

# **ANÁLISIS GEOESPACIAL DE RIESGO POR INUNDACIÓN, EN ÁREAS DE INFLUENCIA DE LAS RONDAS HÍDRICAS DEL MUNICIPIO DE ALMAGUER, CAUCA.**

## **Autores.**

Edison Ferney Quiñonez Gómez, Efqinonezg@unadvirtual.edu.co

Karenn Coque López, kcoquel@unadvirtual.edu.co

Docente asesor: Gina Carolina Posada.

## **Resumen**

El municipio de Almaguer, Cauca, está ubicado dentro del macizo colombiano, situación que favorece los riegos continuos, entre ellos por inundaciones, debido a su clima húmedo y las frecuentes lluvias que hacen vulnerable muchos sectores del municipio. Dentro del trabajo de investigación realizado en la herramienta de ArcGIS Pro, se utilizaron datos geográficos relevantes, como capas ráster de elevación, pendientes, cobertura del suelo y precipitación, con el fin de conocer las áreas con mayor vulnerabilidad y baja vulnerabilidad del municipio. Dentro del análisis obtenido del geo-procesador se lograron datos de mucho valor, como el mapa de riesgo por inundación, que permite identificar y focalizar esas zonas vulnerables, así como también se logran los datos en km, de dichas zonas, por ende los datos que se arrojaron como resultado muestra que el riesgo mediano está en un área de 60,614 km y la cual está cubierta principalmente por zonas de pastoreo y cultivos y el 27,742 km se encuentran en riesgo muy alto de inundación debido a la presencia de los afluentes hídricos más caudalosos del municipio.

***Palabras claves:*** capas raster de elevación, macizo colombiano, riesgo por inundación

## **Introducción.**

El municipio de Almaguer debido a su ubicación geográfica y su condición climática, enfrenta constantemente riesgos naturales que amenazan la vida humana en el sector rural, donde “viven alrededor de 19.521 habitantes “según (cauca, 2023) el Departamento

Administrativo Nacional de Estadísticas DANE 2020; La red hidrográfica del municipio está compuesta por numerosas fuentes entre quebradas y pequeños ríos que pertenecen a la sub cuenca del río San Jorge, y a su vez comprendida por las micro cuencas de los Ríos Blanco, Marmato, Humus y Ruiz. (Alcaldía de Almaguer, 2023)

Según (Ruano, 2024), en el plan municipal para la gestión del riesgo de desastres –PMGRD, se identificaron escenarios de riesgos importantes como los asociados con fenómenos de origen hidrometeorológico (Inundaciones, Sequía, Avenidas torrenciales y Heladas). Asociados con fenómenos de origen geológico (Movimientos en masa, Avalanchas, Hundimientos y agrietamientos, Sismos). Riesgos asociados con la actividad agrícola (Incendios forestales) y la actividad minera.

Para entender un poco más la situación expuesta, se realiza un trabajo en la herramienta de ArcGIS Pro, que es la aplicación SIG de escritorio profesional con plenas funcionalidades de ESRI. Que permite la gestión, visualización y el análisis de datos de manera puntual. (esri, 2023)

Por medio de esta herramienta se logra reconocer aquellos lugares más vulnerables del municipio que enfrentan peligros constante debido a su cercanía con los afluentes hídricos más impones de este y dentro de este análisis se facilita la toma de decisiones, para evitar siniestros a futuro.

## **Objetivos**

### **General**

Desarrollar un modelo geoespacial de riesgo de inundación haciendo un análisis crítico en el área, según la clasificación cualitativa, haciendo uso de ArcGIS Pro, para apoyar el ordenamiento agroambiental en el municipio de Almaguer, Cauca.

### **Específicos**

Identificar a través de software ArcGIS Pro las áreas con mayor afectación por inundaciones en el municipio de Almaguer, Cauca, considerando su geografía.

Estructurar un diseño final en formato vectorial que integre simbología y un análisis de la correspondiente leyenda para conocer el riesgo de las zonas de inundación.

