

## **Estudio de riesgo de inundación durante el mes de noviembre en el municipio de Montenegro, Quindío, mediante sistema de información geográfica (SIG)**

Omar Javier Lagos Lagos - ojlagosl@unadvirtual.edu.co

Hugo Erley Fajardo Hoyos - fhugoe@unadvirtual.edu.co

Docente asesor Evangelina Parra Pérez – evangelina.parra@unadvirtual.edu.co

### **Resumen**

El presente estudio define el riesgo de inundación que pueda existir durante el mes de noviembre en el municipio de Montenegro, Quindío, el cual es uno de los meses más lluvioso del año, analizando información geográfica y procesándola a través del Software ArcGIS Pro, empleando el sistema de coordenadas MAGNA-SIRGAS CMT12, el cual es el sistema de referencia espacial determinado por el IGAC para Colombia, de igual forma se emplean las herramientas de geoprocetos y análisis multicriterio, en donde se tomaron en cuenta factores como el porcentaje de inclinación o pendiente en todo el territorio, los ríos, cuencas y/o drenajes que recorren el municipio, el mapa de cobertura de tierras, para determinar las diferentes actividades que allí se desarrollan, así como la utilización de modelos de elevación digital que mediante un análisis multicriterio, es posible determinar el factor de riesgo sobre determinadas áreas del municipio el cual fue catalogado de 1 a 10, en donde a mayor valor, mayor es el riesgo de inundación. Como resultado se obtuvo que el 71,54 Km<sup>2</sup> del área del municipio de Montenegro, se encuentran en un nivel de riesgo alto y muy alto (entre 7 y 10), riesgo de inundación que representa el 48,9% del total de la extensión del municipio.

***Palabras claves:** Riesgo de inundación, Cultivo, Área, Cuenca.*

### **Introducción**

En Colombia la temporada de lluvias trae consigo una serie de riesgos naturales, tales como deslizamientos de tierra, avenidas torrenciales e inundaciones, de las cuales el municipio de Montenegro no es ajeno, dado que se encuentra sobre una zona montañosa, hace parte de la cordillera central, y por su territorio circulan ríos de gran importancia como río espejo y río doble Monsalve, D. M. C., & Arango, G. I. D. (2021). El municipio de Montenegro se encuentra ubicado en el departamento del Quindío, es reconocido por su

actividad agrícola, especialmente de café, de allí que su mayor atractivo turístico es el Parque Nacional del Café, siendo el más reconocido en la región del eje cafetero. (Agudelo, C. B., & Moya, E. D. S. 2020).

En la figura 1, es posible observar la cercanía que tiene el municipio con la capital departamental Armenia, así como visualizar la ubicación del casco urbano, el cual se encuentra muy al norte y en los límites del municipio; adicionalmente, cuenta con diversas fuentes hídricas que atraviesan su territorio, en donde en ocasiones se ha visto afectado por avenidas

torrenciales, inundación de cultivos en las partes bajas y fallas geológicas que inducen deslizamientos de tierra, todas ellas presentadas frecuentemente en los meses de más lluvias, las cuales se presentan de forma bimodal, marzo a mayo y septiembre a noviembre, (PBOT, 2000-2006) siendo este último el pico más alto de régimen de lluvias en el cual se presentan mayores incidentes, según lo reportado por la Corporación Autónoma Regional del Quindío, en su estudio de priorización de áreas de importancia estratégica para la conservación del recurso hídrico realizado sobre 23 microcuencas abastecedoras de acueductos en el departamento del Quindío, (CRQ, 2016), se reportó en el caso de la cuenca del río Roble, que la conductividad hidráulica saturada y retención de humedad, varía en función de la cobertura vegetal de la zona, teniendo en cuenta que la condición de pastos que se presenta a lo largo de la cuenca, reduce la capacidad de retención incidiendo en la desregulación provocando caudales máximos más altos y caudales mínimos más bajos, por esta razón se hace necesario, identificar el riesgo presente de inundación en el municipio en los meses de mayor cantidad de lluvias como lo es noviembre.

Figura 1. Ubicación geográfica de Montenegro Quindío



Fuente: Quindio.gov.co

## **Sistemas de Información Geográfica y su importancia en el ordenamiento territorial.**

Los SIG son una herramienta digital que integra en su esencia diversas funcionalidades requeridas para el trabajo de datos geográficos, donde se incorporan capacidades variadas con el propósito de organizar, integrar, modelar y analizar datos, esto con el fin de generar mapas digitales que contienen información precisa y específica con respecto al proyecto que se desea trabajar (Olaya, V 2020).

Según (Alberdi, R., y Erba, D. 2022), los componentes básicos del SIG usados por la gran mayoría son:

- ❖ Datos: sobre los cuales se organizará la información.
- ❖ Métodos: actividades empleadas para el proceso de datos y la organización del sistema de información geográfica - SIG.
- ❖ Software: Programa informático que permite el funcionamiento de dispositivos para la ejecución de herramientas.
- ❖ Hardware: parte física de un sistema informático, este es el soporte para el desarrollo óptimo del software.
- ❖ Personas: parte fundamental para la ejecución de cualquier programa o procedimiento, de forma correcta y dentro de los tiempos y parámetro requeridos.

