

## **Identificación de sectores expuestos al riesgo de inundaciones mediante el uso de sistemas de información geográfica en el municipio de Yumbo departamento del Valle del Cauca**

Jhon Ander Guzmán Zúñiga, [jaguzmanz@unadvirtual.edu.co](mailto:jaguzmanz@unadvirtual.edu.co)  
Yenifer Alexandra Portilla Solis, [yaportillas@unadvirtual.edu.co](mailto:yaportillas@unadvirtual.edu.co)  
Yenifer Benavides Gaviria, [ybenavidesga@unadvirtual.edu.co](mailto:ybenavidesga@unadvirtual.edu.co)

Director de trabajo de grado: Luis Alejandro Ospina Sánchez [luisa.ospina@unad.edu.co](mailto:luisa.ospina@unad.edu.co)

### **Resumen**

El municipio de Yumbo, ubicado en el Valle del Cauca, es un área de gran importancia económica a nivel industrial, minería y producción agrícola. Sin embargo, las inundaciones generan un gran impacto negativo a nivel ambiental, económico y social.

Según el IDEAM, en Colombia, 190.935 km<sup>2</sup> son vulnerables a la presencia de inundaciones. En Yumbo, las inundaciones se han presentado históricamente debido a la alteración de la estructura de su cuenca y la falta de mantenimiento del sistema pluvial.

El municipio, ubicado en el Valle del Cauca, es vulnerable a las inundaciones debido a su ubicación geográfica y la alteración de su cuenca. El río Yumbo se ha desbordado en varias ocasiones, causando daños en la infraestructura, agricultura y en la vida humana.

El estudio utiliza Sistemas de Información Geográfica (SIG) con la aplicación ArcGIS PRO para analizar la vulnerabilidad del municipio frente al riesgo de inundación. Se identifican las zonas potencialmente afectadas por inundaciones de desbordamiento y encharcamiento.

El artículo destaca la importancia de realizar un análisis de riesgo integral para reducir los daños causados por las inundaciones en el municipio. Se presentan recomendaciones para mejorar la gestión del riesgo de inundación en Yumbo.

*Palabras claves:* cuencas, inundación, precipitación, riesgo.

### **Introducción**

El aumento poblacional en el país y el movimiento demográfico de distintas zonas rurales a urbanas ha generado un crecimiento constante en las ciudades, esto genera a su vez el incremento de asentamientos humanos en áreas que por su geografía son inestables, inundables y propensas al riesgo.

(Minambiente, 2023), Colombia es un País de los más vulnerables al cambio climático en el

mundo por nuestra ubicación geográfica lo cual conlleva a enfrentarnos a los riesgos asociados a la variabilidad del clima y las características propias de cada región, uno de los riesgos más latentes en nuestro país es el de inundaciones IDEAM en su estudio nacional del agua (2018), dice que Colombia cuenta con el 17% del área continental del territorio nacional con condiciones favorables a la inundación, Rocha M. Avila C. Medina J (2019), menciona que: "la región andina posee una gran diversidad

pluviométrica, con lluvias relativamente escasas (hasta 2.000 mm) a lo largo de la Cordillera Oriental y en los valles del Alto Magdalena y Alto Cauca y núcleos máximos (de 3.000 a 5.000 mm) en las cuencas del Medio Magdalena y Medio Cauca”.

(CVC - Secretaría de Ambiente, Agricultura y Pesca - CIAT, 2018), documenta que: Colombia ha sido catalogado como el tercer país con mayor población ubicada en zonas de riesgo lo que nos hace altamente vulnerables frente a deslizamientos e inundaciones; en los años 2010 y 2011 debido al fenómeno de la niña se presentó un aumento en las lluvias y los niveles de los ríos sin registro igual a otros años lo que generó uno de los más grandes impactos a nivel de inundaciones en el país, esto motivó a que se realizarán diferentes estudios con el fin de medir las variables climáticas y formular estrategias gubernamentales que permitan prevenir y mitigar los impactos generados por la variabilidad climática; algunos de los impactos generados por las inundaciones son daños a la infraestructura, afectación a la salud pública, afectación al sector agrícola y agropecuario con la pérdida de cultivos, las anteriores también conllevan a generar un impacto social por eso estas estrategias generadas por el ente gubernamental se han ido formulando e implementando gradualmente a nivel nacional y regional; un ejemplo de estas es la formulación de leyes relacionadas con la prevención de riesgos de desastres.