Desarrollar un mapa de riesgos de inundación para el municipio de Almaguer, que permita identificar las áreas de mayor o menor riesgo según la clasificación cualitativa.

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

El municipio de Almaguer está ubicado al sureste del departamento del Cauca, (Ruano, 2024) en la región de macizo colombiano y tiene una extensión de 320kilometros cuadrados, o33 km<sup>2</sup> de la cabecera municipal y el resto de la zona rural (319.67 Km<sup>2</sup>). Este municipio está a una altura sobre el nivel de mar de 2.313, con una temperatura de 17.7grados y su ubicación geográfica es 1°54´ 55" latitud norte, y a 2° 45", 31 Longitud occidental (EOT – 2003), El 19,33% de su territorio corresponde al Resguardo Caquiona,-de Gestión Cultural YANACONA1 y con niveles de precipitación de 2.000 milímetros.

La cuenca del Río Patía. A esta cuenca drenan sus aguas los Ríos Blanco (zonas aptas para pastoreo), Río caquiona, Río Humus, Río Ruiz, y Río Marmato, las cuales desembocan primero al Río San Jorge. (ADET 2011) fuentes hídricas de primero, segundo y tercer grado.

Durante los últimos años (Ruano, 2024), se han presentado inundaciones en las márgenes de los ríos Marmato, río Ruiz, río Humus y río Caquiona además de sus afluentes como son las quebradas Guesaco, granadillo, Juancho y el Chorrillo. Estos episodios arrasan con viviendas, cultivos, carreteras, genera desplazamiento de familias damnificadas y en el peor caso se pierden vidas.

El Idean dice que existe una alta probabilidad (alrededor del 70 %) de que las actuales

condiciones típicas de lluvias en Colombia, por un episodio de La Niña, persistan hasta el verano boreal de 2022 y continúen después de ese período. Hacen la aclaración que para los meses de julio a septiembre de 2022 esa probabilidad se reduce ligeramente (aproximadamente entre el 50 y el 60 %). (noticias, 2023)

Las inundaciones en las zonas de mayor vulnerabilidad en Almaguer represan un desafío total para los entes gubernamentales y los de vigilancia. Debido a su ubicación geográfica y la precipitación anual que se presentan en la zona andina del país.

Por eso dentro del geo procesador se realiza un analices con datos del mes octubre, con el fin conocer las zona más vulnerables del municipio. (IDEAM, 2024).

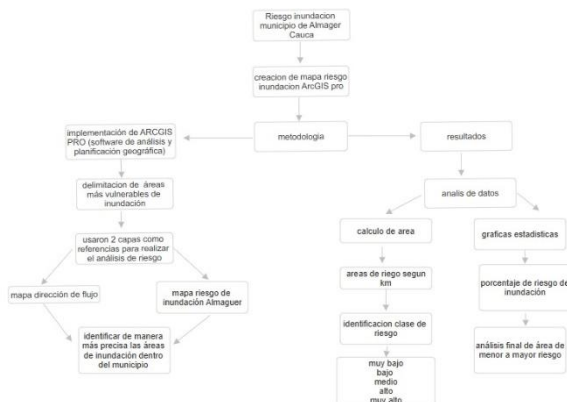
el cual se delimitan de manera clara las áreas más vulnerables por inundación, debido sus principales fuentes hídricas.

El área de objeto de estudio cuenta con una topografía montañosa en gran parte del municipio, por tal motivo dentro del análisis de riesgo de inundación se identificó que las áreas bajas son las propensas de sufrir este tipo de problemáticas.

Para ello se utilizaron 2 capas como referencias para realizar el análisis de riesgo (figura 2) mapa dirección de flujo, y mapa riesgo de inundación del municipio de Almaguer (figura 3), esto con el fin de poder identificar de manera más precisa las áreas de inundación dentro del municipio donde se pueden encontrar tanto áreas urbanas, rurales, de uso agrícola o pecuario.