## **Objetivos**

### **General**

Estudiar el riesgo de inundación, durante el mes de noviembre en el municipio de Montenegro, Quindío, mediante el uso de sistema de información geográfica (SIG)

## Específicos

- ❖ Generar mapa de categorías según el nivel de riesgo de inundación presentado en el municipio de Montenegro, Quindío.
- ❖ Identificar los distintos niveles de riesgos de inundación que presenta el municipio de Montenegro, Quindío.
- ❖ Determinar el porcentaje cada uno de los niveles de riesgo de inundación del municipio de Montenegro, Quindío.

## Identificación del caso de estudio

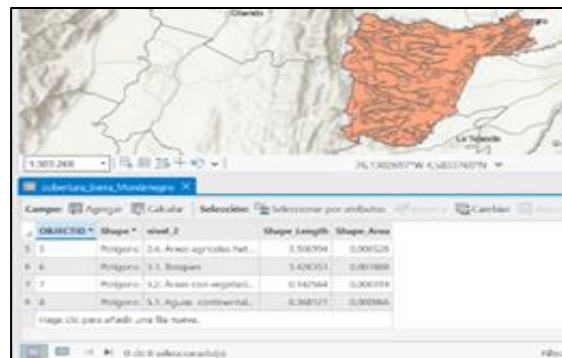
El municipio de Montenegro se encuentra a 1424 msnm, cuenta con un clima templado en sus partes altas y montañosas donde predomina un ecosistema de bosque húmedo montano y un clima cálido en aquellas zonas por debajo de los 1000 msnm, en donde el ecosistema predominante es de bosque muy húmedo pre-montano. Montoya Sarmiento, J. (2015). La precipitación promedio es 2739 mm al año, distribuidos en un régimen de lluvias bimodal, el cual alimenta sus dos principales fuentes hídricas que son el río el roble, con un caudal de 339.14 lt/seg y el río espejo con 79.32lt/seg, ambos desembocan posteriormente en el río la vieja. (CRQ, 2007-2011). La corporación Autónoma Regional del Quindío, lleva a cabo procesos de reforestación a lo largo de la cuenca del río Roble, con el fin de mitigar el impacto en los meses de más lluvia.

## Metodología

La zona objeto de estudio del riesgo de inundación es el municipio de Montenegro departamento del Quindío, empleando el Software de información geográfica ArcGIS pro, y a su vez el método de Análisis multicriterio, geoproceto que permite

“observar, estudiar, simplificar y evaluar las diversas alternativas de solución por medio de metodologías concretas a un problema identificado” (Osorio Martínez, I. M. 2021), se realizó la recopilación de información a través del Geoportal de IGAC, en la cartografía básico fue posible encontrar el mapa Base de datos Vectorial Básica de Colombia en escala 1:100.000 del año 2014, de allí fue posible extraer a través de programa ArcGIS pro, la capa de coberturas del suelo del municipio de Montenegro, Quindío, donde se puede evidenciar cada una de las actividades económicas y/o usos que se le dan al territorio.

Figura 2. Capa Cobertura de tierras - Montenegro



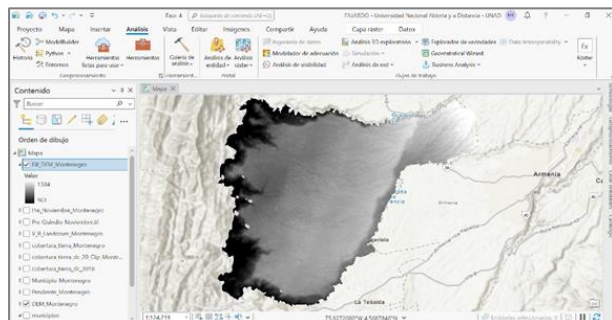
Fuente. Elaboración propia, 2024

Posteriormente se tomaron los datos de precipitación del mes de noviembre del municipio de Montenegro, Quindío de página del instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales de donde se extrajeron datos de pluviosidad mes a mes, en donde se logró identificar que noviembre es el mes mayores precipitaciones durante el año.

Se obtuvo una tercera capa que corresponde al Modelo de Elevación Digital (DEM) del municipio, el cual nos permite ver caracterizar las formas y el relieve presente en el territorio. Estos DEM, son obtenidos por imágenes

satelitales tomadas por la NASA y la cuales son de uso libre en plataformas como ASTER, EOSDIS y USGS.