## Objetivos

### General

Identificar los sectores y categorizar el riesgo de inundación que presentan en el municipio de Yumbo, Valle del Cauca a través de ArcGIS PRO.

### Específicos

- Determinar las áreas de mayor riesgo de inundación de Yumbo.

- Determinar las áreas de riesgo leve de inundación por encharcamiento en Yumbo.
- Realizar recomendaciones para reducir los daños ocasionados por inundación mediante los sistemas de información geográfica en Yumbo.

## Identificación del caso de estudio en Yumbo

(Alcaldía de Yumbo, Valle del Cauca, 2023), Yumbo se encuentra situado al sur occidente de Colombia en el departamento del Valle del Cauca, con una altura sobre el nivel del mar de 1.021 metros, contando con un área de 229.834 Km<sup>2</sup>, brindando una diversidad en cultivos extendido hacia la parte norte y occidental del municipio, su temperatura se encuentra entre 16°C, el mes de mayor precipitación es octubre de 95,4 mm y cuenta con una extensión en área rural de diez corregimientos, dieciséis veredas, el área urbana con cuatro comunas y veintitrés barrios. Siendo un municipio de gran importancia económica a nivel industrial, minería y producción agrícola, las inundaciones generan un gran impacto negativo a nivel ambiental, económico y social.

El IDEAM por medio de estudios nacional de agua en 2018 reconoce que en Colombia 190.935 km<sup>2</sup> son vulnerables a la presencia de inundaciones.

Acosta Rodríguez (2018), señala que en Yumbo cuando se han presentado mayor precipitaciones se ha manifestado el desbordamiento del río y con ello atrae varios casos de desastres por inundaciones dejando la pérdida de personas, daños en las diferentes infraestructuras, como: las casas, vías, electricidad, en las producciones agropecuarias y ligados a los acontecimientos causados por el fenómeno de la niña, en estos últimos años han causado en aumento los derrumbes, movimientos de bancas de la vía, deslizamiento de rocas, donde, los desbordamientos del río Yumbo se genera por las alteraciones que viene presentando en la estructura de su cuenca tomando un aspecto más recto, permitiendo que

se genere un mayor peligro de inundación al tomar mayor fuerza y velocidad del cauce procreando erosiones.

Por otra parte, en el Municipio de Yumbo, en la zona urbana se han presentado históricamente inundaciones producidas, por qué el sistema pluvial del municipio se encuentra en mal estado, por falta de mantenimiento, y los sumideros se obstruyen por la mala disposición de residuos, lo cual hace que frente a un aumento de lluvias el municipio no tenga la capacidad de control y se produzcan las inundaciones.

### Metodología

Para nuestro estudio en la identificación de sectores expuestos al riesgo de inundaciones, en Yumbo Valle del Cauca, se trabajó de la mano con la herramienta de SIG ArcGIS PRO, la cual nos permitió recopilar y analizar de manera gráfica para obtener la información hídrica por medio de creación de capas y mapas. (Olaya, 2020)

Se inicio por medio de una serie de descargas de dos portales que nos brindaran información correcta del municipio a analizar, en el geoportal USGS (Servicio Geológico de Estados Unidos) se realizó la descarga de un modelo de elevación digital.

Estableciendo a “las coordenadas geográficas en un plano, la proyección cartográfica oficial utilizada en Colombia hasta el año 2020 es Gauß-Krüger datum MAGNA SIRGAS” (IGAC, 2020). A través del el Instituto Geográfico Agustín Codazzi en todas las capas trabajadas, la capa de municipios se descargó y se subió a ArcGIS para realizar el proceso de recorte y extracción por máscara a Yumbo.

