

---

# ANÁLISIS DE ZONAS DE RIESGO DE INUNDACIÓN EN CALI Y SUS EFECTOS UTILIZANDO ARCGIS PRO

Diego Rojas Murillo, drojasmu@unadvirtual.edu.co

Lucas Valencia Becerra, lvalenciabec@unadvirtual.edu.co

Tutor: Yetferson Arley Serrato Velosa, yetfersson.serrato@unad.edu.co

## RESUMEN

Este estudio tuvo como objetivo determinar las zonas de riesgo por inundaciones en Cali y evaluar su impacto en áreas urbanas, industriales y recreativas mediante el uso de ArcGIS Pro. Utilizando la herramienta de recorte, se delimitó el área geográfica del municipio, y se clasificaron las principales fuentes hídricas como el río Cauca y los afluentes menores. Aplicando técnicas como la generación de búferes múltiples y la herramienta de disolver para clasificar por zonas de riesgo, se identificaron áreas vulnerables a diferentes distancias de los cauces (30, 60 y 90 metros). Los resultados revelaron que barrios como Alfonso López, Juanchito, Petecuy, Ciudadela Floralia, Paso del Comercio, Meléndez, Buenos Aires y El Refugio, ubicados cerca del río Cauca y afluentes menores, enfrentan un alto riesgo de inundación. Además, se identificaron zonas industriales y de instalaciones recreativas como el área de la Universidad del Valle en riesgo. Es imperativo implementar medidas integrales de prevención y mitigación, como mantener distancias de seguridad en construcciones, fortalecer sistemas de drenaje, desarrollar planes de evacuación y sistemas de alerta temprana, con el fin de proteger a la población

y la infraestructura estratégica de Cali ante los impactos de las inundaciones.

## INTRODUCCIÓN

La gestión efectiva de las fuentes hídricas y la prevención de inundaciones son desafíos cruciales para las ciudades en todo el mundo, especialmente aquellas ubicadas en regiones con climas tropicales como Cali, Colombia. Esta ciudad, la tercera más grande del país con aproximadamente 2,4 millones de habitantes, se encuentra situada en el Valle del Cauca, un valle interandino rodeado por ramales de la Cordillera Occidental y la Cordillera Central de los Andes colombianos. Su ubicación geográfica, sumada a las condiciones climáticas tropicales húmedas con precipitaciones anuales promedio de 1.800 milímetros y una prolongada temporada de lluvias de marzo a noviembre, la hacen propensa a inundaciones repentinas y desbordamientos del río Cauca que atraviesa la ciudad. Además de ello, factores como la urbanización descontrolada en zonas de riesgo, la infraestructura obsoleta de drenaje y alcantarillado, así como las cuencas hidrográficas cercanas, exacerbaban la vulnerabilidad de Cali ante estos fenómenos.

---

En este contexto, ArcGIS Pro es una plataforma avanzada de análisis geoespacial desarrollada por Esri, que permite la visualización, gestión y análisis de datos geográficos de manera eficiente y detallada (Esri, 2023). Su aplicación se extiende a diversos campos, incluyendo la planificación urbana, la gestión de recursos naturales, la respuesta ante desastres y la evaluación de riesgos ambientales. Las ventajas de ArcGIS Pro radican en su capacidad para "manejar grandes volúmenes de datos, integrar información de múltiples fuentes y generar mapas y visualizaciones dinámicas que facilitan la toma de decisiones informadas" (Longley et al., 2015).

ArcGIS Pro ofrece una amplia gama de herramientas y capacidades que permiten a los investigadores y planificadores urbanos realizar análisis detallados de las condiciones hidrológicas y geomorfológicas de una región (Esri, 2023). Entre estas herramientas se encuentran la generación de mapas temáticos, el modelado hidráulico, la simulación de escenarios de inundación y la identificación de áreas de riesgo potencial. Estas capacidades hacen que ArcGIS Pro sea una "herramienta invaluable para abordar la compleja interacción entre las condiciones climáticas, la topografía y la infraestructura urbana que contribuyen a los eventos de inundación" (Longley et al., 2015).