## Metodología.

**Figura 1:** mapa de flujo

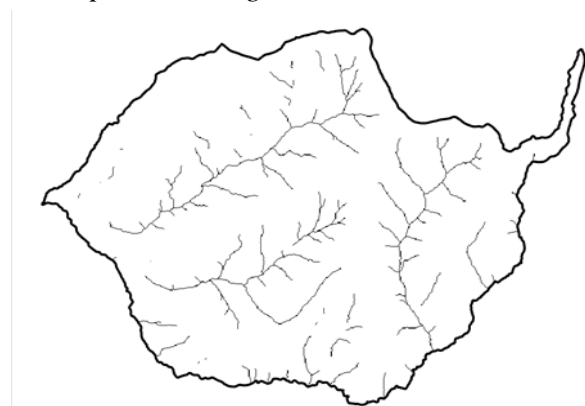


*Nota:* mapa de flujo de la metodología realizada (Gómez, 2024).

*Fuente:* Autoría propia, 2024.

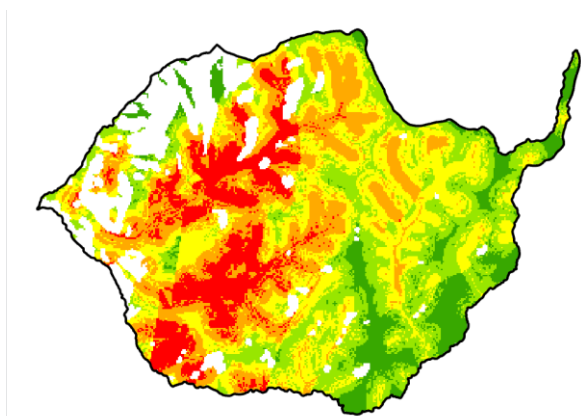
Atreves del uso e implementación de ArcGIS Pro (software de análisis y planificación geográfica) se obtuvo como producto final un mapa de riesgo por inundación en formato vectorial del municipio de Almaguer cauca, en

**Figura 2:** Mapa de dirección del flujo municipio de Almaguer.



*Fuente:* Autoría propia, 2024.

**Figura 3:** Geoproceso de riesgo de inundación.



Fuente: autoría propia, ,2024.

Se realiza de manera inicial el proceso de convertir la capa ráster obtenida en el análisis multicriterio (de reclasificación riesgo de inundación Almaguer) a capa vectorial utilizando la herramienta de conversión de ArcGIS Pro (de ráster a polígono) con el fin de asignar valores.

Seguido se realiza un proceso adicional de disolver (disolver el gridcode) esto con el fin de poder simplificar los datos obtenidos y poder organizarlos de manera más precisa.

Creada la capa vectorial se procede a abrir la tabla de atributos de la misma capa donde se observan una cantidad de 2125 datos tipo polígono, categorizados según su nivel de riesgo, (gridcode) por lo cual se procede a realizar el proceso de disolver.

Una vez terminado el proceso de disolver se abre nuevamente la tabla de atributos de la capa raster\_reclas\_riego\_inundacion\_Almaguer donde se puede evidenciar que los datos se simplificaron de 2151 a 5 datos, después de terminar el proceso de disolver.

**Tabla 1:** datos obtenidos después del proceso Dissolver.

objetivo	gridcode	class_riego_inund	Area_KM
1	1	riesgo muy bajo	20,55
2	2	riesgo bajo	48,40
3	3	riesgo medio	60,61
4	4	riesgo alto	48,28
5	5	riesgo muy alto	27,74

Nota: tabla de clasificación de riesgos y área km, impactada por inundaciones.

Fuente: autoría propia, ,2024.

Adicionalmente se agregan dos nuevas columnas, una llamada class\_riesgo\_inundacion y la segunda se nombra como área (tabla 2) las cuales se editaran según los datos de reclasificación suministrados previamente y con las cuales se harán los análisis estadísticos.

