

## **Identificación de las zonas vulnerables por inundación en el mes de octubre en el municipio de Piedecuesta, Santander.**

Lida Briceño Sánchez [lybricenos@unadvirtual.edu.co](mailto:lybricenos@unadvirtual.edu.co)

Antonio Duran Ortiz [aduranor@unadvirtual.edu.co](mailto:aduranor@unadvirtual.edu.co)

María Esperanza Sarmiento [mesarmientov@unadvirtual.edu.co](mailto:mesarmientov@unadvirtual.edu.co)

Tutora: Evangelina Parra Pérez [evangelina.parra@unad.edu.co](mailto:evangelina.parra@unad.edu.co)

### **Resumen**

Este estudio identifica las zonas del municipio de Piedecuesta más vulnerables a inundaciones, especialmente durante el mes de octubre, utilizando el software ArcGIS Pro y un análisis multicriterio, combinando datos como elevación, pendiente, precipitación, cobertura terrestre y cercanía a cauces hídricos; al combinar estas diversas capas de información geográfica obtenidas en base a los insumos aportados por instituciones como IGAC y Universidad Nacional Abierta y a Distancia, a los cuales se les aplica una serie de geoprocесamientos, los cuales permitieron generar un mapa detallado que identifica las zonas más vulnerables de riesgo de inundación.

Los resultados muestran que el riesgo de inundación es variable a lo largo del municipio. Como es de esperarse al realizar el análisis multicriterio en el mapa. Zonas que presentan elevaciones o pendientes bajas están identificadas como zonas con riesgo muy bajo de inundación (color verde), mientras que las áreas identificadas como valles, planicies y zona cercanas a cauces de ríos presentan un riesgo muy alto de inundación (color rojo). A la vez, gracias a este estudio pudimos confirmar que el método de utilizar ArcGis PRO como herramienta para evaluar el riesgo de inundación en el municipio de Piedecuesta, es efectivo y que los resultados coinciden con la topografía y características propias del municipio y a sus antecedentes históricos de eventos de inundación.

*Palabras claves:* Análisis multicriterio, ArcGis PRO, Riesgo de Inundación, Piedecuesta, Geoprocесos.

### **Introducción**

Los desastres, no sólo son el resultado de la presencia de amenazas, su riesgo está relacionado con las condiciones de vulnerabilidad social, económica, política y ambiental en la que se encuentra la población; un ejemplo de ello son los desastres por inundación, que afectan principalmente a los

asentamientos humanos precarios construidos cerca de los ríos (Amarocho & Badillo, 2009). Las inundaciones son un fenómeno crítico, dada la alarmante magnitud de las víctimas y los extensos daños que infligen. Según las estadísticas, entre 1998 y 2017, los desastres relacionados con el clima y los desastres geofísicos cobraron la vida de 1,3 millones de personas y dejaron a otros 4.400 millones de

personas heridas, sin hogar, desplazadas o con extrema necesidad de asistencia de emergencia (Efraimidou y Spiliotis, 2024).

Las inundaciones en el periodo 2010 – 2011 a nivel país ocasionaron pérdidas con un costo del 1% del PIB (US \$3.800 millones), dejando 203 muertos y más de cuatro millones de personas afectadas. El desastre se debe a múltiples factores, en su mayoría de carácter antrópico ya que no se logran los objetivos en prevención y mitigación del riesgo. La baja inversión nacional en la gestión de desastres va en contravía de las tendencias crecientes de los daños por inundaciones en los últimos 40 años (Ayala Martínez y Vargas Perez, 2014). La abundante hidrografía del municipio, Piedecuesta, lo sitúa como un territorio productor de agua, esto por su ubicación en la Cordillera Oriental (Jerez Ramírez, 2022). No obstante, en los últimos años, los principales riesgos de desastres en Piedecuesta corresponden a incendios forestales (87,5%) que han afectado las zonas rurales y forestales; a comparación del porcentaje de las inundaciones (12,5%), eventos que han afectado principalmente a la población de asentamientos irregulares (Jerez Ramírez, 2022).

Uno de los grandes problemas que presenta el municipio de Piedecuesta, es la gran cantidad de agua lluvia que caen en el mes de octubre; en los años 2010 y 2011 por el fenómeno de La Niña, trajo como consecuencia el movimiento en masa generando taponamiento causes centrales generando avalanchas, además por acciones inadecuadas del hombre como la deforestación, falta de cobertura vegetal e incendios forestales, dejaron como consecuencias perdidas de vivienda, de vidas humanas, de terrenos productivos, suelos

erosionados y perdida de materia orgánica (Mantilla Pabón, 2020).

El presente documento contiene análisis multicriterio de la información de las zonas de mayor probabilidad de inundación en el municipio de Piedecuesta, destacándose aquellos sitios, cercanos a las riberas de los cauces de los ríos y quebradas y zonas planas que con facilidad de inundación debido al represamiento de agua.