En esta trabajo, se utilizará ArcGIS Pro para identificar y analizar las zonas de alto riesgo de inundación en Cali mediante el análisis detallado de datos geoespaciales y la aplicación

de técnicas avanzadas de modelado. Esto con el fin de proporcionar una base sólida en la toma de decisiones informadas frente a situaciones de desbordamiento de fuentes hídricas críticas en la ciudad

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Cali, una ciudad situada en el suroeste de Colombia, es conocida por su clima tropical y su considerable cantidad de precipitaciones anuales. Esta combinación de factores climáticos hace que la ciudad sea particularmente susceptible a problemas recurrentes de inundaciones, que no solo afectan la calidad de vida de sus habitantes sino también su infraestructura, sus parques recreativos y sus industrias (Alcaldía de Cali, 2021). Las inundaciones en Cali representan un desafío significativo, especialmente debido a las múltiples fuentes hídricas que atraviesan el municipio y que, en momentos de fuertes lluvias, desbordan sus cauces afectando áreas urbanas, industriales y recreativas.

El análisis del riesgo de inundación es fundamental para la planificación urbana y la gestión del territorio en Cali. Las inundaciones pueden causar daños considerables a la infraestructura, pérdidas económicas y riesgos para la salud y la seguridad de la población (Mosquera-Machado y Cuadrado, 2019). Las zonas más afectadas suelen ser aquellas situadas en proximidad a las principales fuentes hídricas, donde el agua puede acumularse rápidamente y sin advertencia suficiente. Este problema se agrava por la expansión urbana no planificada y

---

la insuficiencia de sistemas de drenaje adecuados (Rodríguez, 2020).

Para abordar esta problemática, es esencial identificar con precisión las fuentes hídricas que representan un riesgo de inundación y evaluar su impacto potencial en las áreas circundantes. Utilizando la tecnología y las herramientas avanzadas disponibles en ArcGIS Pro, se puede realizar un análisis detallado y visualmente comprensible de estas áreas de riesgo (Esri, 2021). Es por esta razón que se plantea la siguiente pregunta: ¿Cuáles son las zonas de riesgo por inundación en Cali y cuál es su efecto en las áreas urbanas, industriales y recreativas?

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Determinar las zonas de riesgo de inundación en Cali y sus efectos en diferentes zonas del área urbana utilizando ArcGIS Pro

### **OBJETIVO ESPECIFICOS**

- Delimitar el área geográfica del municipio y clasificar las principales fuentes hídricas que representan un riesgo de inundación.
- Aplicar técnicas de visualización y análisis para identificar las áreas que son más vulnerables a las inundaciones.
- Evaluar el impacto de las inundaciones en las áreas identificadas

## **MÉTODO Y RESULTADOS**

El diagrama de entidad-relación (Figura 1.) ilustra todos los datos involucrados en el uso de ArcGIS Pro para obtener diferentes capas y coberturas, con el objetivo de delimitar de manera efectiva las áreas de inundación de las fuentes hídricas en Cali. La población de estudio, en este caso Cali, se define por diversas características como la densidad poblacional, el gentilicio, entre otros. Sin embargo, para este propósito específico, se enfoca en la cobertura de tierras (figura 1).

Dentro de esta cobertura de tierras, se identifican zonas de interés clave, tales como las fuentes hídricas y las áreas urbanas que podrían verse afectadas por estas fuentes. Las fuentes hídricas consideradas son los drenajes simples y dobles. Además, se evalúan las zonas urbanas susceptibles a inundaciones, como las áreas industriales, las zonas urbanas continuas y las zonas urbanas discontinuas (Tabla 1).

Utilizando ArcGIS Pro, se crean capas geográficas que permiten una visualización detallada y un análisis profundo de estas áreas, facilitando la identificación de los riesgos de inundación y la planificación de estrategias de mitigación.

Ahora bien, con el fin de identificar las fuentes hídricas de agua que pasan por el municipio y que pueden ser un riesgo clave en la inundación, que además están cerca de edificaciones, construcciones, parques recreativos e industrias. Se realizó lo siguiente:

Figura 1. Mapa Entidad/ Relacion para inundaciones en la ciudad de cali



Fuente: elaboración propia usando ArcGIS Pro, 2024

Tabla 1. A) Entidad E/R Municipio. B)Entidad E/R Zonas urbanas discontinuas.C)Entidad E/R cobertura de tierras c)Entidad E/R Zonas industriales B)Entidad E/R Zonas urbanas continuasB)Entidad E/R fuentes hidricas.

