

CARACTERIZACIÓN: ESCENARIO DEL RIESGO POR INUNDACIÓN EN EL MUNICIPIO DE ZIPAQUIRÁ CUNDINAMARCA APLICANDO SIG.

Autores:

Brandon Aldany Castiblanco Espitia, bcastiblancoe@unadvirtual.edu.co

Juan Carlos Africano Barrera, jcafricanob@unadvirtual.edu.co

Omar Díaz Monroy, om32dia229@unadvirtual.edu.co

Docente asesor: Gina Carolina Posada Correa

Resumen

Este análisis tiene como objetivo generar un mapa de riesgo por inundación en formato vectorial para el municipio de Zipaquirá, utilizando herramientas SIGOAT. A partir de datos geoespaciales, climáticos, se identificaron las áreas más vulnerables a inundaciones, considerando el impacto de las precipitaciones durante el mes de octubre, que registra los mayores niveles históricos.

La metodología incluyó la recopilación de información cartográfica y climática, el análisis en un entorno SIG y la aplicación de criterios de zonificación de riesgo. Además, se consideraron variables como el uso del suelo, la proximidad a fuentes hídricas y el relieve para modelar escenarios de riesgo.

Los resultados muestran que las áreas más afectadas se encuentran cerca de cuerpos de agua como, donde la ocupación desordenada del territorio aumenta la vulnerabilidad. El mapa generado permitirá a las autoridades locales priorizar acciones de mitigación y orientar la planificación territorial hacia un enfoque preventivo.

Palabras claves: Inundación, Riesgo, Riesgo, SIG, POT.

Introducción

Las inundaciones representan uno de los fenómenos naturales más recurrentes y dañinos, con impactos significativos en las dimensiones ambiental, social y económica del territorio.

Según el IDEAM (2022), las inundaciones en Colombia están asociadas principalmente a eventos climáticos extremos, como las temporadas de lluvias intensas exacerbadas por fenómenos como La Niña. Estas situaciones se ven agravadas por la ocupación desordenada del territorio, la deforestación y la insuficiencia de infraestructura de drenaje, lo que incrementa la vulnerabilidad de las comunidades afectadas.

En el municipio de Zipaquirá, la problemática de las inundaciones ha generado pérdidas materiales, desplazamientos y afectaciones ambientales, como lo señala el informe de la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD, 2021). Los sectores más propensos a las inundaciones se localizan cerca de cuerpos de agua como el río Bogotá y sus afluentes, donde la gestión del territorio no ha considerado suficientemente la mitigación de riesgos.

A nivel nacional, Colombia ha implementado políticas para gestionar los riesgos asociados a desastres. Entre las medidas destacadas están los Planes de Ordenamiento Territorial (POT) y la Ley 1523 de 2012, que establece el Sistema

Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (Congreso de la República de Colombia, 2012). Sin embargo, en el contexto local, como en Zipaquirá, persisten desafíos relacionados con la aplicación de estas políticas debido a limitaciones técnicas y económicas, así como a la falta de actualización de herramientas de diagnóstico como los mapas de riesgo.

El uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) se presenta como una solución eficiente y precisa para generar mapas de riesgo por inundación en formato vectorial, permitiendo identificar áreas vulnerables, priorizar intervenciones y tomar decisiones informadas.

Las herramientas SIG, destacan por su capacidad de integrar datos geoespaciales y climáticos para modelar escenarios de riesgo y proponer estrategias de mitigación (Pérez & Gómez, 2020). En este sentido, este estudio busca responder a la necesidad de actualizar la cartografía de riesgos en Zipaquirá, integrando técnicas modernas para fortalecer la resiliencia territorial y la gestión del riesgo en el municipio.

Objetivo General.

Caracterizar escenario del riesgo por inundación en el municipio de Zipaquirá Cundinamarca aplicando Sistemas de Información Geográfica a fin de proporcionar una base técnica para la gestión del riesgo y la generación de alternativas.

Objetivos Específicos.

Recopilar y analizar información geoespacial y climática relevante del municipio de Zipaquirá, incluyendo datos topográficos, hidrológicos y de uso del suelo.