**Figura 4:** tabla de clasificación cuantitativa y cualitativa.

Reclasificación de riesgo por inundación

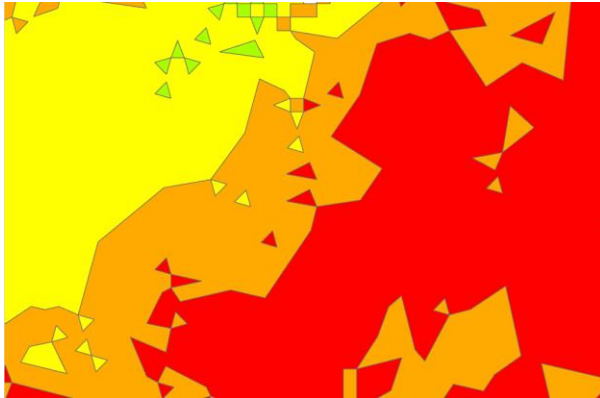
Clasificación cualitativa	Valores	Simbología
Riesgo muy bajo	1	
Riesgo bajo	2	
Riesgo medio	3	
Riesgo alto	4	
Riesgo muy alto	5	

Fuente: extraída de la guía de aprendizaje UNAD.

Finalizado el paso de Dissolver, se procede a realizar el proceso. Ajustar simbología esto con el fin de realizar una clasificación cualitativa en colores y valores únicos de fácil identificación en el mapa.

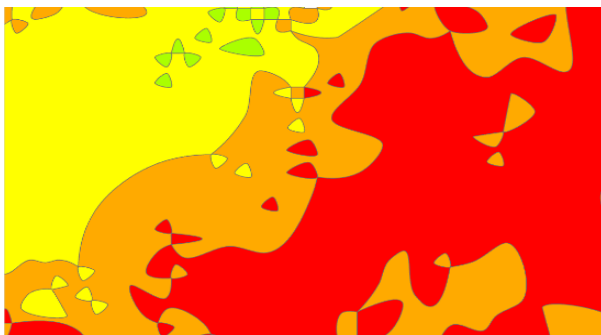
Se realizar un geo-proceso adicional llamado (suavizar) con el objetivo de mejorar la calidad de la capa final la cual en su formato originar posee formas geométricas.

**Figura 5:** zonas vulnerables en formas geométricas.



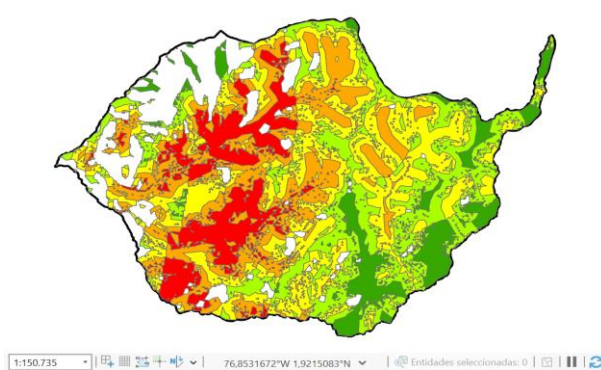
Fuente: autoría propia, ,2024.

**Figura 6:** Geoproceso de suavizar zonas vulnerables.



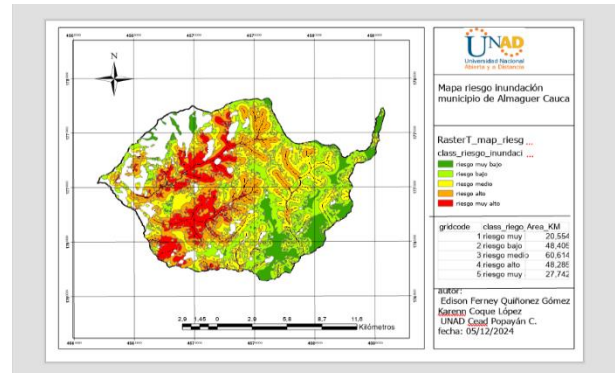
Fuente: autoría propia, ,2024

**Figura 7:** Geoproceso de ajuste de simbología.



Fuente: autoría propia, ,2024.

