

# Susceptibilidad a inundaciones pluviales en la zona urbana de Medellín

Análisis Geoespacial

Daniel David Zambrano González

## Pregunta

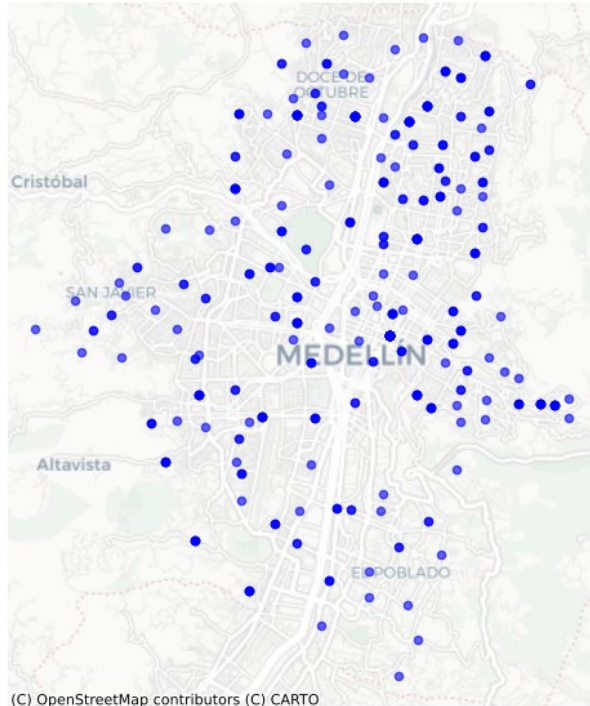
¿Qué lugares presentan susceptibilidad a inundación por lluvias en la zona urbana de Medellín?

## Fuentes de información

- DEM 2 m Medellín – IGAC
- Red hídrica – Alcaldía de Medellín
- Inventario de eventos – Desinventar
- Cobertura terrestre 2019 – Alcaldía de Medellín
- Mapa de amenaza por inundaciones – POT Medellín 2014

# Análisis de puntos

Puntos de Inundación

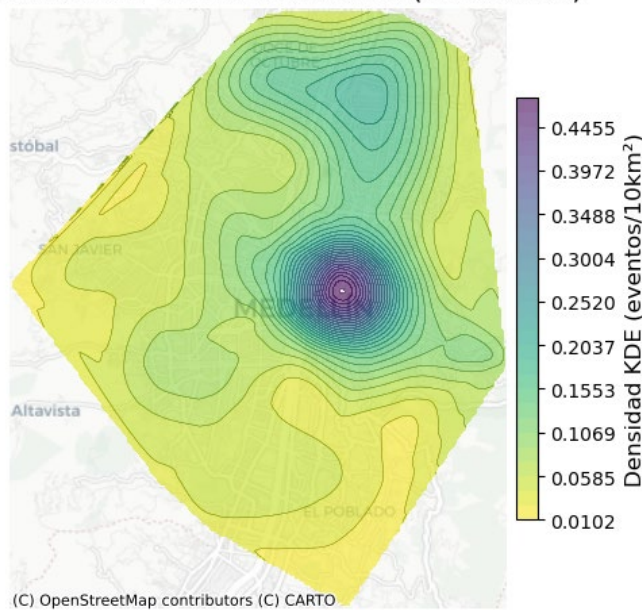


- 430 eventos georreferenciados
- Cobertura espacial
  - Latitud mínima  $\approx 6.24^\circ$ , latitud máxima  $\approx 6.31^\circ$
  - Longitud mínima  $\approx -75.57^\circ$ , longitud máxima  $\approx -75.40^\circ$
- Área urbana analizada:  $\sim 100.57 \text{ km}^2$