## **Objetivos**

### **General**

Identificar las zonas vulnerables de inundación causadas por las lluvias en el mes de octubre en el municipio de Piedecuesta, mediante la aplicación de los geoprocursos en el análisis multicriterio del ArcGIS Pro

### **Específicos**

Construir un mapa mediante el uso del Software ArcGIS PRO, con la identificación delimitada por clase de inundación, permitiendo evidenciar las zonas con mayor vulnerabilidad a inundación en octubre en el municipio de Piedecuesta.

Aplicar los geoprocursos como herramienta en el ArcGIS PRO para la identificación de las zonas vulnerables de inundación en el municipio de Piedecuesta.

Comparar la ubicación de las zonas delimitadas por clase de inundación con las características geográficas del municipio de Piedecuesta.

### **Identificación del caso de estudio**

Piedecuesta es un municipio ubicado en el departamento de Santander, Colombia, en la región nororiental del país. Se encuentra a una distancia aproximada de 17 km de la capital del departamento y hace parte del Área Metropolitana de Bucaramanga. Su relieve



página web del geoportal USGS (Servicio Geológico de Estados Unidos) descargado en formato *.TIFF*

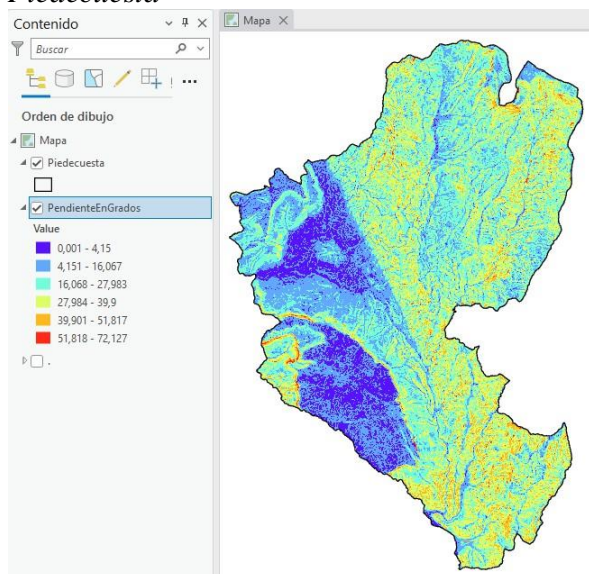
Se inicia cargando las capas en el software ArcGis PRO, primero se selecciona el municipio que requerimos de la carpeta de *municipios.shp* y se exporta, obteniendo el polígono del municipio de *Piedecuesta*.

Posteriormente por medio de la herramienta “Extraer por Máscara” se extrae el recorte del DEM sobre el polígono de Piedecuesta obteniendo así una nueva capa nombrada *DEM Piedecuesta*.

Con la nueva capa de *DEM Piedecuesta*, se procede a realizar el geoprocesamiento para conocer las pendientes del municipio de Piedecuesta, donde se elige la herramienta “Pendientes” del ArcGis Pro y se le aplica a la capa *DEM Piedecuesta* obteniendo una nueva capa nombrada *Pendientes\_ Piedecuesta*, la cual requiere de un ajuste en su simbología para mejorar el detalle de las pendientes ajustadas a grados; finalmente esta capa se extrae en formato *.TIFF*

### Figura 3.

*Capa PendienteEnGrados o Pendientes\_ Piedecuesta*



Fuente: Autoría propia, 2024

Fase 2: Obtención de la capa de delimitación de Cuencas Hidrográficas de Piedecuesta.

En esta fase se emplea solo la capa de *DEM Piedecuesta* obtenida en la fase 1.

Se carga la capa en ArcGis PRO y se le realizan los siguientes geoprocesamientos a la capa:

Primero con la herramienta “Ráster Relleno (Fill)”, permite rellenar las depresiones de la geomorfología de la capa, mostrando las zonas permiten que el flujo de agua sea continuo, generando una nueva capa llamada *Fill\_dem\_Piedecuesta*

Con la capa generada anteriormente, se le aplica la herramienta, “Dirección de flujo (Flow direction)”, que calcula la dirección del flujo de agua en cada píxel, generando una capa llamada *FlowDir\_Piedecuesta*. En la nueva capa se aplica la herramienta “Acumulación de flujo (Flow accumulation)”, que calcula cuántos píxeles fluyen hacia cada píxel, generando la nueva capa *Con\_FlowAcc\_Piedecuesta*. Con la capa anterior y la capa *FlowDir\_Piedecuesta* se procede a asignar valores únicos de curso a las micro y subcuencas, por medio de la herramienta Vínculo de curso de agua, permitiendo obtener la capa *StreamL\_Piedecuesta*.

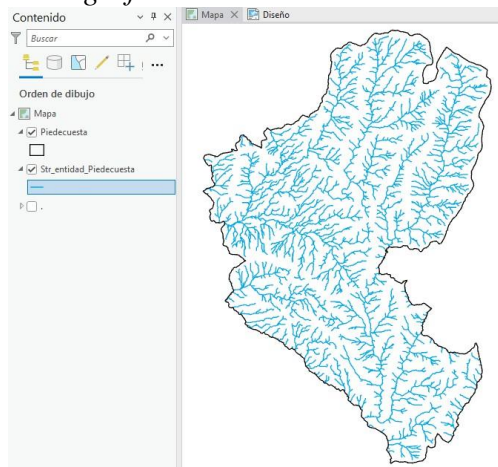
Con la capa obtenida anteriormente y la capa de *FlowDir\_Piedecuesta* se determina el orden de las subcuencas, con la herramienta Clasificación de cursos de agua usando el método “Strahler”, permitiendo ver de una mejor manera la capa *StreamL\_Piedecuesta*, determinando por medio de colores la clasificación de las cuencas, sub cuencas y microcuencas.