Realizar un mapa de riesgo por inundación en formato vectorial con ayuda del programa ArcGIS.

Proponer recomendaciones que vayan en pro de la mitigación y prevención de riesgos basadas en los resultados del mapa de riesgo, orientadas en una eficiente proyección.

Identificación del caso de estudio

Zipaquirá es un municipio ubicado en el departamento de Cundinamarca, Colombia, reconocido por su relevancia histórica, cultural y ambiental. Se encuentra a una altitud promedio de 2.650 metros sobre el nivel del mar y forma parte de la provincia de Sabana Centro. Este municipio cuenta con una extensión aproximada de 197 km² y está atravesado por diversas fuentes hídricas, entre las que destaca el río Bogotá y varios afluentes secundarios, lo que lo hace susceptible a fenómenos de inundación (DANE, 2020).

Características Climáticas: Zipaquirá posee un clima frío de montaña, con una temperatura promedio anual de 14 °C (IDEAM, 2022). Las precipitaciones están distribuidas de manera bimodal a lo largo del año, con picos en los meses de abril-mayo y octubre-noviembre. Para este estudio, se consideraron los datos de precipitación correspondientes al mes de octubre, que históricamente registra los valores más altos, con un promedio de 110-120 mm, según registros del IDEAM (2022).

Relieve y Uso del Suelo: El relieve del municipio se caracteriza por planicies y zonas montañosas que contribuyen al escurrimiento superficial hacia los cauces principales. En cuanto al uso del suelo, predominan actividades agrícolas, zonas urbanas en expansión y áreas de reserva ecológica. Sin embargo, el crecimiento urbano y la alteración de ecosistemas naturales han incrementado la vulnerabilidad ante eventos de inundación (Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres - UNGRD, 2021).

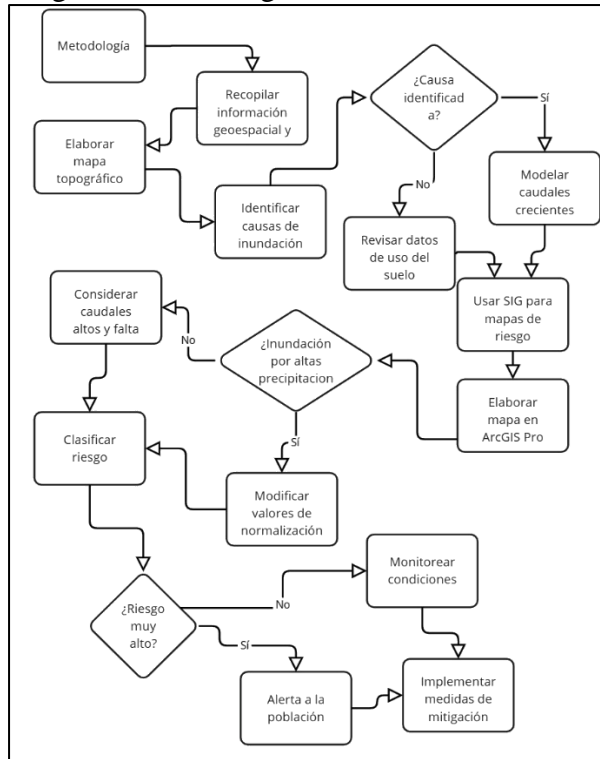
El análisis de estas características permitirá definir con mayor precisión las áreas de riesgo,

garantizando que el mapa resultante responda a las condiciones específicas de Zipaquirá. Este enfoque contribuye a la planificación territorial y a la toma de decisiones orientadas a la mitigación de riesgos.

Metodología

Figura 1.

Diagrama metodológico



Fuente: Autoría propia, 2024.

Primero se recopiló información sobre la referencia geoespacial y climática con más relevancia, donde se procuró la inclusión de datos topográficos y de uso del suelo (GeoGest, 2023), como insumo para la elaboración del mapa de riesgo de inundaciones de Zipaquirá, pero para alcanzar el mapa mencionado es necesario primero acotar el direccionamiento del proyecto en mapas precursoros.