# Análisis de puntos

## Análisis de Densidad de Kernel

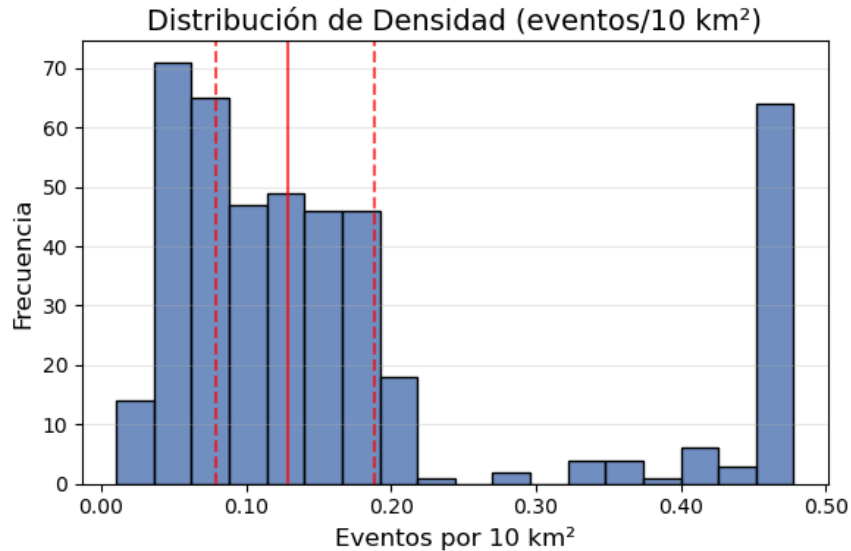
Densidad KDE de Inundaciones (contornos)



- Bandwidth = 800 m
- Pico máximo de 0.48 eventos/10 km<sup>2</sup>
- Un anillo de densidades intermedias (0.10 – 0.30)
- El borde exterior (< 0.05) identifica zonas con menos recurrencia histórica.

# Análisis de puntos

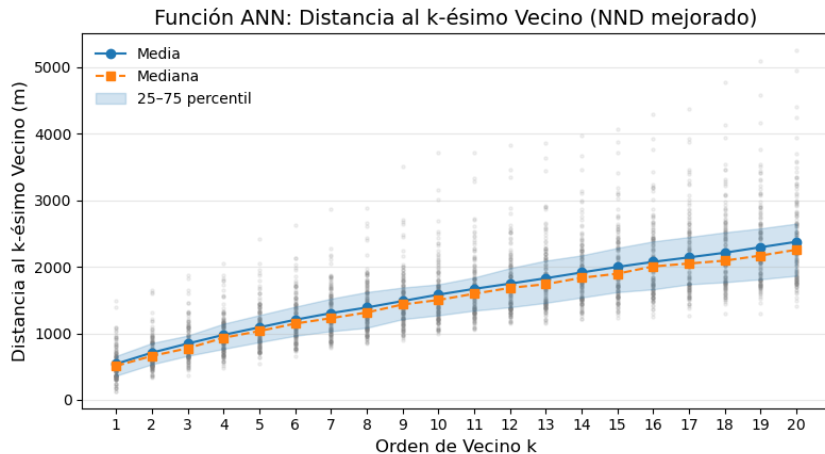
## Análisis de Densidad de Kernel



- Mediana  $\approx 0.13$ : la mitad de los puntos tienen densidad  $\leq 0.13$ .
- Q1  $\approx 0.08$  (línea discontinua izquierda) y Q3  $\approx 0.19$  (línea discontinua derecha) marcan los cuartiles.

# Análisis de puntos

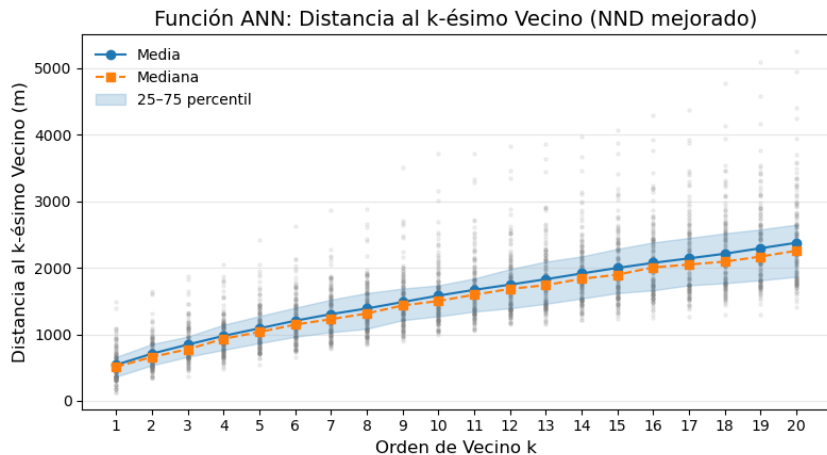
## Análisis de Vecino Más Cercano (NND)



- La media comienza en ~600 m para  $k=1$  y sube de forma casi lineal hasta  $\approx 2400$  m en  $k=20$
- La media indica el valor central, libre de outliers extremos, a partir de  $k=5$  se sitúa muy próximo a la media
- Cuantifiqué la distancia típica que separa cada inundación de sus cinco vecinos históricos más cercanos.