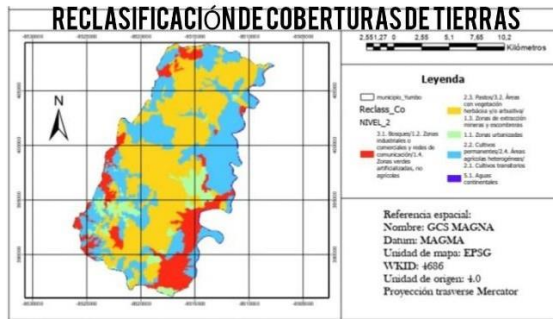
**Figura 1.**  
Municipio Yumbo



*Fuente:* Autoría propia, 2024

De igual manera la capa de pendientes, del geoportal IGAC Colombia-Colombia en mapas, se descargó la capa de coberturas de tierras de escala 1:100.000 del año 2018 en donde se exportó a ArcGIS PRO, se le realizó el proceso de recorte, disolver nivel 2 y se convirtió de vectorial a ráster.

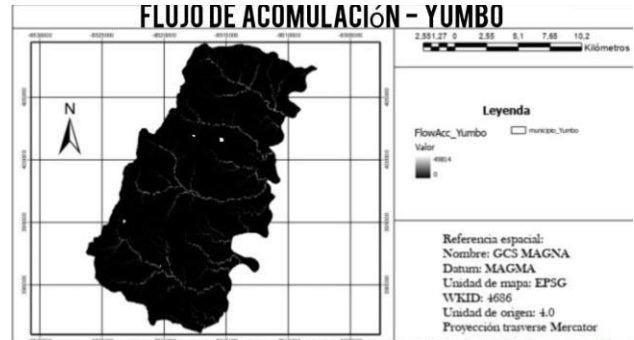
**Figura 2.**  
Mapa de cobertura de tierras



Fuente: Autoría propia, 2024

Se identifico que el mes de mayor precipitación en Yumbo es octubre, se realizó la descarga de esa capa en el portal IGAC Colombia en mapas y se cargó a ArcGIS realizando su procedimiento de extracción por máscara, luego se realiza la capa de drenajes, la cual se realizó en varios pasos, como el procedimiento de relleno fill, el cual nos permite evidenciar el flujo de agua continuo del municipio, después se calculó la dirección de agua en el ráster de dirección para poder llegar al de acumulación brindándonos información hacia el número de celdas que se dirigen hacia una misma celda. Se evalúa la distancia entre canales de los más importantes drenajes de los ríos y quebradas en donde se obtuvo un resultado de 498, generando una reclasificación al flujo de acumulación como se evidencia en la figura 3.

**Figura 3.**  
Mapa de drenajes



Fuente: Autoría propia, 2024

También se evaluó la distancia más cercana para cada celda a través de la distancia euclidiana, con todas las capas anteriormente mencionadas y expuestas se procede a efectuar el modelo de riesgo por inundación, realizando una reclasificación a todas las capas, teniendo en cuenta la siguiente tabla de referencia.

**Figura 4.**  
Clasificación cualitativa y cuantitativa

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

*Nota:* la tabla nos presenta la correlación de clasificación cualitativa y valor de riesgo.

*Fuente:* Autoría propia, 2024

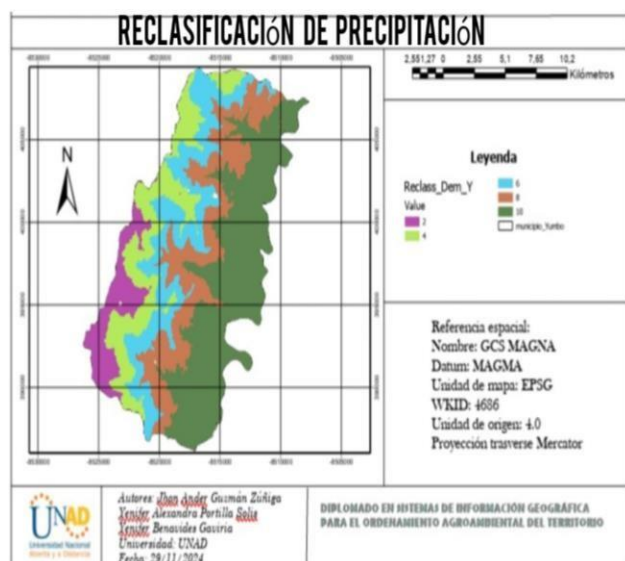
Teniendo en cuenta la tabla se inicia la reclasificación en ArcGIS PRO, con la capa del dem de Yumbo, por medio de la opción de clasificar a través del método de rupturas naturales en 5 y modificar la tabla por de

