Proyecto_Fase1

Laura_Marlon_Andrés_Eduar

2025-09-03

R Markdown

1. Definición del problema

Descripción clara del problema

El proyecto busca analizar el riesgo de inundaciones pluviales urbanas en segmentos micro-urbanos de ciudades globales, utilizando el dataset sintético `urban_pluvial_flood_risk_dataset.csv`. Este dataset proporciona información sobre factores como elevación, densidad de drenaje, uso del suelo, intensidad de lluvia histórica y etiquetas de riesgo. El objetivo es identificar patrones y correlaciones que permitan entender la vulnerabilidad a inundaciones y apoyar estrategias de mitigación y planificación urbana.

Justificación de su importancia

Las inundaciones pluviales urbanas son un desafío global creciente debido al cambio climático, la urbanización rápida y la infraestructura de drenaje insuficiente. Según el Banco Mundial, las inundaciones afectan a más de 20 millones de personas anualmente, con pérdidas económicas que superan los $40 mil millones. Este análisis es crucial para desarrollar políticas de resiliencia urbana, especialmente en ciudades de países en desarrollo y desarrollados con alta densidad urbana. La minería de datos permite identificar áreas críticas y predecir riesgos, optimizando recursos para prevención.

Preguntas de investigación o hipótesis

- **Preguntas**:
  - ¿Qué ciudades presentan mayor frecuencia de etiquetas de riesgo como `ponding_hotspot` o `extreme_rain_history`?
  - ¿Cómo influyen el uso del suelo (`land_use`) y el grupo de suelo (`soil_group`) en el riesgo de inundaciones?
  - ¿Qué variables numéricas (elevación, intensidad de lluvia, densidad de drenaje) tienen mayor correlación con el riesgo?
- **Hipótesis**:
  - H1: Segmentos con baja elevación (`elevation_m < 10`) y baja densidad de drenaje (`drainage_density_km_per_km2 < 5`) tienen mayor probabilidad de etiquetas como `low_lying`.
  - H2: Áreas con uso del suelo `Residential` o `Commercial` y grupo de suelo `D` (baja infiltración) presentan mayor riesgo de `ponding_hotspot`.

2. Descripción del dataset

Nombre y fuente del dataset

- **Nombre**: Urban Pluvial Flood Risk Dataset (Global City Analysis 2025)
- **Fuente**: Kaggle, subido por Pratyush Puri (enlace)
- **Archivo principal**: `urban_pluvial_flood_risk_dataset.csv`
- **Detalles**: Dataset sintético con ~2963 registros de segmentos urbanos en 58 ciudades globales, enfocado en factores de riesgo de inundaciones pluviales.

Variables disponibles y su significado

El dataset contiene 17 variables:

Table 1: Descripción de las variables

No	Variable	Tipo	Descripción
1	segment_id	Categórica	Identificador único del segmento
2	city_name	Categórica	Nombre de la ciudad (ej. 'Colombo, Sri Lanka')
3	admin_ward	Categórica	Distrito o barrio administrativo
4	latitude	Numérica	Latitud del segmento
5	longitude	Numérica	Longitud del segmento
6	catchment_id	Categórica	ID de la cuenca hidrológica
7	elevation_m	Numérica	Elevación en metros, afecta el drenaje
8	dem_source	Categórica	Fuente del modelo digital de elevación (ej. Copernicus_GLO-30_v2023)
9	land_use	Categórica	Uso del suelo (ej. Residential, Industrial, Roads, Green)
10	soil_group	Categórica	Grupo de suelo basado en infiltración (A: alta, D: baja)
11	drainage_density_km_	Numérica	Densidad de drenaje en km/km²
12	storm_drain_proximity_m	Numérica	Proximidad al drenaje de tormenta en metros
13	storm_drain_type	Categórica	Tipo de drenaje (ej. CurbInlet, OpenChannel, None)
14	rainfall_source	Categórica	Fuente de datos de precipitación (ej. ERA5, IMD)
15	historical_rainfall_inter	Numérica	Intensidad histórica de lluvia en mm/h
16	return_period_years	Numérica	Período de retorno de eventos de lluvia (ej. 5, 25, 100)
17	risk_labels	Categórica	Etiquetas de riesgo (múltiple, ej. monitor, ponding_hotspot, low_lying)

Identificación de posibles problemas iniciales

- **Valores faltantes**: Columnas como `elevation_m`, `soil_group`, `drainage_density_km_per_km2`, `storm_drain_proximity_m`, `storm_drain_type`, y `rainfall_source` presentan valores faltantes.
- **Ruido**: Elevaciones negativas (ej. -3 m) pueden indicar áreas bajo el nivel del mar o errores sintéticos.
- **Otros**: Posibles duplicados en `segment_id`, desbalance en ciudades (algunas con más segmentos), multicolinealidad (ej. `elevation_m` y `risk_labels` como `low_lying`), y etiquetas múltiples en `risk_labels` que requieren procesamiento.