Sabiendo que las causas de inundación de Zipaquirá pueden ser varias y variadas, entre las que se encuentran la inundación por el tipo de pavimento, la acumulación de residuos en las

alcantarillas, los errores del diseño insuficiente en el drenaje y la irregular ocupación o distribución espacial contenida en el suelo per se (Zarza, 2024), siendo de aquí donde se debe derivar un mapa de riesgo de inundaciones para poder proyectar y anticiparse a estos hechos ambientales súbitos (Hernández, 2024).

Para este apartado se dice que una manera de medir la amenaza conjurada por inundación está dada, y, se mide en función de la frecuencia de ocurrencia, evaluando la amenaza hidrodinámica mediante la modelación de los caudales crecientes que circulan por las fuentes hídricas, así pues, instrumentos como los Sistemas de Información Geográfica son alternativas que nos brindan mapas de peligro, vulnerabilidad o riesgo como estimación de ocurrencia que acotaremos para este documento (Naranjo, 2008).

La elaboración del mapa se realizó en el programa ArcGIS Pro, donde se agregan primero los mapas requeridos (el mapa topográfico realizado, el mapa de riesgo de Zipaquirá, el Ráster elaborado en la clase) y luego se modifican los valores adicionando estos con respecto a los parámetros de normalización de las inundaciones en el municipio de Zipaquirá, teniendo siempre presente, que no solo las altas precipitaciones son las causantes de las inundaciones, a esto se le puede agregar los caudales altos en los cauces circundantes al municipio (Chavez, 2022), además otra causa de inundación en Zipaquirá podría ser la falta de obras hidráulicas (Criollo, 2021).

Los atributos se englobaron en los criterios de “riesgo muy bajo”, “riesgo bajo”, “riesgo medio”, “riesgo alto” y “riesgo muy alto”, teniendo presente el concepto de (IDIGER, 2021) de que un riesgo alto, se refiere a cuando la población está en riesgo dentro y fuera de las viviendas; el nivel medio, se refiere a cuando la población está en riesgo fuera de las viviendas y las edificaciones pueden sufrir daños, y el

nivel bajo, se refiere a que las edificaciones pueden sufrir daños leves, y la escorrentía o sedimentación cuentan con la capacidad de dañar el interior de las casas.

Resultados

Los resultados nos evidencia que el mapa de riesgo por inundaciones generado para el municipio de Zipaquirá, puede entenderse y analizarse, teniendo en cuenta también los criterios establecidos por la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias de los Estados Unidos, que establece que en las zonas de alto nivel de amenaza, la vida de los habitantes puede estar en peligro y las edificaciones puede presentar fallas estructurales, en las zonas de moderado nivel de amenaza, es donde existen daños a la integridad de las personas y daños estructurales a las edificaciones, y, las zonas de bajo nivel de amenaza, se refiere al escenario donde no se presenta afectación a la población, pero las edificaciones puede sufrir daños leves, así pues, el Figura 1 o inicial de Zipaquirá es el siguiente:

Figura 2.

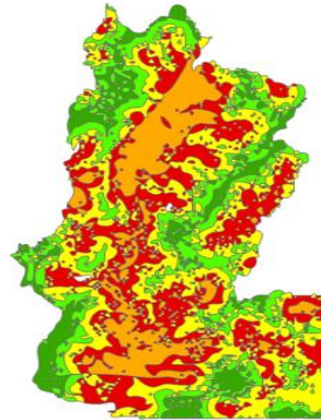
Mapa inicial de Zipaquirá del Municipio de Zipaquirá



Fuente: Autoría propia, 2024.

Figura 3.

Mapa de Riesgo por Inundaciones del Municipio de Zipaquirá



Fuente: Autoría propia, 2024.

