

## Identificación de zonas de riesgo de inundación en el municipio de Lebrija, Santander utilizando Sistemas de Información Geográfica

Iván Diario Arguello Rodríguez, [idarguellor@unadvirtual.edu.co](mailto:idarguellor@unadvirtual.edu.co)

Kenia Lisseth Sandoval Fernández, [klsandovals@unadvirtual.edu.co](mailto:klsandovals@unadvirtual.edu.co)

Docente asesor: Yetfersson Arley Serrato Velosa [yetfersson.serrato@unad.edu.co](mailto:yetfersson.serrato@unad.edu.co)

### Resumen

El desarrollo de este documento tiene como finalidad determinar las zonas susceptibles de Lebrija, Santander, utilizando la metodología de análisis multicriterio, procesando la información con el software ArcGis Pro, aplicando distintos geoprocursos para generar un mapa determinando las zonas vulnerables del municipio. De esta forma identificando las zonas del municipio que presentan mayor afectación en épocas de lluvias por riesgo de inundación teniendo en cuenta información como pendientes, uso de suelo y climatología. El análisis de esta amenaza es importante en el desarrollo de los planes de ordenamiento y prevención del municipio para identificar la problemática y planificar las medidas necesarias ante el suceso riesgo por inundación.

*Palabras claves:* Riesgo, Inundación, Análisis multicriterio.

### Introducción

Las inundaciones son un fenómeno cuya situación ocurre con más frecuencia en zonas planas, donde el agua se desborda subiendo su nivel cubriendo un terreno, llamándose así también desastres naturales o fenómeno de la niña, es una amenaza geológica que permite la vulnerabilidad de los seres vivos o bienes materiales. Un desastre comprende diversos tipos de riesgos entre ellos están; riesgos geológicos exógenos, riesgos geológicos litológicos y por último también es importante nombrar el riesgo geológicos inducidos los cuales hace referencia a las acciones humanas. (Pérez, J. 2017).

¿Cómo afecta el fenómeno de la niña en Colombia? En Colombia han aumentado en complejidad y conectividad los riesgos naturales por inundación, consecuencia de los cambios de precipitación, sumándole a ello las intervenciones humanas en el ecosistema. Las

Naciones Unidas y el Banco Mundial consideran a Colombia como el tercer país con mayor riesgo debido al cambio climático, a nivel mundial. 4,5% del agua mundial se encuentra en Colombia reportando un volumen anual de 2.100km<sup>3</sup>. (Ávila Díaz, Á. 2015)

En el Departamento de Santander se presenta un alto riesgo de inundaciones, sobre todo en su zona occidental. El cruce del Río Magdalena y las características propias de su topografía como pendientes bajas y terrenos planos propician la generación de zonas inundables. A diferencia del centro y el oriente del municipio que son zonas menos propensas a inundaciones, pero susceptibles a eventos como precipitaciones torrenciales repentinas. (Gobernacion de Santander. 2019)

Entre los riesgos que se pueden presentar se encuentran: Desbordes de ríos, Deslizamientos de tierra, Desprendimientos de

roca, Daños en las vías principales, Problemas sanitarios y de drenaje

Algunos de los municipios más afectados son: Cimitarra, Puerto Parra, San Vicente de Chucurí. Ocasionado por el desbordamiento del río Lebrija

## Objetivos

### General

- Identificar el riesgo de inundación en el municipio de Lebrija, Santander utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG), con el fin de determinar las áreas vulnerables del municipio.

### Específicos

- Recopilar datos ráster y vectoriales con información relevante del municipio para llevar a cabo el análisis de riesgo por inundación
- Realizar un análisis multicriterio de la información aplicando distintos geoprocesos para identificar las características del municipio.
- Diseñar un mapa de riesgo de inundación utilizando el software ArcGis Pro

## Identificación del caso de estudio

### Reseña Lebrija Santander

El municipio de Lebrija se encuentra ubicado en el departamento de Santander, a una distancia de 15 km de Bucaramanga y cercano al Aeropuerto Internacional Palonegro. Es conocido como la "Capital Piñera de Colombia" debido a la importancia de la piña en su economía, celebrándose cada junio la Feria de la Piña con festividades, degustaciones y conciertos. Además, la economía local también se destaca por la

producción avícola, especialmente pollo y huevo, debido a la gran cantidad de galpones dedicados a la crianza de aves en la zona rural. (Alcaldía de Lebrija. 2023.)