referencia de la figura 5, iniciando con el valor más alto hacia el más bajo, en donde el valor 10 representa zonas planas de Yumbo con un riesgo alto de inundación.

La reclasificación de pendientes, se hace el mismo procedimiento de la capa del dem de Yumbo expuesta anteriormente, en donde los valores de tabla hacen referencia a la inclinación de las pendientes, en las precipitaciones se cambia la forma de modificar los valores con el orden del más bajo hacia el más alto representando las intensidades de las lluvias.

### Figura 5.

Mapa de reclasificación de precipitaciones del mes de octubre



Fuente: Autoría propia, 2024

Reclasificación de cobertura de tierras se clasifica en nivel-2 y por medio de un análisis de identificación en todas las zonas que componen a Yumbo se clasificó a cada cobertura con un rango de nivel de riesgo donde valores inferiores representa poco riesgo y valores altos a riesgo alto, figura 6.

### Figura 6.

Clasificación de riesgo de inundación en la cobertura vegetal Yumbo

Valor	Nuevo
2.2. Cultivos permanentes	8
5.1. Aguas continentales	1
2.3. Pastos	4
3.2. Áreas con vegetación	4
2.4. Áreas agrícolas heter	8
1.1. Zonas urbanizadas	6
3.1. Bosques	2
1.3. Zonas de extracción r	2
1.2. Zonas industriales o	2
2.1. Cultivos transitorios	8
1.4. Zonas verdes artificia	2

*Nota:* esta tabla nos brinda la información de 11 clases de coberturas vegetales en el municipio de Yumbo y según estudios se categorizan con un valor de riesgo, donde el valor más alto representa riesgo mayor.

Fuente: Autoría propia, 2024

Reclasificación de distancia de drenajes se modifica la tabla por la de referencia con el orden del valor más alto hacia el más bajo, donde el valor menor representa la distancia más lejana, el resultado de esta capa se puede evidenciar en la figura 3, capa de reclasificación de distancia de drenajes.

Con las capas ya reclasificadas se procede a iniciar con el mapa de riesgo de inundaciones, se realiza una suma ponderada que es implementada en los sistemas de información geográfica, “se ha tenido en cuenta 5 gamas de colores simbólicos RGB corine land cover para Colombia” como se observa en la figura 9, para la representación del riesgo de inundación y para poder realizar la reclasificación del mapa de riesgo de inundación.

### Figura 7.

Clasificación cualitativa de riesgo por inundación

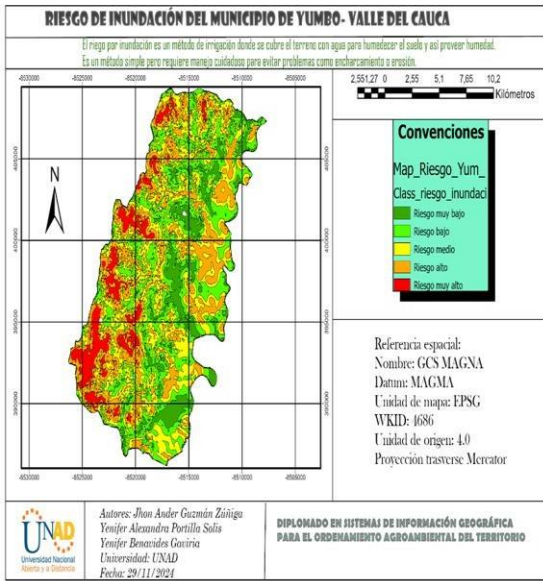
Clasificación cualitativa	Valores	Simbología
Riesgo muy bajo	1	
Riesgo bajo	2	
Riesgo medio	3	
Riesgo alto	4	
Riesgo muy alto	5	

*Nota:* presenta una clasificación estimada en 5 categorías y según el valor va correlacionada con una simbología en color.