Consecuentemente a la anterior presentación de los criterios que acotan la intensidad en el riesgo de inundaciones, se pueden desglosar rangos de riesgo, tales como, el nivel de riesgo alto, donde se asimila una difícil evacuación de vehículos, además de la dificultad que tienen las personas para poder cruzar las calles o los sitios delimitados del nivel de riesgo alto y existe un alto potencial de daño estructural a las edificaciones, la zona moderada depende intrínsecamente de las condiciones netas del lugar, y, el nivel bajo establece, en caso necesario, que los vehículos puede evacuar a las personas y sus pertenencias, así pues, en la tabla 1 se muestra a continuación los criterios en que se engloba el riesgo de inundaciones de Zipaquirá, como municipio objeto de estudio:

Tabla 1.

Tabla de atributos del mapa de riesgo con área km²

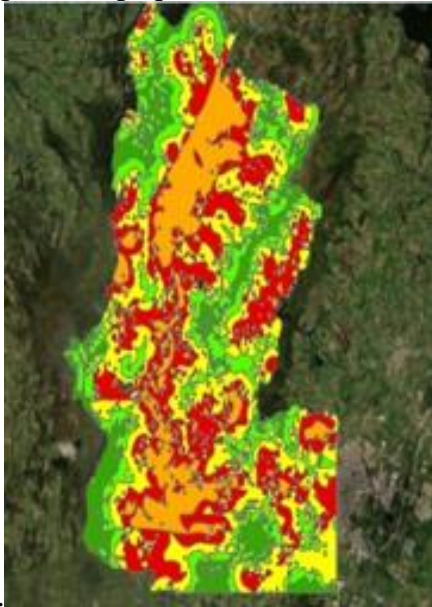
Objectid	Shape	Gridcode	Class_riesgo_inundación	Área km ²
1	Polígono	1	Riesgo muy bajo	13,49
2	Polígono	2	Riesgo bajo	24,29
3	Polígono	3	Riesgo medio	35,18
4	Polígono	4	Riesgo alto	33,33
5	Polígono	5	Riesgo muy alto	17,47

Fuente: Autoría propia, 2024.

Los resultados per sé, que muestra la tabla 1, muestran entonces, que la clasificación del riesgo por inundación en el municipio de Zipaquirá, delimito los criterios de evaluación sobre los siguientes valores, así pues, el riesgo muy bajo se refiere al 10,9%, comprendiendo un área de 13.49 km², es decir, 1349.34 hectáreas, el riesgo bajo es del 19,6%, comprendiendo un área de 24.29 km², es decir, 2429.17 hectáreas, el riesgo medio es de 28,4%, comprendiendo un área de 35.18 km², es decir, 3517.7 hectáreas, el riesgo alto es del 26,9%, comprendiendo un área de 33.33 km², es decir, 3333.43 hectáreas y el riesgo muy alto es del 14,1%, comprendiendo un área de 17.47 km², es decir, 1746.55 hectáreas.

Figura 4.

Mapa de Riesgo por Inundaciones del Municipio de Zipaquirá suavizado.



Fuente: Autoría propia, 2024.

De la Tabla 1 y de los Figura 2 y 3, es posible objetar que la mayor concentración del riesgo, puede que no esté en las condiciones de riesgo muy bajo o de riesgo muy alto, pero la mayor concentración oscila entre los niveles de riesgo intermedios, vislumbrándose en mayor medida en los criterios de riesgo medio y alto, conjeturando se puede objetar que se encuentra

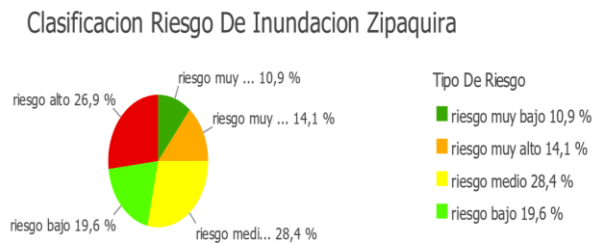
en un tercer cuartil, así pues, el riesgo es elevado porque las zonas de color “amarillo y rojo” en el “Mapa de riesgo por inundación en formato vectorial”, esto se refuta con la sumatoria de estas dos delimitaciones, donde las zonas de riesgo alto y las zonas de riesgo medio suman un 55,3% del total del área, y las zonas de riesgo muy bajo, riesgo bajo y riesgo muy alto suman un total de 44.6%., es decir, las zonas intermedias en mención comprenden más de la mitad del área territorial total, por tanto, es factible y consecuente mencionar que la mayor parte territorial tiene un nivel moderado a alto en cuanto a riesgo por inundaciones se refiere.

