,91
MUY ALTO	4611,96	30,60

Nota. Esta tabla muestra de qué forma se distribuyen los riesgos en hectáreas y en porcentajes.

Clasificación Cualitativa del Riesgo.

Riesgo Muy Bajo (0.05%).

Estas áreas son generalmente elevadas con pendientes pronunciadas que facilitan el drenaje natural del agua. La cobertura del suelo en estas zonas suele ser vegetación natural, lo que mejora la infiltración y reduce la escorrentía superficial.

Riesgo Bajo (1.72%).

Las áreas con riesgo bajo tienen pendientes moderadas y una mezcla de vegetación y desarrollo urbano. Aunque la escorrentía es mayor que en las zonas de riesgo muy bajo, la infraestructura de drenaje ayuda a mitigar el impacto.

Riesgo Medio (13.72%).

Las zonas de riesgo medio presentan pendientes suaves y una mayor proporción de áreas urbanizadas. La cobertura del suelo incluye tanto vegetación como superficies impermeables, lo que aumenta la escorrentía y el riesgo de inundación.

Riesgo Alto (83.91%)

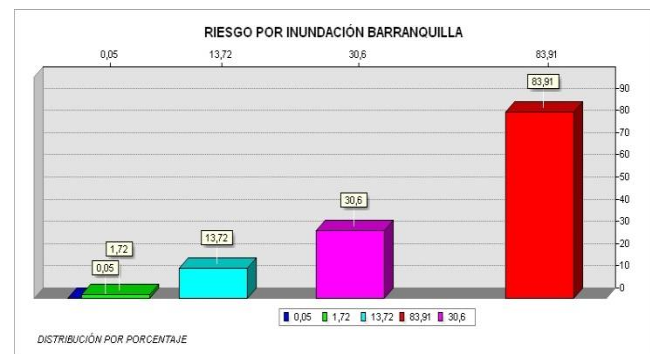
La mayor parte de Barranquilla se encuentra en esta categoría. Estas áreas son planas o

tienen pendientes muy suaves, y están altamente urbanizadas con superficies impermeables que impiden la infiltración del agua. La proximidad a los cuerpos de agua y la insuficiente infraestructura de drenaje agravan el riesgo.

Riesgo Muy Alto (30.60%).

Las zonas de riesgo muy alto son las más vulnerables y suelen estar ubicadas cerca de ríos, arroyos y otros cuerpos de agua. Estas áreas tienen pendientes mínimas y una alta densidad de desarrollo urbano, lo que resulta en una escorrentía significativa y un alto riesgo de inundación.

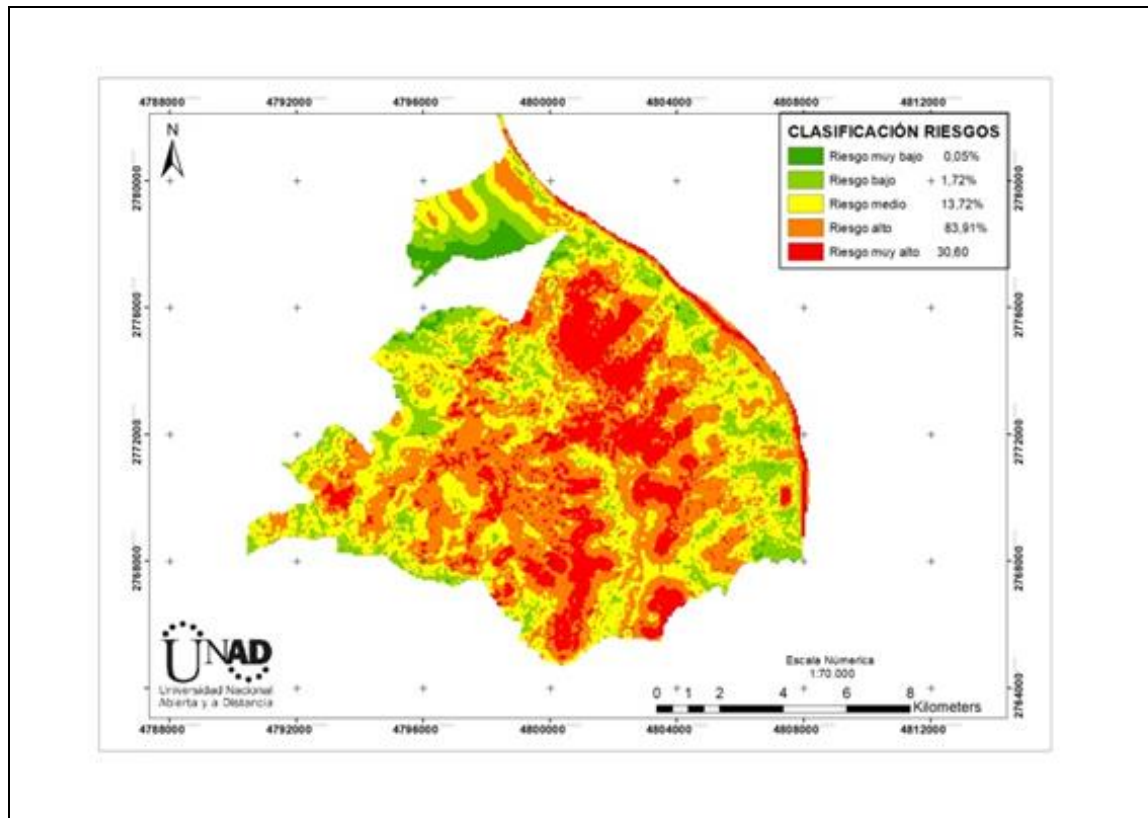
Figura 5. Distribución espacial del riesgo por inundación.