Con el fin de obtener una vista completa de la cuenca hidrográfica de Piedecuesta, se transforma la capa ráster *Strahler\_Piedecuesta*, a tipo vectorial (tipo

línea) por medio de la herramienta “De curso de agua a entidad” usando las capas de *FlowDir\_Piedecuesta* y *Strahler\_Piedecuesta*, obteniéndose la capa *Str\_entidad\_Piedecuesta* con la delimitación de Cuencas Hidrográficas de Piedecuesta.

#### Figura 4.

*Capa Str\_entidad\_Piedecuesta o Cuencas Hidrográficas de Piedecuesta*



Fuente: Autoría propia, 2024

Fase 3: Obtención de capa con zonas de riesgo por inundación en Piedecuesta.

En esta fase se usan las capas de *PolígonoPiedecuesta*, *DEM Piedecuesta* y *Pendientes\_Piedecuesta*, obtenidas en la Fase 1, las capas *Con\_FlowAcc\_Piedecuesta* y *Str\_entidad\_Piedecuesta* obtenidas en la fase 2, la capa de *Cobertura de Tierras.shp* adaptación Corine Land Cover, escala 1:100.000 de 2018, obtenida de Instituto Colombiano Agustín Codazzi (IGAC) Colombia en Mapas del entorno de Agrología/Cobertura de tierra y finalmente la capa de precipitación, suministrada del Drive Suministros1604/Meses de precipitación Nacional de Unadvirtual.edu.co, eligiendo el mes de Octubre y posteriormente el departamento, es decir para este caso, se

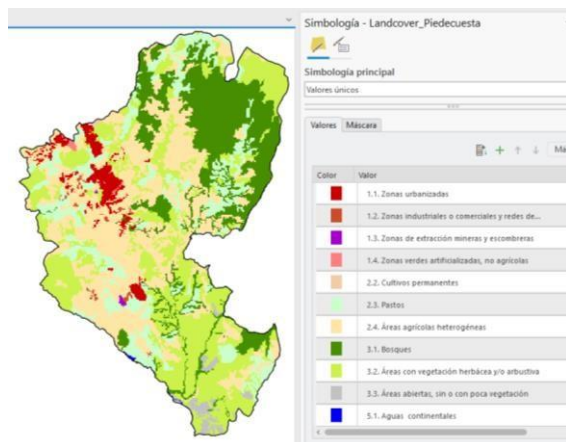
descargó la carpeta nombrada *Santander-Octubre*.

Se eligió el mes de octubre como el mes con mayores precipitaciones en Piedecuesta, según lo relacionado en la página Weatherspark, donde describe que octubre tiene un promedio de 20,7 días con al menos 1mm de precipitación, además, en el promedio mensual de lluvias, octubre tiene el mayor promedio con 151mm/mes superando el mes de mayo que tiene un promedio de 131,1mm/mes (Weatherspark, s. f.)

Se cargan en ArcGis PRO las siguientes capas, *PolígonoPiedecuesta*, *DEM Piedecuesta*, *Pendientes\_Piedecuesta*, *Con\_FlowAcc\_Piedecuesta* *Santander-Octubre* y *Cobertura de Tierras.shp*.

A esta última capa se le realiza un geoproceto con la herramienta “Recorte (clip)” sobre la capa de *PolígonoPiedecuesta* recortando la capa sobre el área de Piedecuesta, luego se procede con la herramienta “Disolver (dissolve)” para disolver todos los datos que contiene la capa a solo unos cuantos y finalmente con la herramienta “De polígono a ráster (Polygon to Raster)” se transforma la capa con el fin de obtener una mejor visualización de las coberturas de tierras en Piedecuesta por medio del ajuste en la simbología con los códigos RGB de Corine Land Cover permitiendo identificar las zonas del municipio.

**Figura 5.** *Capa Landcover\_Piedecuesta con su simbología.*



Fuente: Autoría propia, 2024

Con el cargue de la capa *Santander-Octubre*, se realiza el recorte sobre el municipio o capa *PolígonoPiedecuesta*, por medio de la herramienta “Extraer por máscara (Extract by Mask)” obteniendo la nueva capa nombrada *Prec\_Piedecuesta*.