# Análisis de puntos

## Análisis de Vecino Más Cercano (NND)

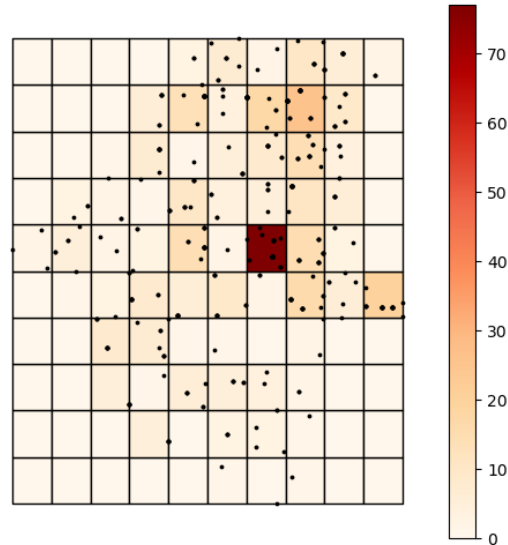


- Distancia mínima  $\approx 538$  m
- Primer cuartil (Q1)  $\approx 766$  m
- Mediana  $\approx 935$  m
- Tercer cuartil (Q3)  $\approx 1\,179$  m
- Distancia máxima  $\approx 2\,417$  m

# Análisis de puntos

## Análisis de Cuadrantes

Conteo de Eventos por Quadrat (10x10)

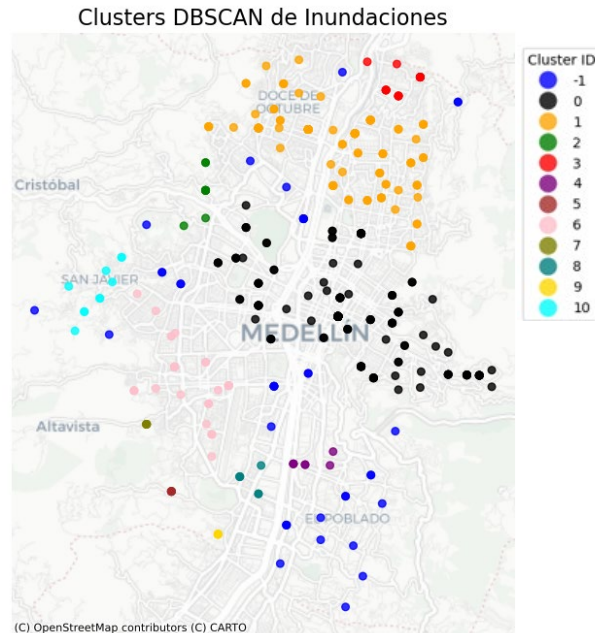


- Grilla 10x10 que cubre todos los puntos.
- Valores desde 0 (ningún evento) hasta 77 (el cuadrante más denso)
- Media  $\approx 4.4$  eventos/cuadrante
- Mediana  $\approx 2$  eventos/cuadrante



# Análisis de puntos

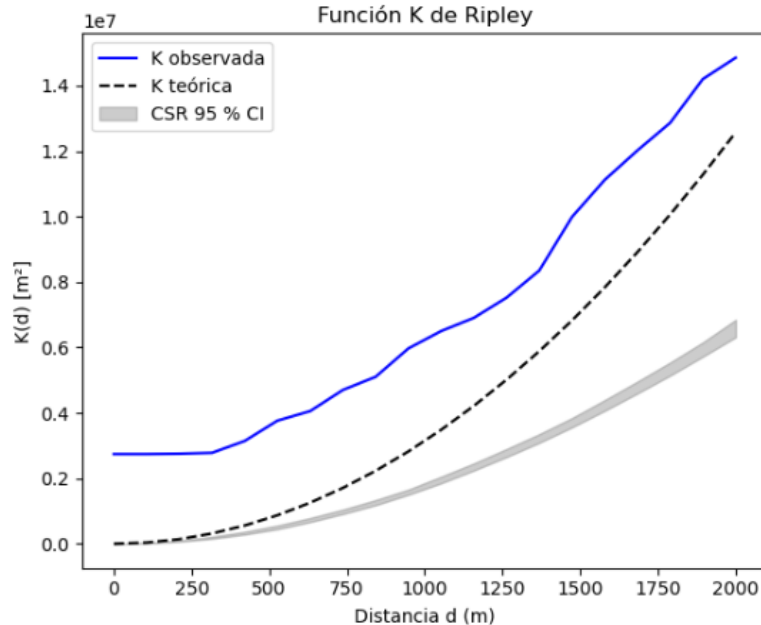
## Análisis DBSCAN



- $\epsilon = 800$  m
- $\text{min\_samples} = 5$
- -1 para los 38 puntos de ruido que no cumplieron el umbral de densidad
- Tamaños de cluster: Cluster 0 → 191 puntos  
Cluster 1 → 116 puntos  
Cluster 6 → 32 puntos
- Clusters pequeños (5-10 puntos) señalan micro-focos en subcuencas menos críticas.