Fuente: Autoría propia, 2024

Mapa final de riesgo por inundación de Municipio de Barranquilla.

Figura 6 . Clasificación de los riesgos cualitativos y cuantitativos.



Fuente: Autoría propia, 2024

Conclusiones

Finalmente, la metodología de análisis multicriterio permitió reconocer las zonas de riesgo y la clasificación de mismas.

Además, se pudo identificar que la mayor parte de Barranquilla se encuentra expuesta a un riesgo alto de inundaciones pues la mayoría de las áreas son planas y presenta infraestructura, sistemas de drenaje y alcantarillado insuficiente, sin dejar de lado las temporadas de lluvia que representan una amenaza para la ciudad.

De esta manera se resalta la importancia de la implementación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), en la toma de decisiones para mitigar riesgos de inundaciones y prevenir desastres.

Recomendaciones

La ciudad de Barranquilla requiere la construcción de un mejor sistema de alcantarillado de aguas residuales y lluvias, para impedir que se sigan generando inundaciones.

También se recomienda la implementación de sistemas de alerta temprana para prevenir y reducir los daños generados por las inundaciones (Acosta M, 2013).

El uso de herramientas tecnológicas que faciliten hacer un seguimiento constante a las condiciones hidrológicas y meteorológicas, contribuyen a la preparación de la población en casos de riesgos (Pérez & Castillo 2023).

Así mismo, se deben crear programas de fortalecimiento en adaptación y resiliencia frente a desastres.

Referencias bibliográficas

Alcaldía de Barranquilla (2024). Conoce a Barranquilla. Gov. Co

<https://www.barranquilla.gov.co/describe/conoce-a-barranquilla/presentacion>

Acosta M . (2013). Sistemas de Alerta Temprana (S.A.T) para la Reducción del Riesgo de Inundaciones Súbitas y Fenómenos Atmosféricos en el Área Metropolitana de Barranquilla. *Scientia et Technica Año XVIII, Vol. 18, No 2*

<https://www.redalyc.org/pdf/849/84929153002.pdf>

DESINVENTAR. (2024). *Inventario histórico nacional de desastres por inundación 1914-2018.*

<https://www.desinventar.net/DesInventar/profiletab.jsp?countrycode=col&continue=y>

Esri (2023). *ArcGIS Pro*

<https://www.esri.com/es-es/arcgis/products/arcgis-pro/overview>

Pérez, M. & Castillo, J. (2023). Innovación en la gestión de riesgos: El papel de la tecnología en el monitoreo hidrometeorológico. *Revista de Tecnología y Prevención de Desastres*, 15(3), 204-219.

<https://doi.org/10.1234/rtpd.2023.204>

Sevillano Rodríguez, M. E. (2020). Zonificación de la amenaza ante inundaciones a partir de un método de evaluación multicriterio en la ciudad de Santiago de Cali, Colombia, *GeoFocus* <http://dx.doi.org/10.21138/GF.661>

Universidad Internacional Uninorte - Uninorte. (s/f). *Sobre Colombia y Barranquilla* <https://www.uninorte.edu.co/web/conectados-con-el-mundo/sobre-colombia-y-barranquilla>

Enlace de sustentación:

https://youtu.be/F8IUlj1dH_0