### Figura 6.

*Capa Prec\_Piedecuesta.*



Fuente: Autoría propia, 2024

Posteriormente se carga la capa *Con\_FlowAcc\_Piedecuesta* que permitirá la visualización de los drenajes, luego se requiere de hallar la distancia entre los drenajes principales del municipio para lo cual se requiere del cálculo para determinar el 1% del flujo de acumulación, es decir, tome el valor máximo y divídalo en 100, el resultado

aproxímelo a un número entero; para este caso sería:

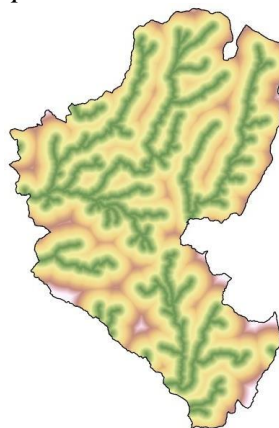
$$1\% \text{ del flujo de acumulación} = \frac{217312}{100} = 2173,12$$

Redondeado= 2173

Seguido se realiza la reclasificación de los datos con la capa *Con\_FlowAcc\_Piedecuesta* con la herramienta “Reclasificar (Reclassify)” método de Rupturas naturales (Jenks) con el valor del 1% del flujo de acumulación obteniendo la capa de *streams\_Piedecuesta*, con esta capa obtenida se calcula la distancia hasta el origen más cercano es decir la Distancia Euclidiana, con la herramienta “Distancia euclidiana (Euclidean Distance)” creando la capa *Dist\_streams*.

### Figura 7.

*Capa Dist\_streams*



Fuente: Autoría propia, 2024

Posteriormente, se realiza la reclasificación de los datos con las capas *DEM Piedecuesta*, *Pendientes\_Piedecuesta*, *Prec\_Piedecuesta* y *Dist\_streams*. con la herramienta “Reclasificar (Reclassify)” método de Rupturas naturales (Jenks) para cambiar a 5 clases, permitiendo la clasificación cualitativa de las clases de riesgo por inundación.

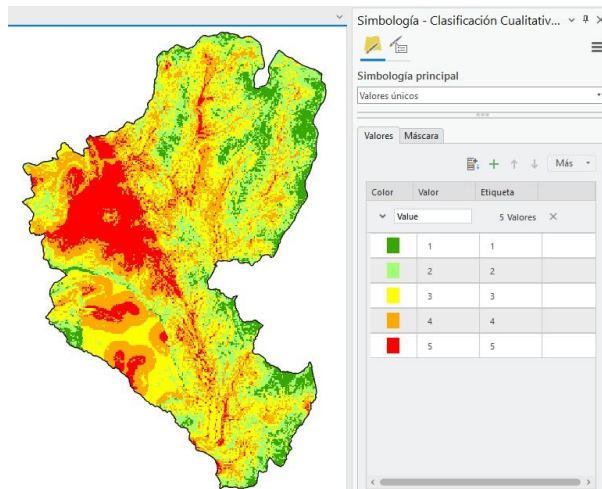
Para la reclasificación de la capa de *Cobertura de Tierras.shp*. se usa la misma herramienta

que las anteriores, pero teniendo en cuenta el tipo de cobertura de la zona.

Finalmente se inicia con la creación de las capas de Riesgo por inundación en el municipio, para lo cual, primero se combinan múltiples capas de datos usando la herramienta “Suma ponderada (Weighted Sum)” con las capas reclasificadas de *DEM Piedecuesta*, *Pendientes Piedecuesta*, *Prec Piedecuesta*, *Dist\_streams* y *Cobertura de Tierras* que nos permite obtener la capa *Riesgo\_inundación*, a la cual se le realiza el geoproceto de reclasificación en las 5 clases.

**Figura 8.**

*Capa Riesgo\_inundación con reclasificación en las 5 clases.*



Fuente: Autoría propia, 2024

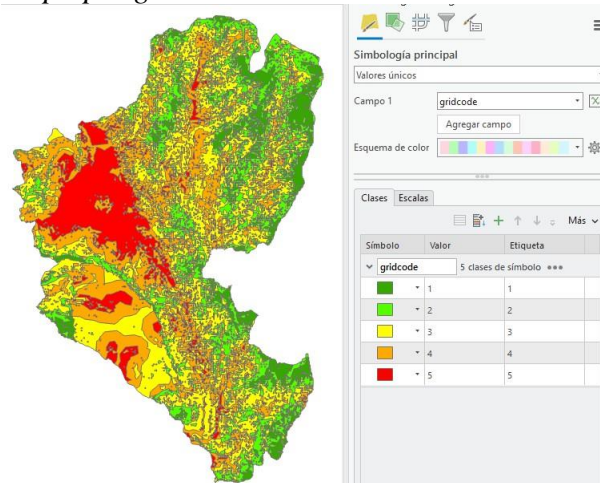
**Fase 4:** Creación de mapa de riesgo por inundación en Piedecuesta.

En esta fase se usan principalmente 3 capas: *PoligonoPiedecuesta* obtenida de la fase 1, *Str\_entidad\_Piedecuesta* obtenida de la fase 2 y *Riesgo\_inundación* obtenida en la fase 3.

Al cargar la capa *Riesgo\_inundación* en ArcGis PRO, se procede a realizar el geoproceto con la herramienta “De Capa ráster a capa vectorial”

**Figura 9.**

*Capa Riesgo\_inundación en formato vectorial o tipo polígono.*








Fuente: Autoría propia, 2024

Al tener esta nueva capa, en la tabla de atributos se agregan dos columnas, una con la información cualitativa para cada clase (teniendo en cuenta que solo se cuenta con cinco clases y de acuerdo a los valores y simbología de la **Tabla 1**) y otra columna con el área de cada clase.