3. Análisis Exploratorio de Datos (EDA) Básico

3.1 Carga y visualización general de los datos

```
##   segment_id            city_name   admin_ward   latitude longitude
## 1  SEG-00001   Colombo, Sri Lanka Borough East   6.920633  79.91260
## 2  SEG-00002       Chennai, India       Ward D  13.076487  80.28177
## 3  SEG-00003     Ahmedabad, India    Sector 12  23.019473  72.63858
## 4  SEG-00004     Hong Kong, China    Sector 14  22.302602 114.07867
## 5  SEG-00005 Durban, South Africa     Sector 5 -29.887602  30.91101
##   catchment_id elevation_m           dem_source      land_use soil_group
## 1      CAT-136          NA Copernicus_EEA-10_v5 Institutional
## 2      CAT-049       -2.19 Copernicus_EEA-10_v5   Residential          D
## 3      CAT-023       30.88            SRTM_3arc    Industrial          B
## 4      CAT-168       24.28            SRTM_3arc   Residential          B
## 5      CAT-171       35.70            SRTM_3arc    Industrial          C
##   drainage_density_km_per_km2 storm_drain_proximity_m storm_drain_type
## 1                        4.27                   160.5        CurbInlet
## 2                        7.54                      NA      OpenChannel
## 3                       11.00                   152.5      OpenChannel
## 4                        7.32                    37.0          Manhole
## 5                        4.50                   292.4      OpenChannel
##   rainfall_source historical_rainfall_intensity_mm_hr return_period_years
## 1            ERA5                                39.4                  50
## 2            ERA5                                56.8                  25
## 3             IMD                                16.3                   5
## 4            ERA5                                77.0                  10
## 5            ERA5                                20.8                   5
##                                 risk_labels
## 1                                   monitor
## 2 ponding_hotspot|low_lying|event_2025-05-02
## 3                                   monitor
## 4                                   monitor
## 5                                   monitor
```

```
## Filas: 2963
## Columnas: 17
```