# Análisis de puntos

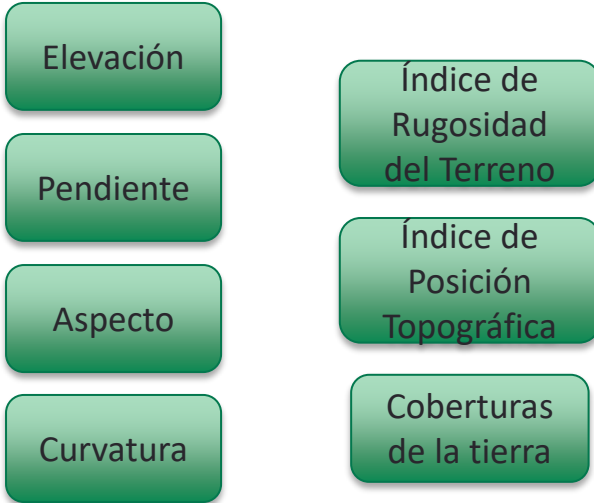
## Función K de Ripley



- Rango de distancias de 0 a 2 000 m, dividido en 20 pasos iguales.
- 99 simulaciones CSR (puntos aleatorios dentro del polígono) para construir la envolvente 95 % (percentiles 2.5 y 97.5) y comparé con la curva observada.
- Curva teórica  $K_{CSR}(d)=\pi d^2$

# Regresión Logística

## Features



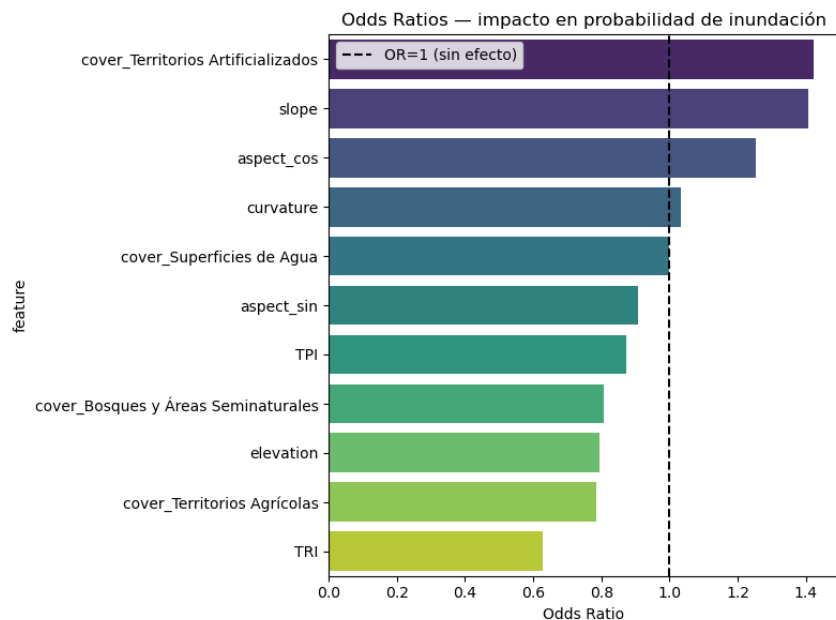
## Label

Susceptibilidad a inundación

Dicotómica : SI (1) – NO (0)

# Regresión Logística

## Configuración del modelo y resultados



- Ratio 1:5 (presencias:ausencias)
- Filtrado: descartamos puntos dentro de 50 m de cualquier presencia, para evitar “falsos negativos”.
- Resultado final: 301 presencias y 301 ausencias
- Variables predictoras:
  - Continuas: elevación, pendiente (slope), aspecto (convertido a sin y cos), curvatura, TPI, TRI.
- Categóricas: cobertura de suelo en dummies (“bosques”, “agua”, “agrícolas”, “artificializados”).
- Split entrenamiento/test 70/30%, estratificado por flood.