**Tabla 2.**

*Tabla de atributos de la capa Riesgo\_inundación*

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

Fuente: Autoría propia, 2024

Nota: En la tabla se puede evidenciar la simbología que le corresponde a cada valor, según su clasificación cualitativa.

Para conocer el área de cada clase, se realiza el Cálculo de geometría desde el mismo entorno de la tabla de atributos, creándose la siguiente tabla.

**Tabla 1.**  
*Atributos de la capa Riesgo inundación*

Gridcode	Class_riesgo_inundación	Área_Km <sup>2</sup>
1	Riesgo muy bajo	42,9
2	Riesgo bajo	96,06
3	Riesgo medio	157,05
4	Riesgo alto	125,85
5	Riesgo muy alto	59,47

Fuente: Autoría propia, 2024

Nota: En la tabla se puede evidenciar la información de cada área, tanto cualitativa como su nivel de riesgo, como cuantitativa como su área en kilómetros cuadrados.

Posteriormente se procede a ajustar la simbología de la capa de acuerdo a la siguiente tabla.

Para una mejor visualización de la capa, se le realiza un suavizado, con la herramienta “Suavizar Polígono (Smooth Polygon)”. Con esta última capa, se agregan al ArcGis PRO las capas *PolígonoPiedecuesta* y *Str\_entidad\_Piedecuesta*, nombradas ahora Piedecuesta y Cuencas Piedecuesta, que corresponden al área del municipio de Piedecuesta y a todas las cuencas hidrográficas presentes en el municipio, respectivamente. Lo anterior se realiza con el fin de obtener una mejor visualización de los factores importantes en el diseño del mapa, es decir, se pueden evidenciar las cuencas, el contorno del municipio y las zonas con riesgo de inundación.

Finalmente, para la creación del mapa, se le agregan al diseño los elementos necesarios para una adecuada interpretación de los resultados.

## Resultados

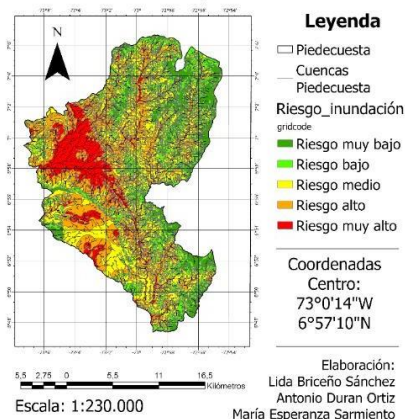
El principal resultado obtenido, es el mapa donde se puede evidenciar de una manera adecuada lo realizado durante la metodología, demostrando la transformación de los datos iniciales, que por medio de diferentes geoprocесamientos en el software ArcGis

PRO, se genera una nueva capa con la información de importancia para el estudio.

## Figura 10. (Anexo 1)

*Diseño mapa Riesgo por inundación en el municipio de Piedecuesta en octubre.*

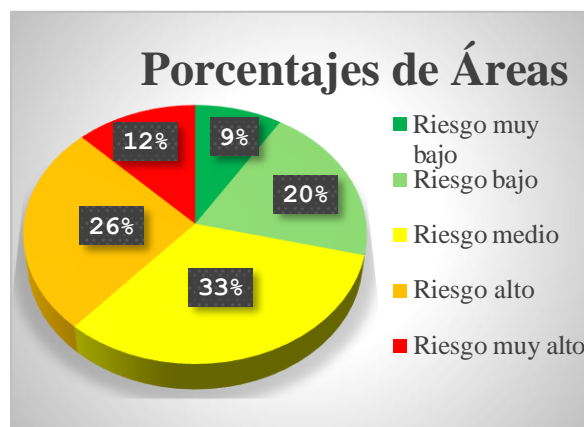
### Zonas vulnerables por inundaciones en el mes de octubre en Piedecuesta, Santander



Fuente: Autoría propia, 2024

Teniendo en cuenta el resultado de la delimitación de las cinco clases de riesgo por inundación encontradas en la **Tabla 1**, se refleja la clase de riesgo según su área.

**Figura 11.** *Representación clases de vulnerabilidad por riesgo de inundación en el municipio de Piedecuesta.*



Fuente: Autoría propia, 2024

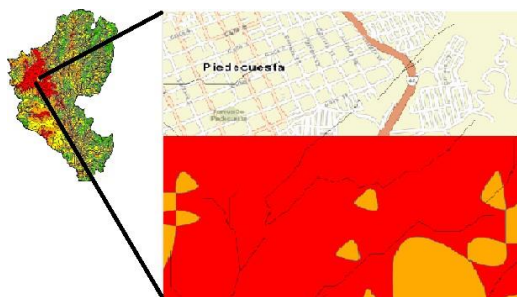
Según la figura 11, el municipio de Piedecuesta presenta un riesgo de inundación medio en todo su territorio con un 33%, con

respecto a un riesgo muy alto que solo representa un 12% y solamente el 9% del territorio presenta un riesgo muy bajo de inundación.