**Tabla 1.** Información del Municipio

Nombre del Municipio	Lebrija
Extensión	549,85 km <sup>2</sup>
Población	46053 habitantes (Dane,2024)
Temperatura	23°C
Economía	Agricultura, Ganadería y Avicultura

**Fuente.** Adaptado de Alcaldía de Lebrija (2023)

**Precipitación:** Los vientos alisios que provienen de los océanos atlántico y pacífico son los responsables de la temporada de lluvias en Santander. Al desplazarse a través de la serranía de La Paz, estos vientos generan la primera temporada de lluvias en el año, que ocurre entre marzo y junio, posteriormente su regreso al sur, entre septiembre y noviembre, dan lugar a la segunda temporada de lluvias del año. (Alcaldía de Lebrija. 2023).

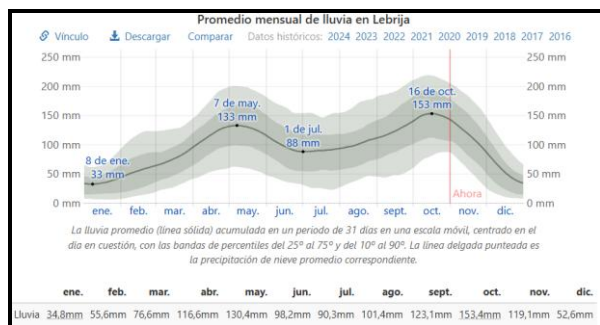
Las precipitaciones no se distribuyen de igual forma en el municipio es por la presencia de barreras naturales y a la influencia de los vientos cálidos que soplan desde los cañones de Lebrija y Sogamoso. El promedio registrado en el aeropuerto Palonegro es de 1777,2 mm/año y en la estación la Parroquia es de 2043 mm/año. (Alcaldía de Lebrija. 2023).

En temporadas de mayores precipitaciones las lluvias torrenciales han afectado el municipio en ocasiones causando inundaciones en

viviendas y afectaciones en las vías que conectan al municipio. (El Espectador. 2022.)

El mes con más presencia de precipitaciones en el municipio es el mes octubre, presenta un promedio de 153 milímetros, mientras que enero es el mes con menos lluvia, con solo 35 mm. (Weather Spark. 2024).

**Figura1.** Precipitaciones Lebrija Santander



Fuente: Adaptada de *WeatherSpark.com* 2024

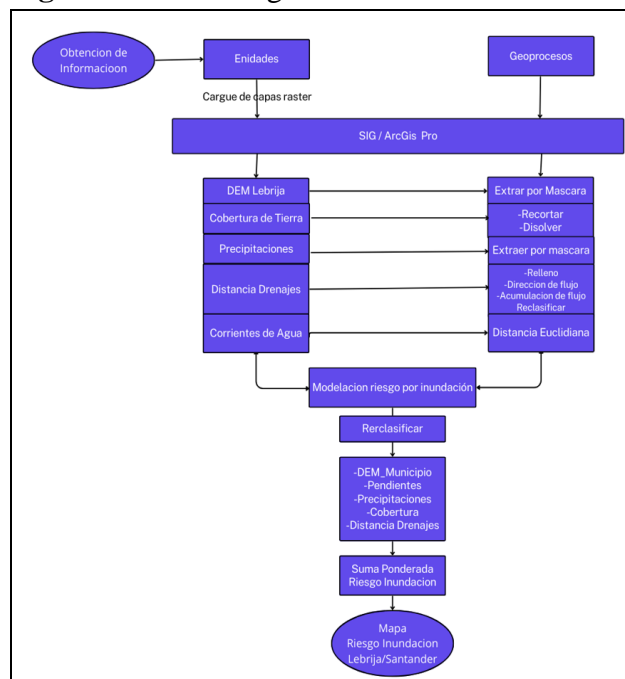
### Metodología

Para determinar el riesgo de inundación del municipio de Lebrija, Santander, se utilizó el análisis multicriterio el cual permite toma de decisiones, utilizando el software ArGis Pro, con el cual se realizan diferentes geoprocesos para la obtención de información y mapas referentes a la zona de estudio.

### Obtención de la información

Se descarga información ráster del municipio, también información sobre cobertura de tierras y precipitaciones, de geoportales como los son USGS y el IGAC, que contienen datos climáticos, hidrológicos y topográficos.