# Regresión Logística

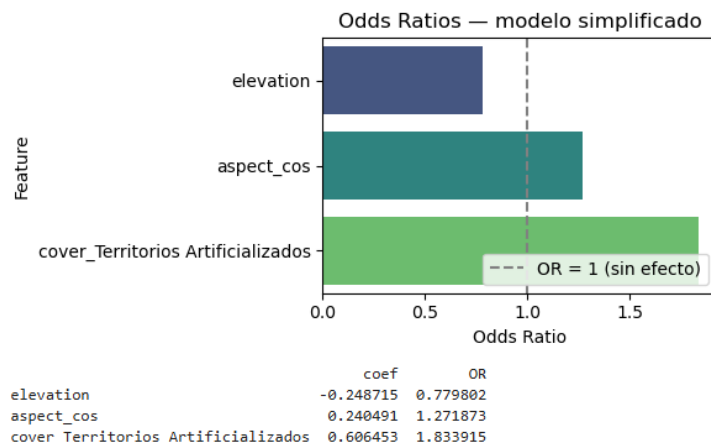
## Configuración del modelo y resultados

	Coef.	Std.Err.	z	P> z	[0.025	0.975]
const	-0.4375	0.1914	-2.2860	0.0223	-0.8126	-0.0624
elevation	-0.2421	0.1042	-2.3242	0.0201	-0.4463	-0.0379
slope	0.6824	0.6635	1.0284	0.3038	-0.6182	1.9829
curvature	0.0337	0.0941	0.3577	0.7206	-0.1507	0.2181
TPI	-0.1417	0.0914	-1.5500	0.1211	-0.3208	0.0375
TRI	-0.7994	0.6576	-1.2155	0.2242	-2.0883	0.4896
aspect_sin	-0.0916	0.0869	-1.0544	0.2917	-0.2619	0.0787
aspect_cos	0.2347	0.0890	2.6373	0.0084	0.0603	0.4090
cover_Territorios Agrícolas	-0.0501	0.4847	-0.1034	0.9177	-1.0001	0.8999
cover_Territorios Artificializados	0.5825	0.2197	2.6514	0.0080	0.1519	1.0130

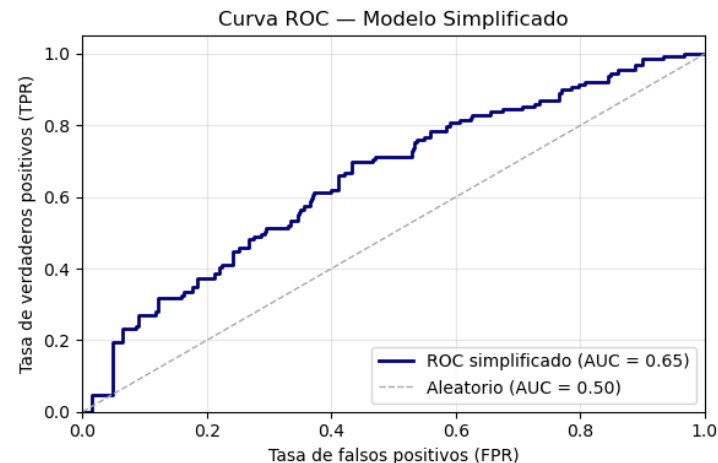
- Accuracy  $\approx 0.53$
- ROC AUC  $\approx 0.64$
- Resultado final: 301 presencias y 301 ausencias
- Recall flood=1  $\approx 0.70$  (capta la mayoría de eventos)
- Precision flood=1  $\approx 0.22$
- Variables significativas ( $p < 0.05$ ):
  - aspect\_cos (OR  $\approx 1.26$ )
  - cover\_Territorios Artificializados (OR  $\approx 1.79$ )
  - elevation (OR  $\approx 0.78$ )
- No significativas ( $p > 0.05$ ): pendiente, curvatura, TPI, TRI, aspect\_sin y territorios agrícolas.

# Regresión Logística

## Modelo simplificado



ROC AUC (simplificado): 0.6538188810768584



- ROC AUC  $\approx 0.65$
- Mantiene recall  $\approx 0.71$  para flood=1.

## Referencias

1. [https://www.medellin.gov.co/mapgis9/mapa.jsp?aplicacion=1&css=css/app\\_mapas\\_medellin.css](https://www.medellin.gov.co/mapgis9/mapa.jsp?aplicacion=1&css=css/app_mapas_medellin.css)
2. <https://www.desinventar.net/DesInventar/profiletab.jsp?countrycode=col&continue=y>
3. <http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/>
4. [https://siata.gov.co/siata\\_nuevo/](https://siata.gov.co/siata_nuevo/)
5. <https://www.colombiaenmapas.gov.co/>

*Gracias*

*Universidad Nacional de Colombia*

---