Las inundaciones en el municipio de Zipaquirá se deben a las altas precipitaciones, primeramente, pero también derivan de periodos de lluvia en los que se supera la capacidad innata que posee el suelo para absorber el agua, y por ende la subida de los ríos, e incluso para mantener la firmeza de los suelos y evitar deslizamientos o derrumbes, como el que atrapo a los 2 mineros en la vereda La Empalizada el 10 de junio del 2023 (Valbuena, 2023).

La representación gráfica de los resultados se evidencia en las siguientes gráficas (grafica circular 1 y grafica de barras 2) las cuales condensan los valores porcentuales, y hacen una representación visual circular y en barras de los valores porcentuales de los criterios de evaluación establecidos para contextualizar las zonas que tienen un menor o mayor riesgo por inundaciones en el municipio de Zipaquirá, así pues:

Figura 5.

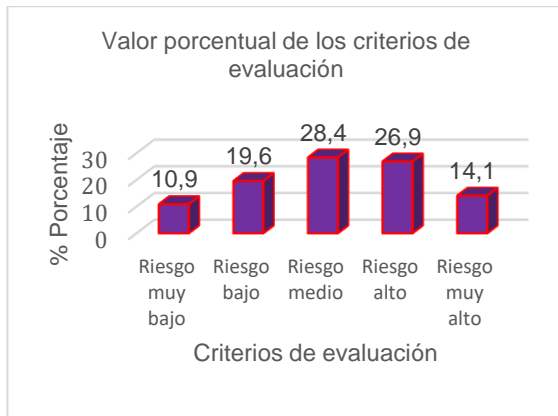
Grafica de clasificación: Riesgo de inundación municipio de Zipaquirá.



Fuente: Autoría propia, 2024.

Figura 6:

Grafica de valor porcentual de los criterios de evaluación.



Fuente: Autoría propia, 2024.

Los mapas de riesgo por inundaciones se definen como la base para el manejo de aguas pluviales, con 4 componentes, primero, la diversidad de factores para la identificación de la problemática de las inundaciones, segundo, los análisis hidrográficos e hidrológicos para identificar lluvias con potencial para inundar, tercero, el uso de diferentes herramientas de cálculo para poder simular el modelo de un eficiente manejo de aguas y, por último, originar escenarios versátiles para la evaluación del impacto del fenómeno hidrometeorológico (Rodríguez, 2022).

De los Figuras 2 y 3, también extrae el hecho de que las zonas con mayor riesgo de inundaciones

se refieren a zonas cercanas, circundantes o en contacto con los cuerpos de agua ubicados en el municipio de Zipaquirá, por lo que, se puede mencionar que la probabilidad de ocurrencia de estos eventos climáticos fortuitos pueden ser predecibles en cierta medida, si se realiza un correcto seguimiento y monitoreo de los valores en cuanto a caudales y a cantidad de agua contenida en los cuerpos de agua (Beltrán, 2024).

Las consecuencias de las inundaciones, además de, la destrucción material de infraestructuras y vidas, aumentan el riesgo con las crecidas y las inundaciones de aparición y propagación de enfermedades como la leptospirosis y la proliferación vectores como cucarachas y ratas (Geographic, 2024).

En este apartado se puede decir, que si se realiza un óptimo estudio de la población de Zipaquirá y los factores de riesgo inmersos en las inundaciones futuras, se puede llegar a conocer las características de la población afectada, lo que faculta al investigador con el poder para entender el estado de la población de Zipaquirá al momento de enfrentarse a una inundación, características que nos las pueden brindar la contextualización del perfil económico y laboral de las personas establecidas en las zonas de riesgo de inundaciones del municipio de Zipaquirá.

Consecuentemente con lo anterior, en ocasiones hasta el material en que se construyeron las viviendas y demás tiene influencia directa en la afectación o el grado de daño que puede derivarse de una inundación, además, se puede objetar por la estructura de las edificaciones, construcciones y estructuras como factor con alto grado, como determinante característico.