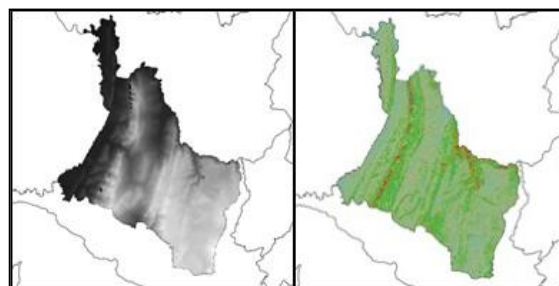
**Figura 2.** Metodología



Fuente: Elaboración propia 2024

Inicialmente se carga el modelo de elevación digita (DEM) y la capa de pendientes del municipio que permite modelar las características topográficas del terreno de la zona en estudio en este caso el municipio de Lebrija en Santander.

**Figura 3.** Modelo de elevación digita DEM y Pendientes Municipio



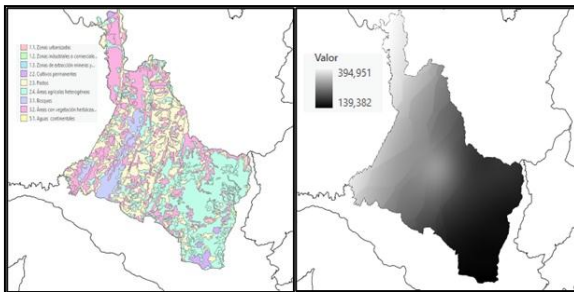
Fuente: Imagen propia adaptada de ArcGis Pro-2024

Como siguiente paso se procede a cargar las capas de cobertura de tierras escala 1:100.000 correspondiente al año 2018 obtenida del geoportal del IGAC, también la capa de precipitaciones del municipio diseñada con información histórica recopilada del IDEAM, después de identificar cual es la

temporada del año con mayor presencia de precipitaciones en el municipio, para este caso es el mes de octubre.

Se aplican los geoprocursos de recortar y disolver sobre la capa de cobertura de tierra para definir sobre el área del municipio y simplificar la información a analizar, igualmente se realiza una extracción por mascara para definir la capa de precipitación del municipio.

**Figura 4.** Capa cobertura de tierras 2018 y Precipitaciones Municipio

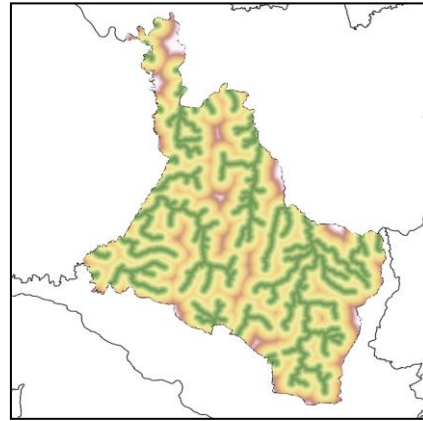


Fuente: Imagen propia adaptada de ArcGis Pro 2024

Para la capa distancia entre drenajes se aplican tres geopocursos, Relleno (Fill), Dirección del Flujo (Flow Direction) y Acumulación de flujo (Flow Accumulation), sobre esta capa en simbología se selecciona desviación típica para mejorar el detalle de los flujos del municipio. Se calcula la distancia entre canales para identificar los ríos y quebradas de importancia en el municipio tomando el valor máximo del flujo de acumulación determinando su 1%. Posteriormente se realiza una reclasificación del flujo de acumulación en dos clases.

Con la reclasificación del flujo de acumulación se aplica el geoprocursos distancia euclidiana que calcula, para cada celda, la distancia euclidiana hasta el origen mas cercano (Esri. 2024)

**Figura 5.** Distancia euclidiana



Fuente: Imagen propia adaptada de ArcGis Pro 2024

**Modelación por riesgo de inundación**

Se procede a reclasificar las capas que tengan una escala en común para poder modelar, de forma cualitativa con los valores de la tabla 2, para que las capas ráster presenten una reclasificación común.

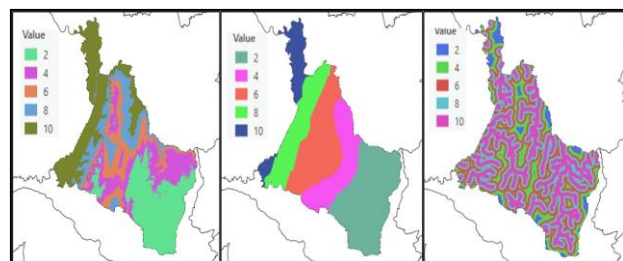
**Tabla2.** Clasificación de riesgo

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

Fuente: Adaptado de guía de actividades Diplomado SIG 2024

**Reclasificación**

Se realiza la reclasificación de las capas ráster Figura 6. Reclasificación de capas ráster, DEM\_Municipio, Precipitaciones y corrientes de aguas.