**Figura 8:** Mapa de riesgo de inundación municipio de Almaguer, C.



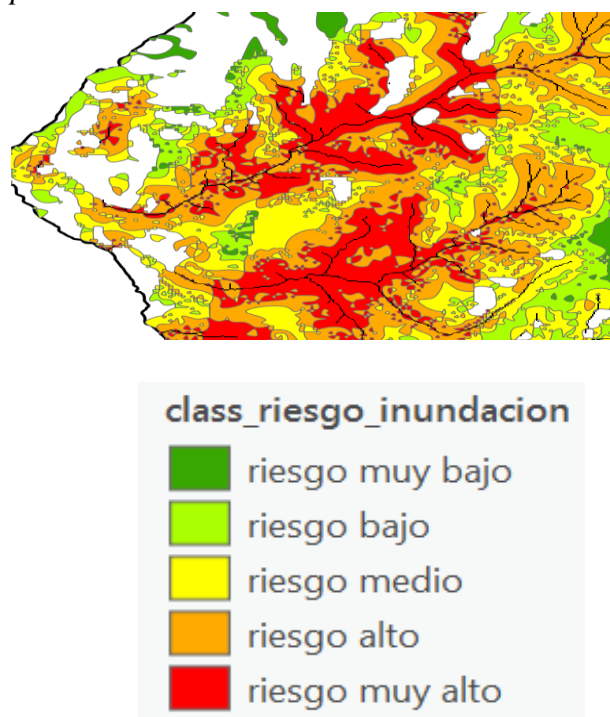
Fuente: autoría propia, ,2024.

## Resultados

El municipio de Almaguer debido a su ubicación geográfica y su topografía montañosa en gran parte de su territorio cuenta con una gran cantidad de afluentes hídricos, distribuidos a lo largo y ancho del municipio lo cual lo hace propenso a sufrir inundaciones en sus áreas bajas o en las áreas adyacentes a los ríos.

El mapa de riesgo de inundación permite identificar y focalizar aquellas áreas con mayor probabilidad de inundaciones en los ríos y/o afluentes principales o primarios, debido a que concentran en temporadas de invierno gran flujo de agua en comparación a quebradas o riachuelos.

**Figura 9:** zonas de riesgo inundación por ríos primarios.



*Nota:* zona de mayor impacto por inundación, según el rango de colores.

*Fuente:* autoría propia, ,2024.

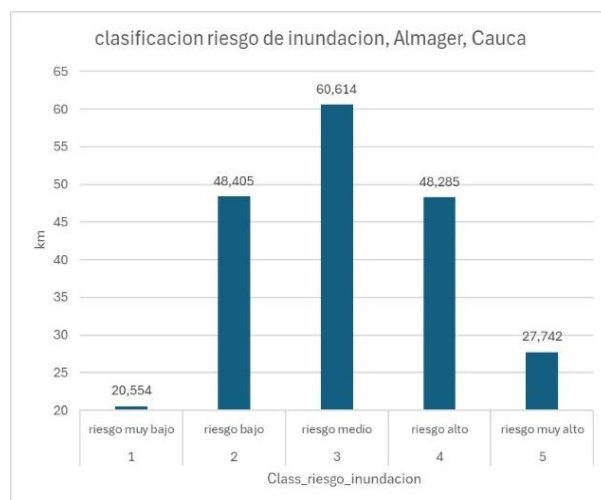
Al realizar los geoprocetos se identifican claramente las áreas de color rojo en el mapa y se procede a realizar el análisis de los datos obtenidos durante el cálculo de las áreas según el mapa de riesgo por inundación del municipio de Almaguer generado por el ArcGIS Pro en km, para poder determinar de esta manera cuáles son las zonas con mayor área según el tipo de riesgo obtenido en la reclasificación.