|    |                   |
|----|-------------------|
|    | Municipio         |
| Pk | nombre            |
|    | gentilicio        |
|    | población         |
|    | clima             |
|    | extensión         |
|    | economía          |
|    | Cobertura tierras |

|    |                            |
|----|----------------------------|
|    | Zonas urbanas discontinuas |
| Pk | Zona de protección         |
|    | Población                  |
|    | Casas                      |
|    | Edificios                  |
|    | Red vial                   |
|    | Obras                      |

|    |                            |
|----|----------------------------|
|    | Cobertura Tierras          |
| Pk | Área cobertura             |
|    | Zonas Urbanas continuas    |
|    | Zonas urbanas discontinuas |
|    | Fuentes hidráulicas        |
|    | Zonas industriales         |
|    | Zonas de recreación        |

|    |                             |
|----|-----------------------------|
|    | Zonas Industriales          |
| Pk | Área industrial             |
|    | Aeropuerto                  |
|    | Productoras y manufacturera |
|    | PYMES                       |
|    | Hospitales                  |
|    | Sector gubernamental        |

|    |                         |
|----|-------------------------|
|    | Zonas urbanas continuas |
| Pk | Área urbana             |
|    | Casas                   |
|    | Red vial                |
|    | Obras hidráulicas       |
|    | Edificaciones           |
|    | Zonas de recreación     |

|    |                  |
|----|------------------|
|    | Fuentes hídricas |
| Pk | fuentes de agua  |
| Fk | Drenaje simple   |
|    | Drenajes dobles  |
|    | canales          |
|    | reservorios      |

Fuente: elaboración propia usando ArcGIS Pro, 2024

Primero se realizó el clip para denotar el área del municipio geográfico a trabajar, los drenajes dobles, simples y restricción de tierras.

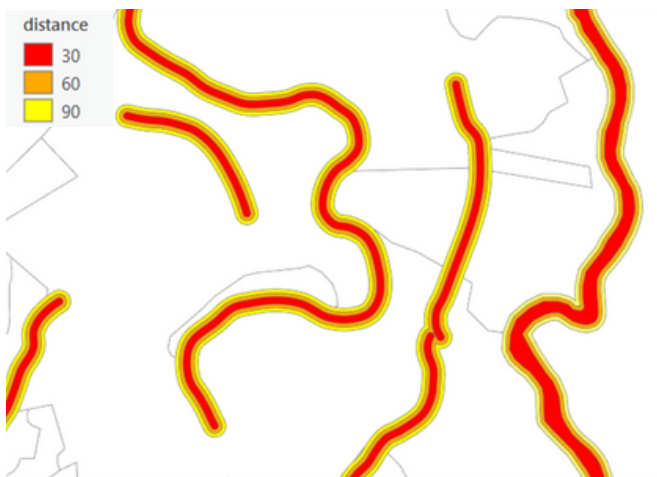
**Figura 2.** Mapa municipio de Cali - Valle del cauca



*Fuente: elaboración propia usando ArcGIS Pro, 2024*

Luego se aplicó un multibuffer a drenajes simples y dobles para identificar la distancia de las fuentes hídricas a 30, 60 y 90 m. Estos resultados se muestran a continuación

**Figura 3.** Mapa drenajes dobles y simples en Cali, el Rojo representa los datos a 30, el naranja a 60 y el amarillo a 90



*Fuente: elaboración propia usando ArcGIS Pro, 2024*

Luego con un dissolve se clasificaron únicamente por la columna de nivel 3, para luego escoger las áreas de interés tales como: Tejido urbano continuo, tejido urbano discontinuo, zonas industriales, aeropuertos, instalaciones recreativas, ríos.

**Tabla 2.** Cobertura de tierras, Nivel 3 filtrado con dissolve

|   | OBJECTID * | Shape * | nivel_3                      |
|---|------------|---------|------------------------------|
| 1 | 1          | Polygon | 1.1.1. Tejido urbano con...  |
| 2 | 2          | Polygon | 1.1.2. Tejido urbano dis...  |
| 3 | 3          | Polygon | 1.2.1. Zonas industriale...  |
| 4 | 4          | Polygon | 1.2.4. Aeropuertos           |
| 5 | 7          | Polygon | 1.4.2. Instalaciones recr... |
| 6 | 26         | Polygon | 5.1.1. Ríos                  |