Fuente: Imagen propia adaptada de ArcGis Pro 2024

### Suma Ponderada





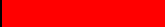
La suma ponderada es una técnica comúnmente utilizada en SIG para combinar múltiples capas de datos, donde cada capa tiene un peso específico que refleja su importancia relativa. (Esri.s.f.)

Con el resultado de la reclasificación de los factores se genera el mapa de riesgo de inundación.

### Reclasificación Riesgo Inundación municipio.

Se recalifica en 5 clases la capa resultante de la suma ponderada, y se le asigna valores cualitativos como se indica en la tabla 3. para el análisis de la información.

**Tabla 3.** Nivel de riesgo

Clasificación Cualitativa	Valores	Simbología
Riesgo muy bajo	1	
Riesgo bajo	2	
Riesgo medio	3	
Riesgo alto	4	
Riesgo muy alto	5	

**Fuente:** Adaptado de guía de actividades Diplomado SIG 2024

Con el resultado de la reclasificación de riesgo de inundación, podemos agregar una clasificación cualitativa a cada área del municipio según la simbología de la tabla para realizar un mejor análisis de riesgo teniendo en cuenta su clasificación entre riesgo muy bajo y riesgo muy alto.

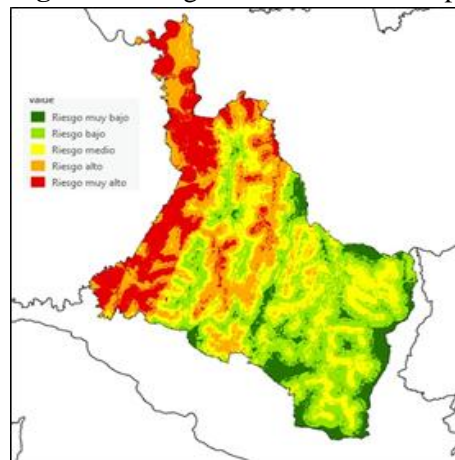
### Resultados

El modelo fue desarrollado aplicando el Análisis Multicriterio para calcular el riesgo por inundación del municipio de Lebrija, Santander, con el software ArcGis Pro teniendo en cuenta diferentes variables condicionantes como precipitación, pendientes

y cobertura de tierra, generando las zonas que presenta amenaza de inundaciones.

Como resultado de los diferentes geoprocenos se obtienen el mapa de riesgo de inundación del municipio.