**Tabla 2:** cálculo de áreas en km

gridcode	Clasificación del riesgo	Área_KM
1	Riesgo muy bajo	20,554
2	Riesgo bajo	48,405
3	Riesgo medio	60,614
4	Riesgo alto	48,285
5	Riesgo muy alto	27,742

*Nota:* análisis de datos obtenidos en los cálculos de áreas en km, ArcGIS pro2024.

**Figura 10:** Grafico de áreas en km.



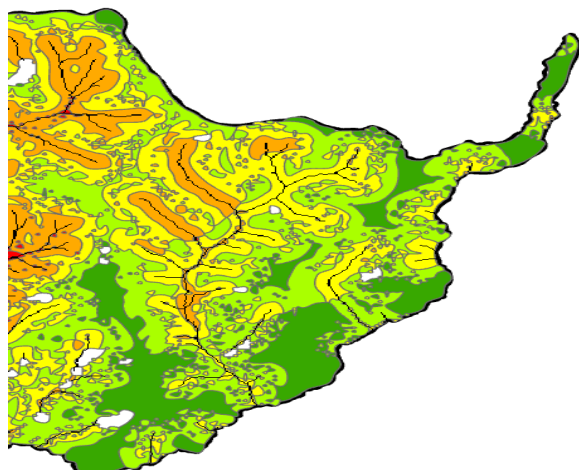
*Nota:* según el cálculo del área en km, arroja que el municipio está sobre el riesgo medio, con 60,614 en área-km.

*Fuente:* autoría propia, ,2024.

Teniendo en cuenta los datos anteriores se puede afirmar que el municipio de Almaguer cauca se encuentra en gridcode 3, medio Con un área de 60,614 km principalmente zonas de pastoreo, lo cual disminuye los riesgos de perdida humanas en temporadas de alta pluviosidad.

Es importante mencionar que solo 27,742 km se encuentran en riesgo muy alto de inundación, representada principalmente por sus ríos primarios y secundarios. Las quebradas según los datos obtenidos en ArcGIS Pro no representan peligro alguno para la comunidad, esto debido a que se ubican en las zonas altas del municipio donde nacen aquellos afluentes.

**Figura 11:** zonas con menos riesgo inundaciones.

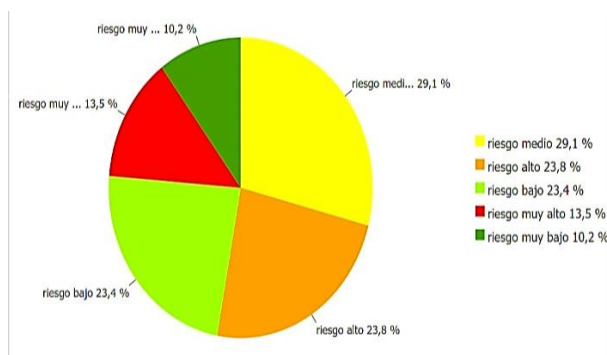


*Nota:* zona de menor impacto por inundación, según el rango de colores.

*Fuente:* autoría propia, ,2024.

Análisis de clasificación de riesgos de inundación en porcentajes (%).

**Figura 12:** porcentaje de área según el riesgo de inundación.



*Fuente:* autoría propia, ,2024.

Teniendo en cuenta los datos obtenidos después de realizar todos los geoprocursos en ArcGIS Pro, se puede evidenciar de manera acertada que el municipio de Almaguer presenta una serie de condiciones climáticas, hídricas y geológicas especiales que lo convierte en una zona de riesgo medio de inundación general, con un porcentaje de 29,1% esto debido a que en gran parte de su territorio se encuentran pequeñas quebradas y riachuelos que no representan peligro alguno.

Referente a los riesgos alto y muy alto, estos se encuentran principalmente en áreas adyacentes a los ríos primario como (rio Marmato, Ruiz san Jorge) en donde gran parte de estas áreas es de uso agropecuarias, (cultivos transitorios y pastos), que se ven afectados a lo largo de la temporada invernar, por los cual las entidades municipales poseen planes de contingencia debido a que se han presentado problemáticas en años anteriores.