*Fuente: elaboración propia usando ArcGIS Pro, 2024*

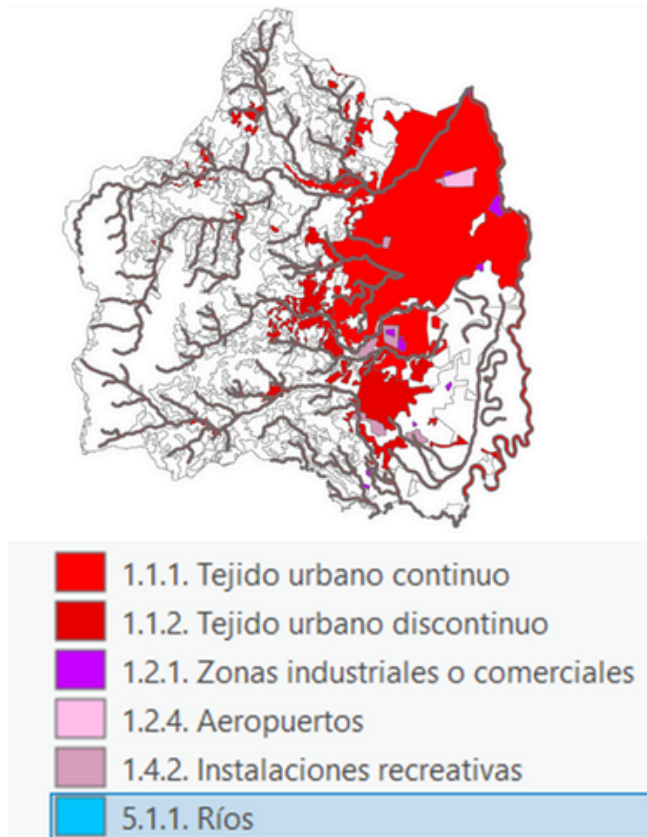
Luego se visualizó los drenajes y las diferentes distancias que pasan por las zonas mencionadas anteriormente

**Figura 4.** Mapa de drenajes simples y dobles con las zonas de interés



*Fuente: elaboración propia usando ArcGIS Pro, 2024*

Luego se realizó una separación por colores para identificar visualmente las diferentes zonas empleando la última versión de Corine Land Cover 2018

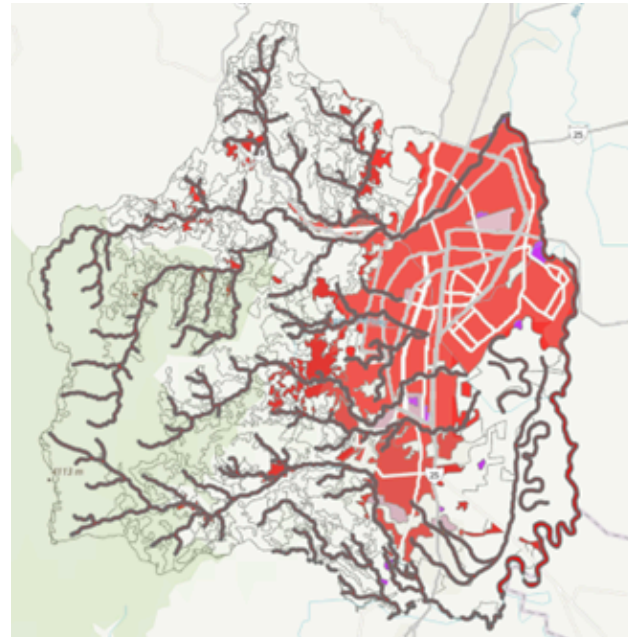
**Figura 5.** Zonas de interés en la ciudad de Cali

Fuente: elaboración propia usando ArcGIS Pro, 2024

## ANALISIS

Cali, la capital del departamento del Valle del Cauca, es una ciudad privilegiada en cuanto a recursos hídricos. Su ubicación geográfica en el valle interandino del río Cauca le brinda un entorno rico en fuentes hídricas. Además de los numerosos drenajes simples que se extienden por toda el área urbana, la ciudad cuenta con el majestuoso río Cauca como principal drenaje doble. Este imponente afluente atraviesa la ciudad de sur a norte, convirtiéndose en un elemento clave de su paisaje y ecosistema. Sin embargo, la abundancia de estos cuerpos de agua, sumada al clima cálido y húmedo de la región, hace que Cali sea un sector de alto riesgo

de inundaciones en diversos sectores cuando se presentan temporadas de fuertes precipitaciones.