3.2 Estadísticas básicas

```
## 'data.frame':    2963 obs. of  17 variables:
##  $ segment_id                       : chr  "SEG-00001" "SEG-00002" "SEG-00003" "SEG-00004" ...
##  $ city_name                        : chr  "Colombo, Sri Lanka" "Chennai, India" "Ahmedabad, India
##  $ admin_ward                       : chr  "Borough East" "Ward D" "Sector 12" "Sector 14" ...
##  $ latitude                         : num  6.92 13.08 23.02 22.3 -29.89 ...
##  $ longitude                        : num  79.9 80.3 72.6 114.1 30.9 ...
##  $ catchment_id                     : chr  "CAT-136" "CAT-049" "CAT-023" "CAT-168" ...
##  $ elevation_m                      : num  NA -2.19 30.88 24.28 35.7 ...
##  $ dem_source                       : chr  "Copernicus_EEA-10_v5" "Copernicus_EEA-10_v5" "SRTM_3ar
##  $ land_use                         : chr  "Institutional" "Residential" "Industrial" "Residential
##  $ soil_group                       : chr  "" "D" "B" "B" ...
##  $ drainage_density_km_per_km2      : num  4.27 7.54 11 7.32 4.5 8.97 8.25 5.88 7.79 NA ...
##  $ storm_drain_proximity_m          : num  160 NA 152 37 292 ...
```

```
##  $ storm_drain_type                  : chr  "CurbInlet" "OpenChannel" "OpenChannel" "Manhole" ...
##  $ rainfall_source                   : chr  "ERA5" "ERA5" "IMD" "ERA5" ...
##  $ historical_rainfall_intensity_mm_hr: num  39.4 56.8 16.3 77 20.8 ...
##  $ return_period_years               : int  50 25 5 10 5 50 10 10 10 5 ...
##  $ risk_labels                       : chr  "monitor" "ponding_hotspot|low_lying|event_2025-05-02" "
```

```
##   elevation_m      drainage_density_km_per_km2 storm_drain_proximity_m
##  Min.   : -3.000   Min.   : 1.270             Min.   :  0.20
##  1st Qu.:  8.725   1st Qu.: 4.670             1st Qu.: 47.98
##  Median : 25.130   Median : 6.250             Median : 91.70
##  Mean   : 37.690   Mean   : 6.291             Mean   :123.20
##  3rd Qu.: 59.620   3rd Qu.: 7.830             3rd Qu.:162.62
##  Max.   :266.700   Max.   :12.070             Max.   :751.70
##  NA's   :161       NA's   :284                NA's   :239
##  historical_rainfall_intensity_mm_hr return_period_years
##  Min.   :  5.40                      Min.   :  2.00
##  1st Qu.: 25.80                      1st Qu.:  5.00
##  Median : 37.90                      Median : 10.00
##  Mean   : 43.81                      Mean   : 19.73
##  3rd Qu.: 55.55                      3rd Qu.: 25.00
##  Max.   :150.00                      Max.   :100.00
##
```

```
## Elevation_m: Media = 37.68982  Mediana = 25.13  SD = 38.70896
```

```
##
##    Commercial         Green    Industrial      Informal Institutional
##           493           359           357            29           106
##         Mixed   Residential         Roads         Water
##           110           827           599            83
```

```
##
##    Commercial         Green    Industrial      Informal Institutional
##    16.6385420    12.1160985    12.0485994     0.9787378     3.5774553
##         Mixed   Residential         Roads         Water
##     3.7124536    27.9109011    20.2159973     2.8012150
```

```
##
##       A   B   C   D
## 362 547 747 713 594
```

```
##
##                A        B        C        D
## 12.21735 18.46102 25.21093 24.06345 20.04725
```

```
##
##             Accra, Ghana          Ahmedabad, India    Amsterdam, Netherlands
##                       45                        52                        46
##           Athens, Greece     Auckland, New Zealand         Bangkok, Thailand
##                       58                        48                        35
##          Barcelona, Spain          Bengaluru, India          Bogotá, Colombia
##                       54                        55                        42
```

```
##       Brisbane, Australia   Buenos Aires, Argentina   Cape Town, South Africa
##                        48                        50                        50
##           Chennai, India       Colombo, Sri Lanka       Copenhagen, Denmark
##                        50                        30                        50
##             Delhi, India        Dhaka, Bangladesh              Doha, Qatar
##                        56                        47                        37
##               Dubai, UAE     Durban, South Africa          Guangzhou, China
##                        43                        54                        38
##          Hamburg, Germany           Hanoi, Vietnam Ho Chi Minh City, Vietnam
##                        37                        40                        49
##          Hong Kong, China             Houston, USA          Hyderabad, India
##                        34                        51                        39
##         Istanbul, Türkiye       Jakarta, Indonesia         Karachi, Pakistan
##                        55                        39                        47
##           Kolkata, India    Kuala Lumpur, Malaysia            Lagos, Nigeria
##                        43                        42                        51
##               Lima, Peru              London, UK       Manila, Philippines
##                        55                        29                        61
##       Mexico City, Mexico             Miami, USA          Montreal, Canada
##                        57                        46                        48
##            Mumbai, India           Nairobi, Kenya          New Orleans, USA
##                        39                        47                        50
##            New York, USA            Osaka, Japan             Paris, France
##                        43                        38                        52
##         Philadelphia, USA             Pune, India    Rio de Janeiro, Brazil
##                        59                        41                        50
##      Riyadh, Saudi Arabia             Rome, Italy    Rotterdam, Netherlands
##                        46                        51                        58
##        San Francisco, USA        Sao Paulo, Brazil        Seoul, South Korea
##                        60                        37                        58
##           Shanghai, China          Shenzhen, China      Singapore, Singapore
##                        38                        48                        54
##         Sydney, Australia           Taipei, Taiwan             Tehran, Iran
##                        43                        42                        48
##              Tokyo, Japan        Vancouver, Canada        Washington DC, USA
##                        42                        54                        54
```