**Figura 7.** Riesgo Inundación Municipio de Lebrija

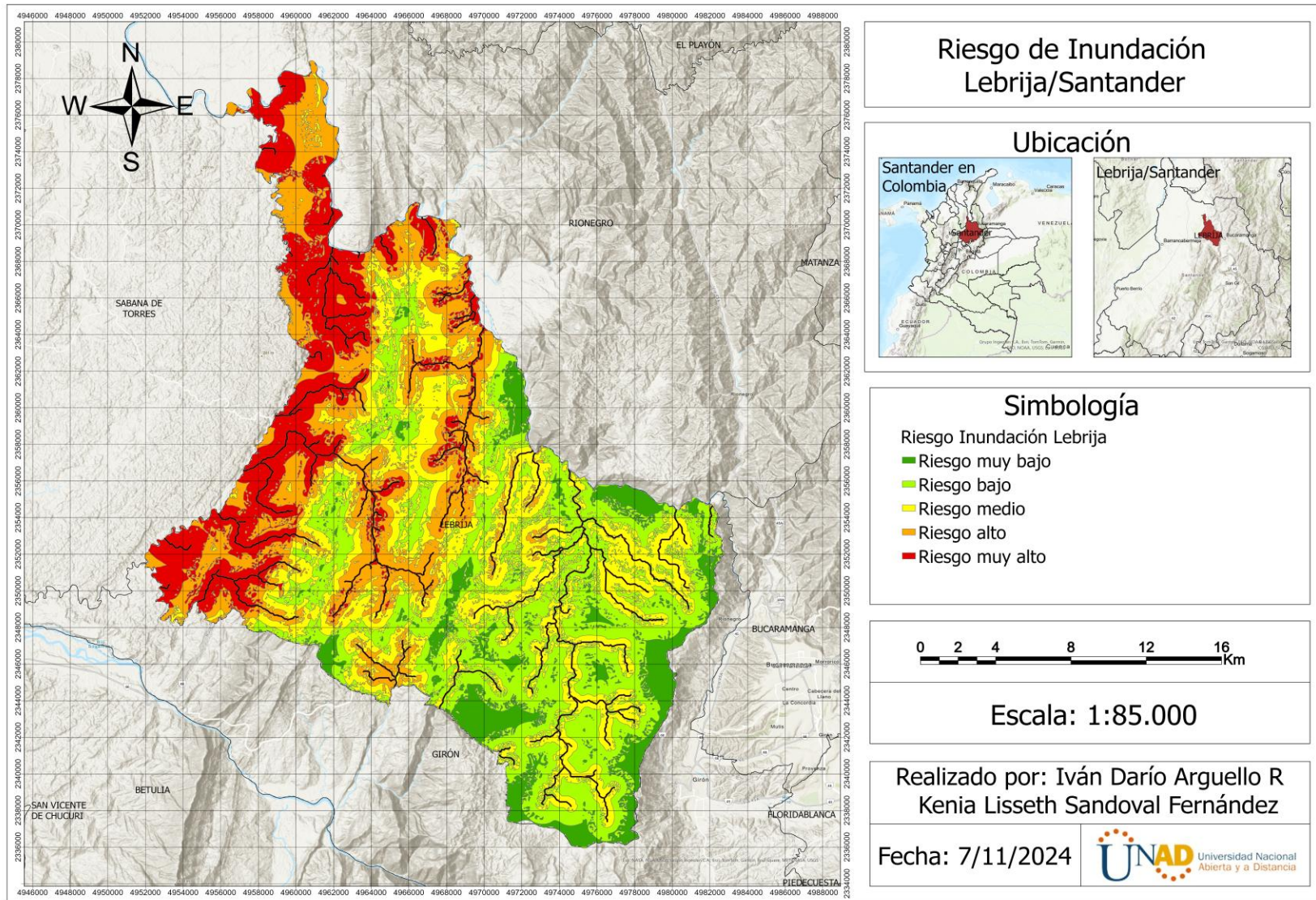


Fuente: Imagen propia adaptada de ArcGis Pro 2024

Para identificar los riesgos presentes en el municipio se analizó la información de cobertura de tierras, identificando sus diferentes variables como áreas urbanas, cultivos, zonas industriales entre otros, utilizando en el resultado final en mapa la herramienta barrido de ArcGIS Pro para establecer una identificación de los riesgos en las diferentes áreas del municipio.

Se identifica que las cuencas hidrográficas y cauces en el municipio, presentan diferente tipo de riesgo esto por la topografía y pendientes del terreno, las partes altas con riesgo muy bajo, riesgo bajo y riesgo medio, presentan una afectación baja, donde se encuentra concentrada la población de municipio en el casco urbano y también zonas donde se desarrollan diferentes actividades agrícolas como cultivos y también actividad avícola en temporadas de inundación son menos susceptibles al riesgo de inundación, las partes bajas y con pendientes más pronunciadas presentan riesgo alto y muy alto,

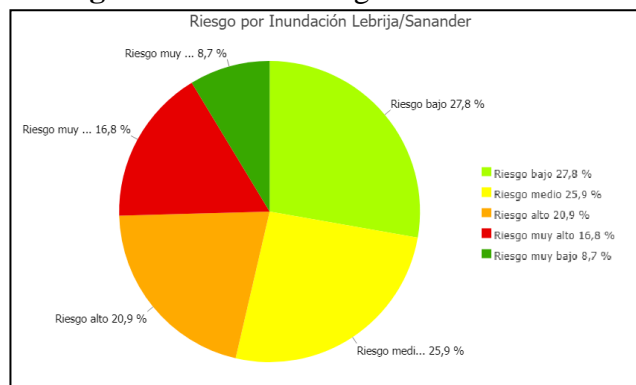
Figura 8. Mapa Riesgo de Inundación



Fuente: Imagen propia adaptada de ArcGis Pro 2024

estas áreas del municipio son poco pobladas por lo que representa poca afectación a las personas o bienes materiales, con zonas de conservación, bosques y áreas para cultivos con restricciones.

**Figura 9.** Grafica Riesgo Inundación



Fuente: Imagen propia adaptada de ArcGis Pro 2024

## Conclusiones

El municipio de Lebrija Santander presenta un riesgo de inundación moderado, en las zonas altas presentan menor riesgo por la topografía del suelo, de todas formas, con el incremento de las precipitaciones con fenómenos como de la niña se pueden presentar dependiendo de la intensidad de las lluvias, las partes bajas del municipio presentan un mayor riesgo que necesita especial atención para evitar que los cultivos y las personas cercanas se vean afectada por estos eventos.