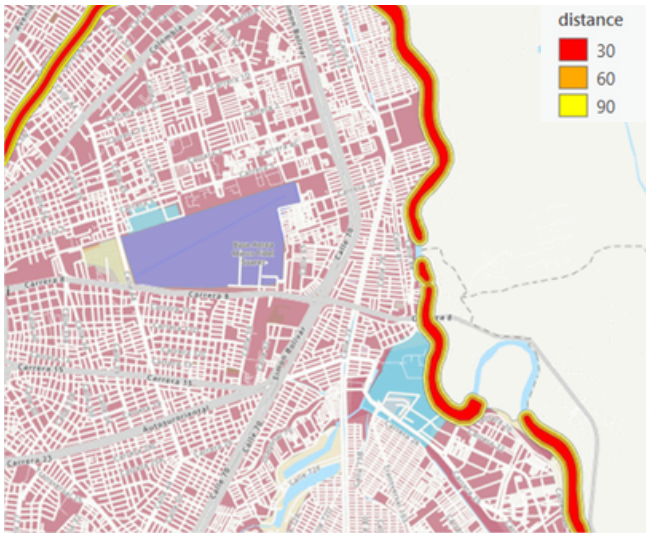
**Figura 6.** Mapa municipio de Cali - Valle del cauca con las zonas de interés y drenajes simples y dobles

Fuente: elaboración propia usando ArcGIS Pro, 2024

El río Cauca, uno de los principales sistemas fluviales de Colombia, es una extensión hídrica de gran magnitud. Con una longitud aproximada de 1.350 kilómetros, recorre varios departamentos del país antes de desembocar en el océano Atlántico. A su paso por Cali, este caudaloso río tiene un caudal promedio de 892 m<sup>3</sup>/s, convirtiéndolo en un recurso hídrico de dimensiones considerables (Cuenca alta Cauca, 2022). Estos ríos de gran envergadura ocupan áreas extensas cuando sus niveles aumentan debido a las intensas lluvias, desbordándose de su cauce natural y generando graves inundaciones en las zonas aledañas. Durante estos episodios de desbordamiento, el río Cauca puede alcanzar niveles peligrosos, poniendo en

riesgo a las comunidades cercanas.

**Figura 7.** Mapa de Cali por donde pasa el río Cauca el cual presenta riesgos de inundación para algunas zonas



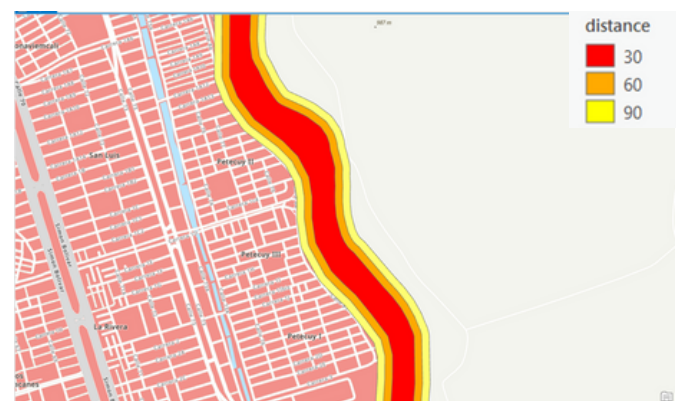
*Fuente: elaboración propia usando ArcGIS Pro, 2024*

Dada la amenaza que representan estas inundaciones, se han implementado medidas y normas para mitigar los impactos. A partir del principio de prevención, se han identificado las áreas más propensas a inundaciones durante las temporadas de lluvias intensas, cuando existe el riesgo de que los ríos se desborden. Una de las normas establecidas indica que las viviendas, edificaciones, parques y demás zonas urbanas deben construirse a una distancia según el decreto 1541 de 1978, por encima de 30 metros a cada lado de los ríos. Esta medida busca evitar que las inundaciones causen estragos y afecten directamente estas áreas pobladas.

En el caso específico del río Cauca a su paso por Cali, se han realizado estudios detallados para determinar las zonas de riesgo. Utilizando el programa ArgGIS y los mapas correspondientes, se analizaron las áreas ubicadas a 30, 60 y 90 metros de distancia del cauce del río.