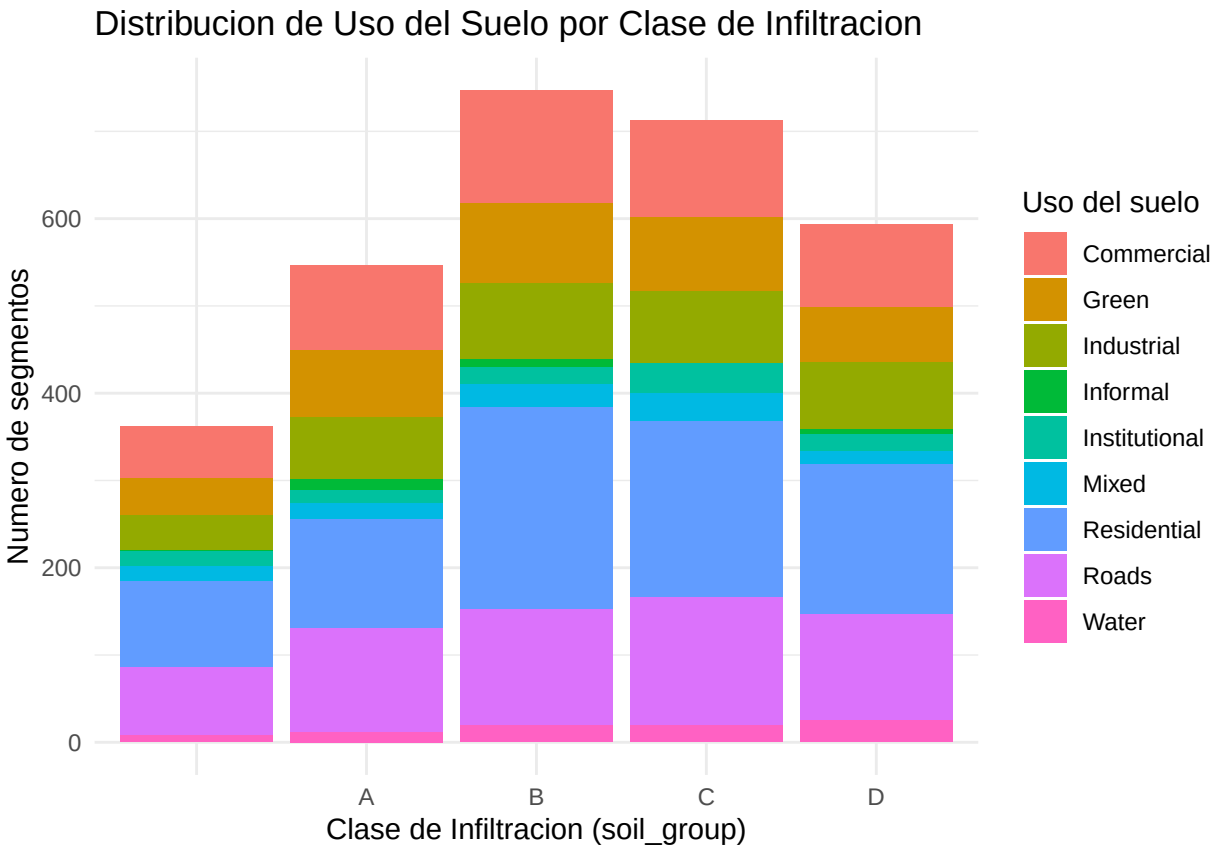
3.3 Detección de valores faltantes

```
##                        segment_id                         city_name
##                                 0                                 0
##                        admin_ward                          latitude
##                                 0                                 0
##                         longitude                        catchment_id
##                                 0                                 0
##                       elevation_m                        dem_source
##                               161                                 0
##                          land_use                        soil_group
##                                 0                                 0
##         drainage_density_km_per_km2            storm_drain_proximity_m
##                               284                               239
##                   storm_drain_type                   rainfall_source
##                                 0                                 0
```

```
## historical_rainfall_intensity_mm_hr                 return_period_years
##                                   0                                   0
##                         risk_labels
##                                   0

##                           segment_id                           city_name
##                             0.000000                            0.000000
##                           admin_ward                            latitude
##                             0.000000                            0.000000
##                            longitude                         catchment_id
##                             0.000000                            0.000000
##                          elevation_m                           dem_source
##                             5.433682                            0.000000
##                             land_use                           soil_group
##                             0.000000                            0.000000
##         drainage_density_km_per_km2             storm_drain_proximity_m
##                             9.584880                            8.066149
##                    storm_drain_type                       rainfall_source
##                             0.000000                            0.000000
## historical_rainfall_intensity_mm_hr                 return_period_years
##                             0.000000                            0.000000
##                         risk_labels
##                             0.000000
```