Fuente: Autoría propia, 2024

**Figura 8.**

Mapa de riesgo de inundación municipio de Yumbo, Valle del Cauca



Fuente: Autoría propia, 2024

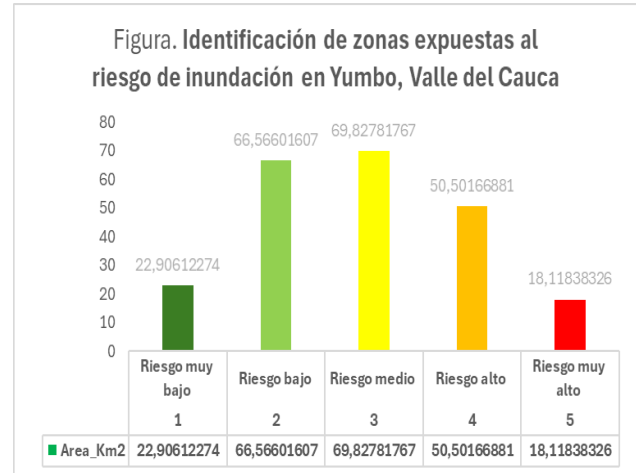
Método análisis multicriterio, es empleado para las soluciones potenciales en los procesos de planificación permitiéndonos integrar varios criterios a evaluar en los diversos problemas o situaciones como lo es nuestro caso de estudio, por medio de la utilización de los SIG a través de información cartográfica este análisis multicriterio nos permite evaluar por categorías desde la más baja a la más alta sobre el nivel de riesgo de inundación, logrando incluir variables importantes para la ocurrencia de las inundaciones como las pendientes, flujo hídrico, cobertura de tierras, el mes con mayor intensidad de precipitación. (Gonzales, 2006). Permiéndonos identificar las zonas soluciones al estudio aplicado en el municipio de Yumbo, Valle del Cauca, por ello fue necesario realizar el cargue de capas ráster anteriormente expuestas en figuras del modelo de elevación digital, pendientes, coberturasde tierras, precipitación y la distancia de drenajes para

poder llegar al mapa de riesgo por inundación actualizado al año 2024 en Yumbo.

**Resultados**

**Figura 9.**

Identificación de zonas expuestas al riesgo de inundación en Yumbo, Valle del Cauca.



Nota: De acuerdo al análisis multicriterio realizado en base al municipio de Yumbo, pudimos obtener la clasificación de riesgo por inundación en el mismo, identificando las áreas con mayor y menor riesgo, para esto realizamos una clasificación cualitativa y cuantitativa del riesgo obteniendo finalmente los siguientes resultados.

Fuente: Autoría propia, 2024

El Municipio de Yumbo Valle del Cauca cuenta con un área total de 229.834 Km2, la cual dividimos según el potencial de riesgo de sufrir inundaciones por diversas causas, ya sea por encharcamiento, producida por la acumulación de agua lluvia en una zona determinada o por desbordamiento a través del exceso de lluvias que superan la capacidad de transporte de agua de la cuenca durante la creciente.

La primera categoría se denominó categoría 1, clasificada como riesgo muy bajo, en el mapa se identificó con color verde oscuro, en la clasificación nos dio como resultado para esta

categoría un área de 22,90612274 km<sup>2</sup>, lo que corresponde a un 10% del área total del municipio, estas zonas con riesgo muy bajo son principalmente parte de la zona urbana más central.