Otro resultado que se observa es que las zonas con clase de inundación en riesgo muy bajo, se encuentran en las regiones límites del municipio desde el nornoreste hasta el sursureste, es decir regiones que presentan elevaciones sobre el nivel del mar mayores, a las que presentan regiones de la parte oeste a suroeste, que es donde se encuentran las regiones con riesgo muy alto.

Respecto a las zonas con riesgo de inundación muy alto, se reconoce, que en su mayoría corresponde a la zona urbana del municipio, como se puede observar en la siguiente figura 12.

**Figura 12.** *Capa riesgo muy alto*



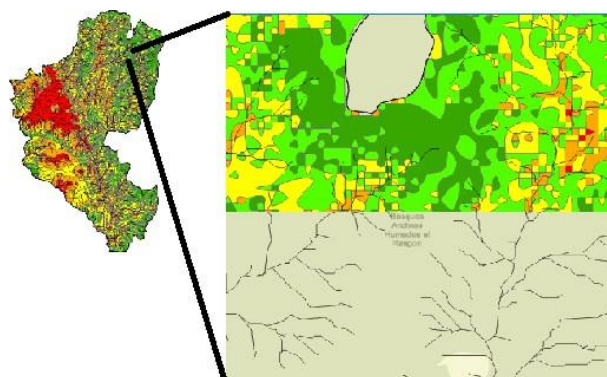
Fuente: Autoría propia, 2024

Nota: A la derecha el acercamiento de la zona señalada en el mapa de la izquierda. En la imagen de la derecha se muestra dividida con la herramienta “Barrido” la cual permite ver la capa del mapa y la capa base, evidenciando la zona con riesgo muy alto sobre las calles del casco urbano del municipio.

Las regiones con riesgo muy bajo se identifican en el mapa, figura 13.

**Figura 13.**

*Capa Riesgo muy bajo*

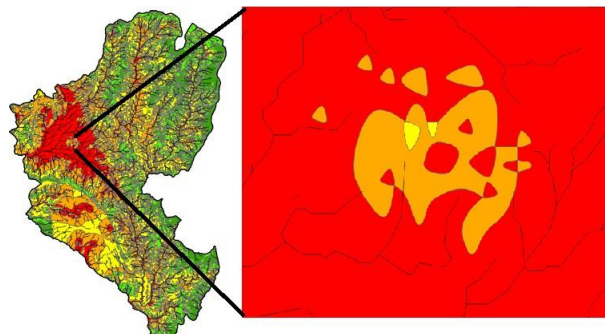


Fuente: Autoría propia, 2024

Nota: En la imagen de la derecha se muestra dividida con la herramienta “Barrido” la cual permite ver la capa del mapa y la capa base, evidenciando la zona con riesgo muy bajo sobre la región del bosque andino húmedo El Rasgón, bosque de gran importancia para la formación de cuencas hídricas del municipio.

Una observación importante hallada dentro del mapa, fue la visualización de una zona color naranja o zona con riesgo alto (26%), ubicada en medio de una gran zona de riesgo muy alto, por medio del conocimiento previo de la zona, nos permite reconocer como uno de los lugares turísticos del municipio, nombrado como La Cantera, zona semi elevada en medio de la zona urbana del municipio, que funciona como lugar de peregrinación religiosa y deportiva usada para practicar motocross y realizar caminatas.( figura 14)

**Figura 14.** *Capa riesgo alto*



Fuente: Autoría propia, 2024

Nota: En la imagen de la derecha se muestra la zona en la que se encuentra el lugar nombrado La cantera, demarcado por la zona de riesgo alto (color naranja), permitiendo ver que es una zona elevada a comparación de la zona de riesgo muy alto (color rojo).

Finalmente, como resultado, podemos interpretar que los datos obtenidos con los geoprocesamientos de capas, al compararlos con la topografía del municipio, los impactos potenciales que se pueden generar en la zona urbana del municipio son principalmente de carácter social pues con las inundaciones se podrían afectar las infraestructuras de vivienda e interrupciones en el transporte, ya que muchos asentamientos humanos, barrios y vías principales, se encuentran sobre cuencas hídricas.

Respecto a la zona rural, los estragos por inundaciones afectarían viviendas, vías, sistemas agropecuarios y ecosistemas, estos impactos, aunque se califiquen como menores, podrían tener soluciones en menor tiempo a comparación de las soluciones brindadas para la zona urbana, lo anterior debido al acceso limitado a algunas zonas retiradas del casco urbano del municipio; además aunque se presente pequeñas inundaciones en los sistemas agropecuarios y ecosistemas, la recuperación de esta fauna, flora y cultivos,

puede ser tardía y acarrear impactos a la economía de las comunidades.

### Conclusiones

Los resultados permiten que al momento de realizar la comparación con mapas del municipio, como el presentado en el Plan de desarrollo municipio de Piedecuesta “Una ciudad para la gente” 2020 – 2023 de Alcaldía Municipal Piedecuesta (2023), Figura 1; la similitud es mayor, lo cual nos conlleva a reconocer que el método empleado de análisis multicriterio con geoprocesamientos en el Software ArcGis PRO fue el más idóneo y preciso, ya que los resultados presentando tienen concordancia con la topografía real del municipio, reconociendo principalmente que las zonas de altitudes bajas, cercanas a las cuencas y de superficies planas, pueden llegar a ser las zonas con riesgos más altos a inundaciones.