Los resultados revelaron que si la cantidad de precipitaciones aumenta considerablemente durante las temporadas de lluvias, los barrios Alfonso López, Juanchito, Petecuy, Ciudadela Floralia y Paso del Comercio, todos ellos con casas localizados a menos de 30 metros del río Cauca, se verían severamente afectados por fuertes inundaciones.

**Figura 8.** Zonas de riesgo por el paso del río Cauca



*Fuente: elaboración propia usando ArcGIS Pro, 2024*

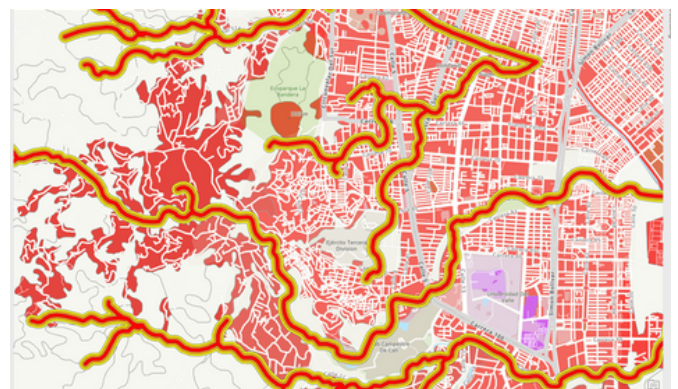
Según datos históricos del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), Cali experimenta en promedio 120 días de precipitaciones moderadas a fuertes por año. Sin embargo, durante los meses más lluviosos, como abril, mayo, octubre y noviembre, la ciudad puede enfrentar picos de hasta 250 mm de lluvia en un solo día. La topografía predominantemente plana de Cali y sus barrios agrava de manera significativa el impacto de las inundaciones causadas por el desbordamiento del río Cauca y otros cuerpos de agua. Al carecer de elevaciones y barreras topográficas naturales, cuando el río se desborda, el agua fluye libremente e inunda extensas áreas de la ciudad, sin tener dónde drenar. La impermeabilización del suelo urbano y la falta de sistemas de drenaje adecuados exacerbaban aún más la situación, provocando que el agua se estanque y acumule en calles, avenidas y barrios enteros. Esta condición convierte a los sectores planos de Cali en zonas altamente vulnerables a inundaciones generalizadas, poniendo en riesgo a numerosas viviendas y construcciones que quedan sumergidas bajo el agua desbordada

Si bien un desbordamiento del río Cauca a 90 metros de distancia de su cauce implicaría una intervención mucho más catastrófica debido al mayor volumen de agua involucrado y la mayor extensión territorial inundada, el mayor riesgo se centra en un desbordamiento a 30 metros del cauce. Esto se debe a que, aunque la magnitud de la inundación sería menor a 30 metros en

comparación con distancias más alejadas, la probabilidad de que ocurra este escenario es significativamente más alta ante precipitaciones intensas. Por lo tanto, la zona roja de alerta máxima se enfoca en el área comprendida dentro de los 30 metros del río Cauca, ya que es el evento de desbordamiento más probable y, por ende, requiere una mayor preparación y atención por parte de las autoridades y la población. No obstante, es crucial no descuidar los planes de contingencia para hacer frente a posibles desbordamientos de mayor magnitud a 60 y 90 metros, que, si bien son menos probables, tendrían consecuencias mucho más devastadoras para la ciudad.

Además del riesgo latente que representa el caudaloso río Cauca, los numerosos afluentes y drenajes de menor envergadura que serpentean por los diferentes barrios de Cali también constituyen una preocupante amenaza ante posibles inundaciones.