La segunda categoría se denominó categoría 2, clasificada como riesgo bajo, en el mapa se identificó con color verde claro, en la clasificación nos dio como resultado para esta categoría un área de 66,56601607 km<sup>2</sup>, lo que corresponde a un 29% del área total del municipio, estas áreas de bajo riesgo de inundación se encuentran distribuidas también en la zona urbana e industrial del municipio.

La tercera categoría se denominó categoría 3, clasificada como riesgo medio, en el mapa se identificó con color amarillo, en la clasificación nos dio como resultado para esta categoría un área de 69,82781767 km<sup>2</sup>, lo que corresponde a un 31% del área total del municipio, lo que significa que un gran porcentaje del municipio se encuentra expuesto al verse afectado por algún tipo de inundación, estas áreas de riesgo medio se encuentran principalmente en las zonas cercanas a las laderas del río Cauca y que cuentan con características geográficas de desniveles.

La cuarta categoría se denominó categoría 4, clasificada como riesgo alto, en el mapa se identificó con color naranja, en la clasificación nos dio como resultado para esta categoría un área de 50,50166881 km<sup>2</sup>, lo que corresponde a un 22% del área total del municipio, estas áreas que se encuentran en riesgo alto, son las que se encuentran más cerca al río Cauca, y las zonas en la parte urbana que se encuentran en esta categoría se debe a sus características geográficas; el corregimiento de Mulaló se encuentra en esta zona de riesgo alto y la Hacienda la Estancia que se encuentra expuesta a inundación por encharcamiento.

Por último, la quinta categoría se denominó categoría 5, clasificada como riesgo muy alto,

en el mapa se identificó con color rojo, en la clasificación nos dio como resultado para esta categoría un área de 18,11838326 km<sup>2</sup>, lo que corresponde a un 8% del área total del municipio, en esta categoría se encuentra ubicado el corregimiento de Arroyo Hondo, la Buitrera y la zona urbana de las Américas.

### **Conclusiones**

Esta metodología nos permitió el análisis del municipio de Yumbo frente a la categorización de riesgo de inundación, arrojando como resultado la identificación de las zonas con mayor riesgo y ubicarnos geográficamente en estas áreas permitiendo establecer que los corregimientos de Arroyo Hondo, la Buitrera y parte de la zona urbana de las Américas presentan mayor exposición correspondiendo a un 8% del área total con un 18,11838326 km<sup>2</sup> y seguido de las zonas que se encuentran más cercanas a la ladera del río Cauca comprendiendo un área de 50,50166881 km<sup>2</sup>, influyendo con un 22% del área total en el municipio.

Se determinó que las zonas de riesgo leve comprendidas en un área de 69,82781767 km<sup>2</sup>, lo que corresponde a un 31% del área total del municipio viéndose expuesto a la inundación por encharcamiento debido a los desniveles en el corregimiento de Mulaló y la Hacienda la Estancia.

Es necesario implementar medidas de mitigación y prevención para disminuir estas afectaciones por las inundaciones. La mejora del sistema pluvial, la creación de planes de emergencia y la educación a la comunidad de la importancia de la prevención son algunas de las medidas que se pueden implementar con el fin de salvaguardar la seguridad de los habitantes del municipio y mantener su calidad de vida, manteniendo actualizados los datos climáticos de la zona y direccionar el uso razonable de los suelos

La utilización de Sistemas de Información Geográfica (SIG), es un mecanismo eficaz para la gestión del riesgo de inundaciones. La SIG permite identificar áreas vulnerables y establecer programas de acción para reducir los efectos de las inundaciones. Es importante que las entidades locales y los organismos de emergencia utilicen esta herramienta para mejorar los riesgos de inundaciones en Yumbo.

### Recomendaciones

Es importante generar conciencia y trabajo en equipo en los habitantes para la toma de medidas correctivas a través de las restricciones legales por parte de las entidades gubernamentales del municipio de Yumbo al impedir la toma u ocupación de áreas en zona de riesgo de inundación, para sí evitar las pérdidas humanas, elementos básicos del hogar, daños de vivienda y estar expuesto a lesiones o enfermedades.