En cuanto a las áreas de riesgo bajas y muy bajas sus porcentajes de 23, 4 y 10,2 permiten analizar que el 33,7 % del municipio localizado en las partes altas no presentan riesgo de inundación, por lo contrario, son sustituidas por otros tipos de riesgo como por remoción en masa.

## Conclusiones.

El uso de herramientas tecnológicas ArcGIS Pro, en el análisis de datos de riesgo de inundación permite identificar de manera clara aquellas áreas que podrían representar algún tipo de riesgo, teniendo en cuenta aspectos tan importantes como la ubicación geográfica, la topografía del municipio de Almaguer, y las precipitaciones anuales que permitan obtener datos altamente efectivos y poder realizar

recomendaciones que puedan mitigar aquellos posibles riegos a futuro.

Dentro de la investigación realizada se logró identificar qué años a tras ya se han presentado situaciones de inundaciones por el río Marmato, uno de los afluentes identificados dentro del estudio por ser uno de gran caudal y que ha dejado a su paso inundaciones en la parte baja, daños en la infraestructura de algunos hogares, pérdidas de infraestructura y cultivos.

“Reporta sobre las crecientes súbitas del río Marmato, destacando la destrucción de infraestructura y viviendas en áreas rurales del Macizo Colombiano, afectando gravemente a las comunidades de la zona” (SEMANA, 2023)

### **Recomendaciones**

El municipio de Almaguer tiene como principal desafío su geografía montañosa, el cambio climático con el fenómeno de la niña y la falta de infraestructura adecuada para mitigar el impacto que deja las inundaciones y crecientes súbitas, está claro que el desbordamiento del uno de los ríos más importantes del municipio que es Marmato en el 2023 dejó a su paso la destrucción de puentes, viviendas y cultivos, dejando como saldo muchas familias damnificadas y sin comunicación vial.

Existen documentos del plan municipal para la gestión del riesgo de desastres –PMGRD, muy bien estructuras, pero queda claro que una así la falta de intervención efectiva y planificación por parte de las autoridades competentes se han agravado los problemas por inundación y remoción en masa. Está claro que las condiciones climáticas y los múltiples cambios en el clima seguirán dejando a su paso destrucción, damnificados y la exposición de

los habitantes de la zona, Mientras no se tomen medidas desde las autoridades locales, departamentales y nacionales que sean eficientes. (Luna, 2024)

Pese de los esfuerzos municipales (El Alcalde del municipio de Almaguer Cauca, Inty Chikanqana y el Secretario de Agricultura y Gestión del Riesgo, Ingeniero Rene Martínez) por realizar una vista de control en la zona del río de marmato, (popayan., 2020) en la vereda cortadera, donde se evidenció el depósito de un gran volumen de material de arrastre y sedimentos (Piedras, material granular), que no sólo ha producido cambios en el cauce del río, sino también en la infraestructura vial.

Según (UNGRD, 2024) No compres, alquiles o construyas en zonas propensas a inundaciones. Realiza el mantenimiento periódico y limpieza de basuras de cauces, drenajes, canales y filtros. Observa y vigila cambios en el nivel de los ríos y quebradas, y avisa a las autoridades en caso de represamientos o aumentos en los niveles. No desvíes ni taponen cursos de agua.

Impide la desecación de ríos, quebradas, ciénagas, lagunas y humedales.

Reforesta las zonas de ronda y cabeceras de los cuerpos de agua.

### **Referencias bibliográficas.**

Adrián Pabon,L.(2024), PLAN DE DESARROLLO MUNICIPAL 2024 – 2027.P (107).