El uso del software ArcGis Pro permitió identificar y mapear las áreas más propensas a riesgo de inundación en el municipio, permitiendo identificar las zonas con mayor y menor riesgo.

El análisis multicriterio es un método que permite estudiar los riesgos presentes en una población y determinar su grado de afectación y de esta forma plantear soluciones a algún evento determinado en este caso la afectación por inundaciones, lo cual facilita la toma de decisiones y el planteamiento de estrategias

ante un evento y las formas de mitigar el impacto.

## Recomendaciones

Es importante que las autoridades institucionales y demás factores en conjunto con los entes gubernamentales encargados de prevención del riesgo adelanten procesos de planificación en el territorio con el fin de lograr un desarrollo sostenible.

El uso de las herramientas SIG, es de gran importancia para identificar y monitorear las zonas más vulnerables.

Con la información de las zonas más vulnerables se debe realizar un monitoreo continuo de los ríos, quebradas y sistemas de drenaje para evitar obstrucciones por sedimentos o desechos, como también construcción y mantenimiento de infraestructura que permita mitigar el riesgo presente en estas zonas.

Realizar un monitoreo constante de estaciones meteorológicas para conocer las precipitaciones y caudales de los ríos, así mismo establecer una coordinación institucional para desarrollar un sistema de alertas tempranas en alianza con las diferentes entidades gubernamentales para implementar estrategias conjuntas de prevención y respuesta.

## Referencias bibliográficas

Alcaldía de Lebrija. (2023). *Información del municipio*. Gobernación de Santander. <https://www.lebrijasantander.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Informacion-del-Municipio.aspx>

Alcaldía de Lebrija. (2023). *Presentación*. Gobernación de Santander. <https://www.lebrijasantander.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Presentacion.aspx>

Ávila Díaz, Á. (2015). Variabilidad climática, cambio climático y gestión integrada del riesgo de inundaciones en Colombia. [https://www.researchgate.net/profile/Alvaro-Avila-Diaz-2/publication/281015880\\_Variabilidad\\_climatica\\_cambio\\_climatico\\_y\\_gestion\\_integrada\\_del\\_riesgo\\_de\\_inundaciones\\_en\\_Colombia/links/55d5d6e308aec156b9a5ad1c/Variabilidad-climatica-cambio-climatico-y-gestion-integrada-del-riesgo-de-inundaciones-en-Colombia.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Alvaro-Avila-Diaz-2/publication/281015880_Variabilidad_climatica_cambio_climatico_y_gestion_integrada_del_riesgo_de_inundaciones_en_Colombia/links/55d5d6e308aec156b9a5ad1c/Variabilidad-climatica-cambio-climatico-y-gestion-integrada-del-riesgo-de-inundaciones-en-Colombia.pdf)

DANE. (2024). Proyecciones de población. <https://telencuestas.com/censos-de-poblacion/colombia/2023/santander/lebrija>

El Espectador. (2022, abril 5). Fuertes lluvias dejan 24 viviendas afectadas en Lebrija, Santander. *El Espectador*. <https://www.elespectador.com/colombia/masregiones/fuertes-lluvias-dejan-24-viviendas-afectadas-en-lebrija-santander/>

Esri. (2024). ArcGis Pro (Version 3.3.2)[Software]. <https://www.arcgis.com/index.html>

Esri. (2024.). *Euclidean distance*. ArcGIS Pro. <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/euclidean-distance.htm>

Esri. (s.f.). *Como funciona la suma ponderada*. ArcGIS Pro. <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/how-weighted-sum-works.htm>

Gobernación de Santander. (2019). *Protocolo de inundaciones*. [PDF]. <https://santander.gov.co>

Pérez, J. (2017). *Introducción a la inundación: Teoría y práctica* (2ª ed.). Editorial XYZ. [https://books.google.es/books?id=\\_WgYDgAAQBAJ](https://books.google.es/books?id=_WgYDgAAQBAJ)

Weather Spark. (2024). *Clima promedio en Lebrija, Colombia durante todo el año*. Weather Spark. <https://es.weatherspark.com/y/24391/Clima-promedio-en-Lebrija-Colombia-durante-todo-el-a%C3%B1o>

## Enlace de sustentación:

<https://youtu.be/vJ6DKSeqDLE>