Conclusiones

La construcción de mapas de riesgo por inundación en Zipaquirá tiene un aporte que

radica en la consideración de los daños estructurales y humanos, ya que, cada criterio de nivel expone unas consecuencias jerárquicas, ya pues, teniendo esta información se puede derivar incluso metodologías de establecimiento de refugios y trazado de rutas de evacuación, así como, el análisis de daños estructurales y de menaje de las casas.

La generación de un mapa de riesgo por inundación en formato vectorial utilizando ArcGIS para el municipio de Zipaquirá demuestra la importancia de integrar tecnologías de información geográfica en la planificación territorial. Este estudio identificó las áreas más vulnerables, proporcionando una herramienta técnica que facilita la toma de decisiones informadas y fundamentadas para mitigar los riesgos asociados a las inundaciones.

Es de vital importancia el seguimiento y el monitoreo de las zonas de color rojo y naranja los cuales son los niveles 4 y 5 que se pueden evidenciar en las figuras 2 y 3 del análisis, los cuales representan el acotamiento del riesgo alto y muy alto, respectivamente, ya que, son las zonas donde se evidencia que hay mayor riesgo porcentual.

También es cierto que en este estudio se podría objetar por un criterio nulo, ya que, existen sitios donde así ocurran inundaciones no se va a ver afectada la población, ni la infraestructura, lo que puede hacer mayormente representativos los mapas de riesgos derivados.

Las figuras 2 y 3 de riesgo por inundación de Zipaquirá derivado del presente documento, tiene la facilidad de facultar al investigador para calcular los posibles lugares con mayor porcentaje de inundación en este caso planicies en especial cerca a fuentes hídricas, así como, la elaboración de rutas de evacuación eficiente hacia los refugios que se tienen para estos fuertes eventos ambientales.

Recomendaciones

El desarrollo de los municipios de Colombia, como lo es Zipaquirá que cuenta con 152.195 habitantes según el (DANE, 2021), el cual debe tener como pilar fundamental los documentos y la cartografía que mediante la ley 388 de 1997 crea el Plan de Ordenamiento Territorial (POT), como un instrumento técnico y normativo para ordenar la ocupación humana en cada territorio, teniendo claro el fundamento de que el POT es aplicado para ciudades de más de 100.000 habitantes, y el Plan Básico de Ordenamiento Territorial para ciudades entre 30.000 y 100.000 habitantes, y, el Esquema de Ordenamiento Territorial para menos de 30.000 personas, ya que, cada uno acota principios y fundamentos que difieren de los otros.

Para poder generar un mapa de riesgo de inundaciones en vital el seguimiento cabal del procedimiento, bajo el criterio de adaptación a otras zonas, los mapas de riesgo de inundaciones pueden ser utilizados además de referencias de riesgo de inundaciones, pueden servir como insumo en la estimación de costos por daños estructurales y de menaje de viviendas.

Los gobiernos deben tener un eficiente manejo en la distribución de espacios, para con esto evitar las inundaciones, que son derivadas de un mal Plan de Ordenamiento Territorial, donde las inundaciones según la (OMS, 2008), las inundaciones se refieren en gran medida a un mal diseño de redes de evacuación de agua de las ciudades, es decir, no se pudo prever en la expansión de Zipaquirá una red subterránea más eficiente que pueda direccionar el caudal generado en una lluvia intensa.

Además, existen sitios en Zipaquirá como el paso del río Bogotá, la quebrada vía Zipaquirá – Pacho, también ha tenido desbordamientos, por esto, se evidencia la necesidad de una intervención o arreglo eficiente para evitar que

pase lo malo, en lugares o sitios donde se sabe que puede ocurrir esto.

Así pues, se debe fomentar prácticas agrícolas sostenibles que reduzcan el impacto ambiental, como sistemas agroforestales: Incorporar cultivos perennes y árboles en fincas para diversificar la producción y estabilizar el suelo.

Conservación del agua: Implementar sistemas de captación y almacenamiento de agua lluvia, que permitan reducir la dependencia de fuentes hídricas vulnerables.