[https://tangara.gov.co/wp-content/uploads/planes\\_desarrollo\\_municipal\\_2024-2027/ALMAGUER%202024-2027\\_V8\\_29%20May%202024%20\(3\).pdf](https://tangara.gov.co/wp-content/uploads/planes_desarrollo_municipal_2024-2027/ALMAGUER%202024-2027_V8_29%20May%202024%20(3).pdf)

- Alcaldía Municipal de Almaguer. Esquema de Ordenamiento Territorial. Almaguer. <https://www.tangara.gov.co/wp-content/uploads/2023/12/>
- Cauca, al día. (2020) Visita técnica al río Marmato, en Almaguer Cauca. <https://radio1040am.com/2020/09/16/visita-tecnica-al-rio-marmato-en-almaguer-cauca/>
- Esri, (2023). Introducción a ArcGIS Pro <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/get-started/get-started.htm>
- Franco N. Hoyos, (2024). PLAN MUNICIPAL PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES- PMGRD 2013-2024 [https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/28874/PMGRD\\_AlmaguerCauca\\_2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/28874/PMGRD_AlmaguerCauca_2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- IDEAM, (2024). Boletín de predicción climática y recomendaciones sectorial. <https://www.ideam.gov.co/sala-de-prensa/boletines/Bolet%C3%ADn-de-predicci%C3%B3n-clim%C3%A1tica>
- INTY WAYNA, C.(2023),ALMAGUER-PLAN-DE-DESARROLLO-MUNICIPAL-2020-2023.pdf <https://www.tangara.gov.co/wp-content/uploads/2023/12/>
- Municipio de Almaguer, (2023). Diagnóstico de condiciones sociales y económicas. [https://anterior.cauca.gov.co/sites/default/files/informes/municipio\\_de\\_almaguer\\_0.pdf](https://anterior.cauca.gov.co/sites/default/files/informes/municipio_de_almaguer_0.pdf)
- Revista Semana, (2023). Las autoridades departamentales confirmaron que la emergencia por las fuertes lluvias también se presentó en municipios como Caloto, Almaguer, La Sierra y Popayán. <https://www.semana.com/nacion/articulo/emergencia-en-santander-de-quilichao-un-muerto-y-cientos-de-familias-damnificadas-dejo-el-desbordamiento-de-varios-rios/202308/>
- Radio 1040 AM. (2019). Reporta sobre las crecientes súbitas del río Marmato. [ps://radio1040am.com/2019/10/25/rio-marmato-genero-emergencia-en-el-macizo-colombiano/](https://radio1040am.com/2019/10/25/rio-marmato-genero-emergencia-en-el-macizo-colombiano/).
- Rtvnoticias, (2023), Lluvias en Colombia, por fenómeno de La Niña, irían hasta principios del 2023. <https://www.rtvnoticias.com/lluvias-en-colombia-por-fenomeno-de-la-nina-irian-hasta-principios-del-2023>.
- Sucesos Cauca, (2021). Así arriesgan sus vidas los habitantes para pasar por el río marmato, en Almaguer cauca. <https://sucesoscauca.com/video-asi-arriesgan-sus-vidas-los-habitantes-para-pasar-por-el-rio-marmato-en-almaguer/>
- Unidad nacional para la gestión de riesgo, Colombia. (2030), Actualización plan nacional de gestión del riesgo. <https://portal.gestiondelriesgo.gov.co/paginas/plan-nacional-de-gestion-del-riesgo.aspx>

UNGRD, (2024), Inundacion.

<https://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/inundaciones.aspx#:~:text=No%20compres%2C%20alquiles%20o%20construyas,%2C%20drenajes%2C%20canales%20y%20filtros.&text=No%20desv%C3%ADes%20ni%20tapones%20curros,%2C%20ci%C3%A9nagas%2C%20lagunas%20y%20humedales.>

Weather Spark,(2019). El clima y el tiempo promedio en todo el año en Almaguer.

<https://es.weatherspark.com/y/21459/Clima-promedio-en-Almaguer-Colombia-durante-todo-el-a%C3%B1o>

**Enlace de sustentación:**

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