Según la lectura e interpretación del mapa podemos establecer claramente que se presenta una diversificación de la distribución espacial del riesgo alto, medio y bajo de inundación a través de todo el territorio; a su vez, podemos relacionar que los niveles de riesgo indicados en el mapa corresponden a los esperados según la topografía que presenta en cada zona. Es decir, que zonas que presentan elevaciones o pendientes bajas están identificadas como zonas con bajo riesgo de inundación mientras que las áreas identificadas como valles y planicies presentan un riesgo muy alto de inundación.

Podemos observar también como el riesgo de inundación se relaciona con la distribución de las cuencas hídricas y la acumulación de flujo en los drenajes, representados como líneas en

el mapa; identificando en este orden de ideas a las áreas más cercanas a los drenajes de agua y las partes bajas de las cuencas con un mayor riesgo de inundación

### Recomendaciones

- Se debe contribuir con la protección de bosques evitando la deforestación, ya que estas áreas de conservación favorecen que el suelo no quede completamente desnudo y así haya escorrentía, además con la protección del ecosistema se evita el uso indiscriminado de productos de síntesis química causando un fenómeno de destrucción de aquellos microorganismos que actúan como controladores biológicos
- Para el establecimiento de cultivos transitorios en el segundo semestre, se recomienda hacerlo en zonas altas y con un grado de pendiente por encima del 10% para evitar que haya encharcamiento del suelo y por ende pérdidas económicas por muerte de las plantas.
- Se recomienda utilizar semillas o material genético que se adapten a condiciones de alta pluviosidad o resistentes a enfermedades de raíz, por las condiciones de humedad que se presentan, es importante determinar el grado de infestación al ataque de enfermedades para realizar los controles oportunos y adecuados mediante un manejo integrado.
- Para cultivos permanentes como el cacao y el café bajo sombra, al incrementarse la humedad se favorece la proliferación de enfermedades como

la Phytophthora y la Roya, por ello una de las recomendaciones es la regulación del sombrero y podas con el propósito de que la planta reciba la luz solar directamente y realizar drenajes para evitar encharcamiento.

### Referencias bibliográficas

- Alcaldía Municipal Piedecuesta (2023) *Plan de desarrollo municipio de Piedecuesta “Una ciudad para la gente” 2020 – 2023*. Obsgestioneducativa.com <https://www.obsgestioneducativa.com/wp-content/uploads/2021/02/Piedecuesta.pdf>
- Amarocho Pérez, A., & Badillo Uriza, L. (2009). Los desastres por inundación: El caso del barrio nacional la isal del municipio de Girón, Santander. <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistahumanidades/article/view/969>
- Ayala Martínez, E., y Vargas Pérez, J. (2014). *Estudio Hidrológico, de inundación y erosión urbanización Nuevo Amanecer- Municipio de Piedecuesta Santander* [Tesis de grado de especialización, Universidad de Santander] Repositorio Digital de la Universidad de Santander. <https://research-ebSCO-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/linkprocessor/plink?id=2362de07-a6e0-3f32-b752-4b245ba1e70e>
- Barajas, A. y Gómez A. (2010) *Caracterización hidrogeológica con base en identificación geomorfológica, litológica y estructural en la cuenca superior del Río Lato, Piedecuesta, Santander*. [Proyecto de grado, Universidad Industrial de Santander]