**Figura 9.** Ríos de drenaje simple que pasan por las diferentes zonas de la ciudad de cali



*Fuente: elaboración propia usando ArcGIS Pro, 2024*

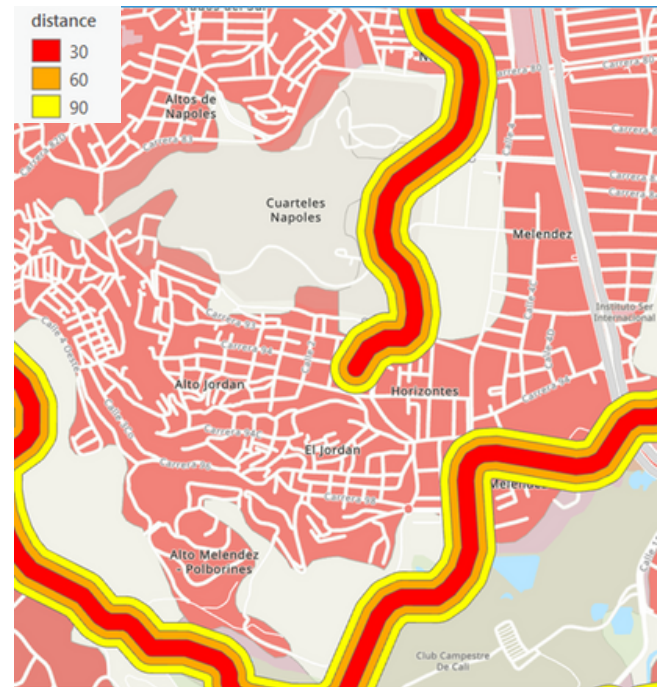
Actualmente, estas fuentes hídricas de menor caudal pueden parecer inofensivas, pero en temporadas de precipitaciones intensas, su nivel puede elevarse drásticamente y desbordar sus cauces, afectando a las áreas circundantes. Tal es el caso de barrios como Meléndez, Buenos Aires y El Refugio, donde se han identificado zonas urbanas construidas a menos de 30 metros de distancia de estos ríos y drenajes menores. Esta proximidad a los cuerpos de agua implica un alto riesgo, ya que un aumento repentino en el caudal podría provocar inundaciones que afecten directamente a las viviendas y edificaciones aledañas, dejándolas sumergidas bajo el agua desbordada. Por lo tanto, es fundamental incluir a estos afluentes de menor escala en los planes de gestión de riesgos y tomar medidas preventivas, como mantener una distancia de seguridad adecuada en las nuevas construcciones y implementar sistemas de drenaje eficientes, para mitigar el impacto de posibles desbordamientos en estos barrios vulnerables.

**Figura 10.** Zonas de riesgo por el paso de un drenaje simple



*Fuente: elaboración propia usando ArcGIS Pro, 2024*

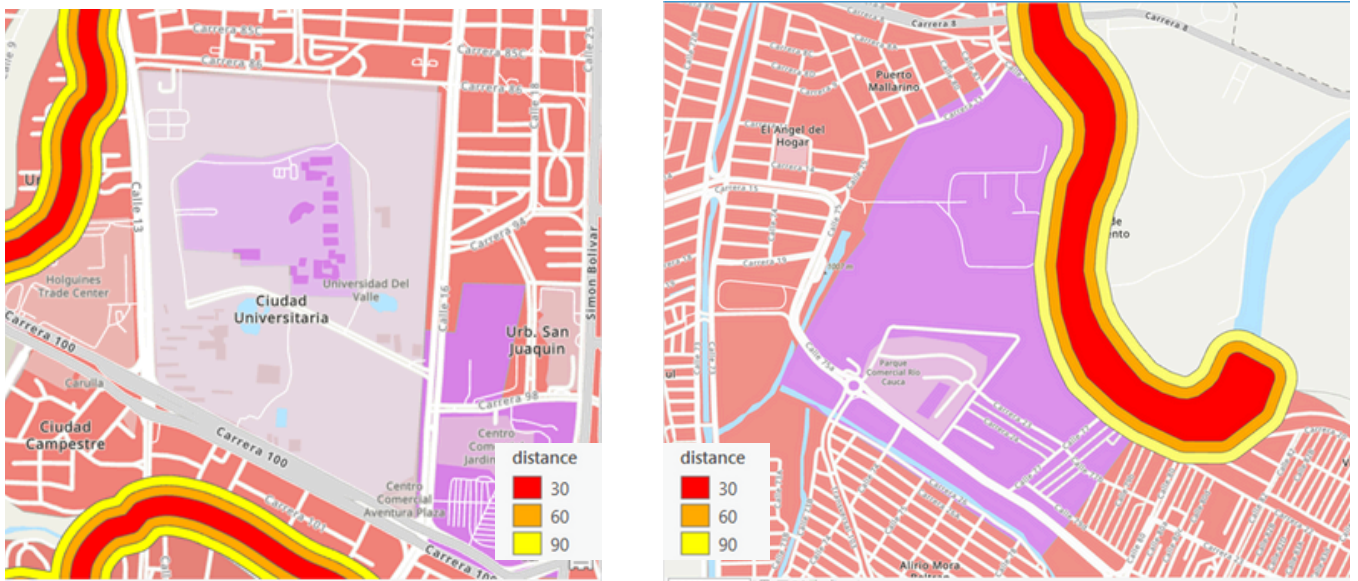
**Figura 11.** Zonas de riesgo por el paso de un drenaje simple