Labranza mínima: Reducir la perturbación del suelo para evitar la compactación y mejorar la infiltración de agua.

Además de lo anterior, se puede objetar por hacer uso de los recursos gubernamentales, mediante una gestión eficiente del apoyo del gobierno para el aprovechamiento e implementación de leyes, códigos, acuerdos, lineamientos, circulares, sentencias, estatutos, decretos, resoluciones y demás normas, que sugieren un apoyo y refuerzo en aras de la sostenibilidad y sustentabilidad ambiental y humana.

Referencias bibliográficas

- American Psychological Association. (s.f.). *Style and Grammar Guidelines*. Recuperado el 17 de enero de 2020, de Apastyle: <https://apastyle.apa.org/style-grammar-guidelines>
- Beltrán, D. (2024). Vía Zipaquirá - Pacho: Desbordamiento de la quebrada deja cuatro heridos. *Infobae*.
- Carrillo García, S. (2019). Artículo científico. En S. Carrillo García, L. M. Toro Calderón, A. X. Cáceres González, & E. C. Jiménez Lizarazo, *Caja de herramientas. Géneros Textuales*. Universidad Santo Tomás.
- Chavez, P. (2022). Hidrografía. Municipio de Zipaquirá. (Capa). *Infraestructura de Datos Espaciales Cundinamarca IDEC*.
- Congreso de la República de Colombia. (2012). Ley 1523 de 2012: Por la cual se adopta la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres. Diario Oficial No. 48.308.
- CRAI USTA Bucaramanga. (2020). *Informe de recursos y servicios bibliográficos*. Bucaramanga: Universidad Santo Tomás.
- Criollo, N. L. (2021). "Lo Que Usted Debe Saber De Deslizamientos". *unidad nacional de gestion del riesgos de desastres*.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2020). Censo Nacional de Población y Vivienda 2018: Perfil Zipaquirá. Bogotá, Colombia.
- Galvis García, R. E. (2020). *Guía Resumen del Estilo APA Séptima Edición*. Universidad Santo Tomás.
- GeoGest. (2023). Importancia de la Topografía en Proyectos Ambientales. *Geogest geomática y gestion*.
- Geographic, R. N. (2024). ¿Qué es una inundación y de qué formas se puede manifestar? *National Geographic*.
- Hernández, N. (2024). Plan Nacional De Gestión Del Riesgo De Desastres Segunda Actualizacion. *Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres*.
- IDEAM. (2022). Estudio Nacional del Agua 2022. Bogotá, Colombia.
- Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático (IDIGER). (2021). *Amenaza por Inundación*. Recuperado de <https://www.idiger.gov.co/rinundacion>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2022). Datos climáticos históricos de Zipaquirá: 1980-2022. Bogotá, Colombia.

- Naranjo, F. Z. (2008). La situación del paisaje en España. Líneas para la aplicación y desarrollo del Convenio Europeo del Paisaje. *Gobierno de España - Ministerio de medio ambiente y medio rural y marino*.
- Noël, C. (2009). Organización de la gestión del agua en Francia. *Oficina Internacional del Agua*.
- Pérez, J., & Gómez, L. (2020). Aplicación de los SIG en la gestión del riesgo de inundaciones. *Revista Geoespacial*, 12(3), 45-62.
- Rodriguez, J. F. (2022). Emergencia en Zipaquirá por inundaciones en varios sectores del municipio. *W Radio*.
- Rojas, R. V. (2009). Guía para la descripción de suelos. *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación*.
- Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD). (2021). Diagnóstico de riesgos y amenazas naturales en Cundinamarca. Bogotá, Colombia.
- Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD). (2021). Informe de evaluación de riesgos y desastres en Zipaquirá. Bogotá, Colombia.
- Valbuena, L. (2023). Inundación en mina de carbón en Zipaquirá deja dos mineros atrapados. *El Tiempo*.
- Zarza, L. F. (2024). ¿Qué es una inundación? *agua*.

Enlace de sustentación:

<https://www.youtube.com/watch?v=YBt9SOjQIO0>