- Repositorio de la Universidad Industrial de Santander. <https://noesis.uis.edu.co/handle/20.500.14071/24560>
- Caballero Ortiz, V. M. (noviembre 2012) *Geología para planificación Municipio de Piedecuesta: Deslizamiento en el Barrio San Cristóbal, estudio de caso de amenaza por remoción en masa.* Universidad Industrial de Santander. [https://www.academia.edu/10800157/Geolog%C3%ADa\\_para\\_planificaci%C3%B3n\\_en\\_el\\_Municipio\\_de\\_Piedecuesta\\_Deslizamiento\\_en\\_el\\_Barrio\\_San\\_Crist%C3%B3bal\\_estudio\\_de\\_caso\\_de\\_amenaza\\_por\\_remoci%C3%B3n\\_en\\_masa](https://www.academia.edu/10800157/Geolog%C3%ADa_para_planificaci%C3%B3n_en_el_Municipio_de_Piedecuesta_Deslizamiento_en_el_Barrio_San_Crist%C3%B3bal_estudio_de_caso_de_amenaza_por_remoci%C3%B3n_en_masa)
- CORNARE-Gobernación Antioquia. (2012). *Evaluación y zonificación de riesgos por avenida torrencial, inundación y movimineto en masa y dimensionamiento de procesos erosivos en el municipio de Sansón.* [https://www.cornare.gov.co/GestionRiesgo/SONSON/Informe\\_sonson.pdf](https://www.cornare.gov.co/GestionRiesgo/SONSON/Informe_sonson.pdf)
- Efraimidou, E., y Spiliotis, M. (2024). *Based Flood Risk Assessment Using the Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory Approach at a Regional Scale. Environ. Process. 11,9.* <https://doi.org/10.1007/s40710-024-00683-w>
- Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático. (03 de Diciembre de 2024). *Caracterización general del escenario de riesgo por inundación.* <https://www.idiger.gov.co/rinundacion>
- Jerez-Ramírez, D. O. (2022). *Socioterritorialidad del riesgo de desastres: un estudio de representaciones sociales en el municipio de Piedecuesta, Colombia.* *Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres (REDER),6(1), 127-141.* <https://doi.org/10.55467/reder.v6i1.88>
- Lizcano Bohórquez, J. A., Guerrero Gualdrón, R. J., y Ojeda Gallego, S. J. (2024). *Propuesta de estrategias de mitigación aplicables en zonas vulnerables a inundaciones, apoyado con SIG. Caso de estudio río Manco municipio de Piedecuesta para los años 2017-2022.* [Proyecto de grado, Unidades Tecnológicas de Santander] Repositorio Digital de Unidades Tecnológicas de Santander. <http://repositorio.uts.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/16694>
- Mantilla Pabón, M. D. (10 de Junio de 2020). *Formulación de la línea base ambiental para el componente no 1, formularios a, b y c del plan municipal de gestión de riesgo municipio de Piedecuesta, Santander.* [Tesis de pregrado para optar al título de ingeniería ambiental] Unidades Tecnológicas de Santander. <http://repositorio.uts.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/3028/RDC-128%20Informe%20Final.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pérez, A. P. A. (2010). *La construcción de asentamientos humanos precarios en zonas de inundación y la conservación de cauces de ríos.* Prospectiva. <https://research-ebSCO-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/linkprocessor/plink?id=b7bb6700-a39f-34f5-b1d5-42d453e22b9b>
- Serrato Velosa, Y. A. (septiembre 14, 2024) *Segunda Webconferencia - Diplomado*

- SIGOAT*. [Video] Unadvirtual.edu. <https://url.unad.edu.co/buRDA>
- Serrato Velosa, Y. (09 de Octubre de 2024). *Grabación tercera webconferencia - Diplomado SIGOAT*. <https://url.unad.edu.co/rrFgW>
- Serrato Velosa, Y. A. (noviembre 05, 2024) *Cuarta Webconferencia - Diplomado SIGOAT*. [Video] Unadvirtual.edu. <https://url.unad.edu.co/gOv9A>
- Serrato Velosa, Y. A. (noviembre 27, 2024) *Quinta Webconferencia - Diplomado SIGOAT*. [Video] Unadvirtual.edu. <https://url.unad.edu.co/KPwo2>
- Silva, M. (agosto 2016) *Diseño de alcantarillado pluvial para el acceso a los barrios Villas de San Pedro– Villas de San Juan y obras de mitigación para la estabilización del talud inferior de la vía de acceso Piedecuesta – Santander*. Geotecnia & Construcción S.A.S. [https://www.academia.edu/33385662/DISE%C3%91O\\_DE\\_ALCANTARILLO\\_A\\_LOS\\_BARRIOS\\_VILLAS\\_DE\\_SAN\\_PEDRO\\_VILLAS\\_DE\\_SAN\\_JUAN\\_Y\\_OBRAS\\_DE\\_MITIGACION\\_PARA\\_LA\\_ESTABILIZACION\\_DEL\\_TALUD\\_INFERIOR\\_DE\\_LA\\_VIA\\_DE\\_ACCESO\\_PIEDECUESTA\\_SANTANDER](https://www.academia.edu/33385662/DISE%C3%91O_DE_ALCANTARILLO_A_LOS_BARRIOS_VILLAS_DE_SAN_PEDRO_VILLAS_DE_SAN_JUAN_Y_OBRAS_DE_MITIGACION_PARA_LA_ESTABILIZACION_DEL_TALUD_INFERIOR_DE_LA_VIA_DE_ACCESO_PIEDECUESTA_SANTANDER)
- Trujillo Ocampo, J. G. (2021) *Análisis e identificación de zonas con alto riesgo de inundaciones en el área metropolitana de Bucaramanga*. [Trabajo de grado, Universidad Militar Nueva Granada] Repositorio Universidad Militar Nueva Granada. <http://hdl.handle.net/10654/40015>
- UNGRD. (s.f.). *Conocimiento. Análisis de riesgo*. <https://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Documents/Conocimiento/Conocimiento-In-Analisis-del-Riesgo.pdf>
- Weatherspark (s. f.) El clima y el tiempo promedio en todo el año en Piedecuesta Colombia. Weatherspark.com <https://es.weatherspark.com/y/24370/Clima-promedio-en-Piedecuesta-Colombia-durante-todo-el-a%C3%B1o>

**Enlace de sustentación:**

<https://youtu.be/sU6UsbKoJyA?si=KttLsZtstYJ5K0PJ>

## Anexo 1.

# Zonas vulnerables por inundaciones en el mes de octubre en Piedecuesta, Santander