*Fuente: elaboración propia usando ArcGIS Pro, 2024*

El riesgo de inundaciones no se limita únicamente a las áreas residenciales, sino que también amenaza a las zonas industriales y de instalaciones recreativas ubicadas en las cercanías de los ríos de Cali. Se han identificado sectores como el de la Universidad del Valle y una zona industrial aledaña al río Cauca, los cuales podrían verse gravemente afectados por un desbordamiento de los caudales durante temporadas de fuertes precipitaciones. Estas áreas, que albergan importantes centros educativos, parques y complejos industriales, se encuentran en una situación vulnerable debido a su proximidad al caudaloso río Cauca. Un aumento significativo en los niveles del río podría provocar que estas instalaciones queden anegadas, interrumpiendo las actividades académicas, recreativas y productivas, además de causar daños materiales considerables.

**Figura 12.** Zonas industriales y recreativas que tienen alto riesgo de inundación por el paso de un drenaje simple



*Fuente: elaboración propia usando ArcGIS Pro, 2024*

## CONCLUSIÓN

En conclusión, Cali se enfrenta a un alto riesgo de inundaciones debido a su ubicación en una zona rica en recursos hídricos y su topografía predominantemente plana. El caudaloso río Cauca y los numerosos afluentes y drenajes menores que atraviesan la ciudad representan una amenaza latente, especialmente durante temporadas de fuertes precipitaciones. Si bien las áreas residenciales cercanas a estos cuerpos de agua son las más vulnerables, las zonas industriales y de instalaciones recreativas también se encuentran en riesgo. La herramienta ArcGIS resultó altamente efectiva para identificar y mapear las áreas propensas a inundaciones en la ciudad, permitiendo determinar que sectores como Alfonso López, Juanchito, Petecuy, Ciudadela Floralia y Paso del Comercio se encuentran en la zona de mayor riesgo inminente al estar ubicados a menos de 30 metros del cauce del río Cauca.

## RECOMENDACIÓN

Por lo tanto, imperativo que las autoridades locales, en conjunto con la comunidad, implementen medidas integrales de prevención y mitigación, como el mantenimiento de distancias de seguridad en las construcciones, el fortalecimiento de los sistemas de drenaje, el desarrollo de planes de evacuación y la implementación de sistemas de alerta temprana. Sólo mediante una gestión efectiva de riesgos y la adopción de medidas proactivas se podrá proteger a la población y la infraestructura estratégica de Cali ante los posibles impactos

## BIBLIOGRAFÍA

Alcaldía de Cali. (2021). Plan de Gestión del Riesgo de Desastres de Cali.

Cuenca Alta del Río Cauca. (2022). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (s.f.). Datos históricos de precipitaciones en Cali.

**Enlace de sustentación:**

**<https://youtu.be/4-oiD10DW38>**

Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2015). *Geographic Information Science and Systems* (4th ed.). John Wiley & Sons.

Mosquera-Machado, S., & Cuadrado, S. A. (2019). Riesgo de inundación en el área urbana de Cali, Colombia: un enfoque desde la amenaza, vulnerabilidad y exposición. *Revista Ingeniería y Región*, 21, 45-58.

Presidencia de la República de Colombia. (1978). Decreto 1541 de 1978. Por el cual se reglamenta la Parte III del Libro II del Decreto - Ley 2811 de 1974: "De las aguas no marítimas" y parcialmente la Ley 23 de 1973.

Rodriguez, M. E. S. (2020). Zonificación de la amenaza ante inundaciones a partir de un método de evaluación multicriterio en la ciudad de Santiago de Cali, Colombia. *GeoFocus. International Review of Geographical Information Science and Technology*, (25), 47-76.

---