3.4 Análisis adicional: Distribución de uso del suelo por grupo de suelo

```
## Cantidad de usos del suelo:

##
##    Commercial         Green    Industrial      Informal Institutional
##           493           359           357            29           106
##         Mixed   Residential         Roads         Water
##           110           827           599            83

## Uso de suelo mas comun: Residential
## Frecuencia: 827
```



4. Revisión bibliográfica

Estudios previos relacionados

- **UN-Habitat (2020)**: Destaca que las inundaciones urbanas son un riesgo creciente en ciudades de Asia y África debido a la urbanización y el cambio climático. Recomienda análisis de datos espaciales para identificar zonas vulnerables.
- **Jha et al. (2012)**: En "Cities and Flooding," se analizan factores como densidad de drenaje y uso del suelo en inundaciones pluviales, usando modelos GIS y regresión.
- **Tingsanchali (2012)**: Estudio sobre Bangkok mostró que la baja elevación y alta impermeabilización aumentan el riesgo de inundaciones, usando modelos hidrológicos.

Métodos usados en investigaciones similares

- **Análisis exploratorio**: Histogramas, boxplots y mapas de calor para correlaciones (usando R o Python).
- **Modelos predictivos**: Regresión logística, árboles de decisión y redes neuronales para predecir riesgos de inundación.
- **Análisis espacial**: Herramientas GIS (ArcGIS, QGIS) para mapear elevación y drenaje.
- **Técnicas de preprocesamiento**: Imputación de valores faltantes (media, mediana, KNN) y normalización de variables numéricas.

5. Plan de trabajo

Metodología general

1. **Preprocesamiento**:
   - Limpieza: Imputar valores faltantes (ej. media para numéricas, moda para categóricas).
   - Procesar `risk_labels` separando etiquetas múltiples.
   - Verificar duplicados y valores atípicos.
2. **EDA avanzado**:
   - Visualizaciones: Mapas de calor (correlaciones), boxplots por ciudad, mapas con `latitude/longitude`.
   - Correlaciones entre variables numéricas y `risk_labels`.
3. **Modelado**:
   - Clustering (K-means) para agrupar segmentos por riesgo.
   - Regresión logística o árboles de decisión para predecir `risk_labels`.
4. **Validación**: Dividir datos (70% entrenamiento, 30% prueba), evaluar métricas (precisión, F1-score).

Cronograma de actividades

- Semana 1-2: EDA básico, limpieza inicial, revisión bibliográfica.
- Semana 3-4: Preprocesamiento avanzado, visualizaciones.
- Semana 5-6: Modelado inicial (clustering, regresión).
- Semana 7: Validación y redacción del informe final.
- Semana 8: Preparación de la sustentación.

Herramientas y lenguajes

- **Lenguaje**: R (análisis, visualización, modelado).
- **Paquetes**: `dplyr`, `ggplot2`, `tidyr`, `caret` (modelado), `sf` (análisis espacial).
- **Herramientas**: RStudio, R Markdown para informes.

6. Expectativas y retos

Posibles dificultades

- **Valores faltantes**: ~10% en `elevation_m`, `soil_group`, etc., pueden sesgar resultados.
- **Datos sintéticos**: Elevaciones negativas o distribuciones no realistas.
- **Complejidad de risk_labels**: Etiquetas múltiples requieren parsing (ej. separar `ponding_hotspot|low_lying`).
- **Desbalance**: Algunas ciudades o usos del suelo pueden estar sobrerrepresentados.

Estrategias para resolverlas

- Imputar valores faltantes con media/mediana (numéricas) o moda (categóricas).
- Validar elevaciones negativas con análisis geográfico (ej. confirmar si son áreas costeras).
- Usar funciones de `tidyr` para separar `risk_labels`.
- Aplicar técnicas de balanceo (submuestreo o sobremuestreo) si hay desbalance.

7. Conclusión preliminar

El análisis inicial del dataset `urban_pluvial_flood_risk_dataset.csv` revela un problema crítico de inundaciones urbanas, con variables como `elevation_m`, `drainage_density_km_per_km2`, y `historical_rainfall_intensity_mm_hr` clave para identificar riesgos. El EDA muestra valores faltantes (~10% en algunas columnas) y distribuciones variadas en `land_use` (Residential domina) y `soil_group`. Las hipótesis planteadas se explorarán con modelado predictivo. Los retos incluyen manejar datos faltantes y etiquetas múltiples, pero R ofrece herramientas robustas para avanzar. Este análisis sentará las bases para estrategias de mitigación en ciudades globales.

‘‘‘