Realizar planteamientos actuales al municipio en donde centralice las zonas permitidas y no permitidas para expansión urbana o agrícola, donde de forma legal normativa se limite los permisos para construcción o el uso de suelo en áreas de riesgo.

Los cambios de las coberturas vegetales en Yumbo también han generado que estas inundaciones cada vez sean más, por ello es importante realizar trabajos de protección de las cuencas evitando la tala y eliminación de especies vegetales existentes en su cuenca, se recomienda la planificación de los sistemas de drenajes sostenibles, brindarles una segunda vida a las aguas por medio de pavimentos permeables, tarros para recoger lluvia, tejados verdes donde las aguas puedan tener movimiento y brindar un ecosistema amigable en el entorno, al dejar que se realicen los procesos de infiltración, almacenamiento, evaporación y retención de escorrentías cerca de las cuencas.

La relevancia que se le da a la ejecución del riesgo de desastres en cada municipio es crucial para la mitigación del riesgo de inundaciones; es importante que el municipio de Yumbo desde su administración implemente estrategias de monitoreo, indicadores de seguimiento y evaluación los cuales son fundamentales en la implementación de estrategias de disminución y control ante cualquier riesgo en este caso el de inundación así como también, dentro de estas variables se deben estudiar parámetros como la resistencia física de las estructuras frente a las inundaciones y las propiedades de las cuencas hidrográficas ya que el caudal en las cuencas se distingue por las características morfo métricas.

### Referencias bibliográficas

- Acosta Rodríguez, J. M. (2018). Análisis de procesos causales de los desastres asociados a fenómenos hidrometeorológicos en la cuenca del río Yumbo, a la altura del municipio de Yumbo. *UNAD*, 1-62. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/20906/16459089..pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Alcaldía de Yumbo, Valle del Cauca. (2023, Agosto 17). *Información del municipio*. <https://www.yumbo.gov.co/publicaciones/84/informacion-del-municipio/#:~:text=Relieve:%20la%20superficie%20de%20Yumbo,total%20de%20227.89%20kil%C3%B3metros%20cuadrados>
- CVC - Secretaría de Ambiente, Agricultura y Pesca - CIAT. (2018, Junio). *Plan Integral de Cambio Climático para el Valle del Cauca PICC*. [https://www.valledelcauca.gov.co/load\\_er.php?lServicio=Tools2&lTipo=viewpdf&id=28402](https://www.valledelcauca.gov.co/load_er.php?lServicio=Tools2&lTipo=viewpdf&id=28402)
- González Valencia, J. (2006). Propuesta metodológica basada en un análisis multicriterio para la identificación de zonas de amenaza por deslizamiento e inundaciones. *Revista Ingenierías*

Universidad de Medellín  
<https://research-ebSCO-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/linkprocessor/plink?id=7d5a99fe-dbcf-33b6-943e-dd92eebf52b6>

**Enlace de sustentación:**  
<https://youtu.be/fHw9u4LwyUw>

Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC.  
(2020). Origen IGAC.

[https://origen.igac.gov.co/docs/ABC\\_Nueva\\_Proyeccion\\_Cartografica\\_Colombia.pdf](https://origen.igac.gov.co/docs/ABC_Nueva_Proyeccion_Cartografica_Colombia.pdf)

Minambiente. (2023, Abril 22). *¿Cómo afectaría el cambio climático a Colombia en los próximos años?*  
<https://www.minambiente.gov.co/como-afectaria-el-cambio-climatico-a-colombia-en-los-proximos-anos/>

Olaya (2020). Sistemas de información geográfica. Open library.  
[https://openlibrary.org/works/OL17311222W/Sistemas\\_de\\_informaci%C3%B3n\\_geog%C3%A1fica](https://openlibrary.org/works/OL17311222W/Sistemas_de_informaci%C3%B3n_geog%C3%A1fica)

Rocha M. Avila C. Medina J (2019). Sistemas hidrogeológicos como alternativa de control de riesgos de inundaciones en Villavicencio. Universidad cooperativa de Colombia  
<https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/4d436ef6-9468-4574-812b-1c6dbe21c506/content>