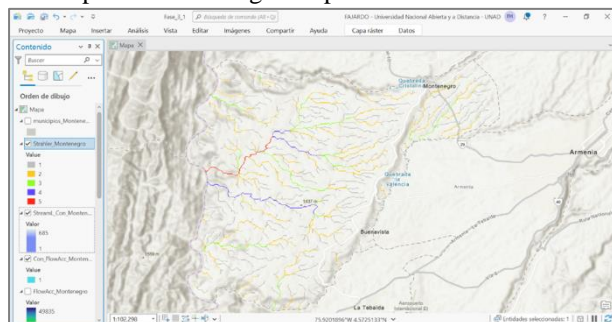
Figura 3. Capa modelo de elevación digital DEM - Montenegro



Fuente. Elaboración propia, 2024

De la misma cartografía básica obtenida del Geoportal del IGAC, fue posible obtener la cuarta capa, la cual hace referencia a el mapa de ríos y drenajes que se encuentran en el municipio.

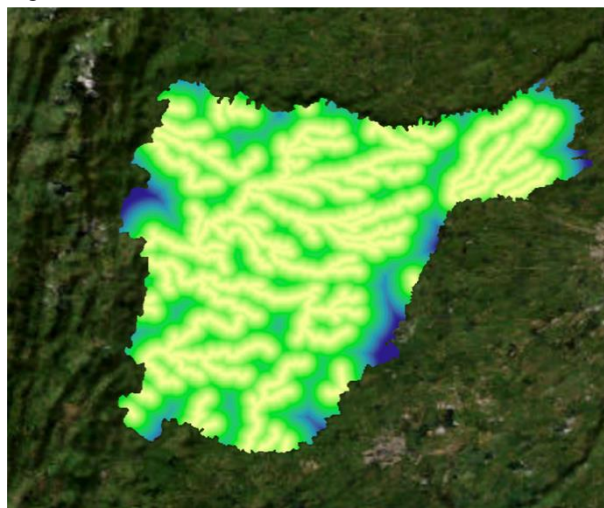
Figura 4. Determinación del orden de las subcuencas del municipio de Montenegro empleando el método Strahler



Fuente. Elaboración propia, 2024

Por último, y con base en la información de la cuarta capa, se realizó varios geoprocursos en la plataforma ArcGIS pro, para obtener un gráfico del distanciamiento prudencial que se le deben dar a ríos y quebradas, para su manejo ambiental, que para este caso fue de 30 metros.

Figura 5. Distanciamiento fuentes hídricas a 30 metros



Fuente. Elaboración propia, 2024

Con la información de estas cinco capas, se realizó un análisis multicriterio, con el fin de clasificar los riesgos y factores asociados a una inundación, puntuando de 1 a 10, siendo que a mayor número mayor riesgo de inundación. Es decir, aquellas zonas que presentan un menor grado de inclinación, (planas) se les considera más susceptibles de inundación; así mismo aquellas zonas por las cuales circula un número considerable de corrientes de agua, ríos, quebradas, es posible que en épocas de lluvia presente un mayor riesgo de desbordamiento y causen inundación. Con el mapa de coberturas se presente observar las actividades económicas que se generan en aquellos territorios que son vulnerables de inundación.

Con la información recopilada se desarrolla la modelación y aplicación del ordenamiento agroambiental, por medio de los análisis de multicriterio, a través del software ArcGIS pro, Para la determinación del riesgo por inundación del municipio de Montenegro, Quindío, para lo cual se aplicaron los siguientes análisis multicriterio.

Tabla 1. Factores de modelación y aplicación del ordenamiento agroambiental para el municipio de Montenegro, Quindío.

Factor	Porcentaje
Modelo de elevación digital DEM	10%
Pendientes	15%
Cobertura de tierras (Land cover)	10%
Precipitación	35%
Distancia entre Drenajes	30%
Total	100%

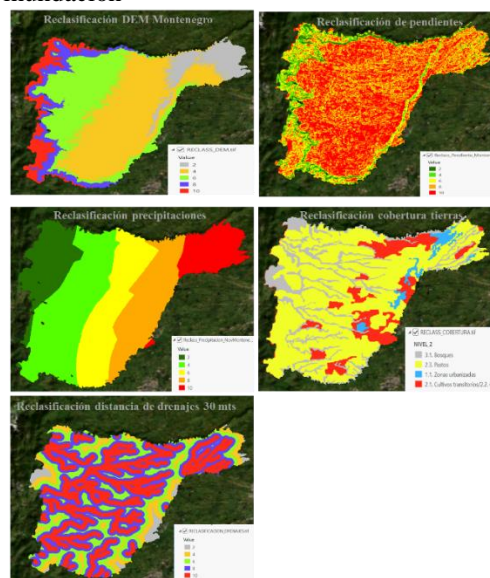
Fuente. Elaboración propia, 2024

La modelación riesgo por inundación con el análisis multicriterio se desarrollado con siguientes reclasificaciones.

- ❖ Reclasificación DEM, municipio.
- ❖ Reclasificación Pendientes.
- ❖ Reclasificación precipitaciones.
- ❖ Reclasificación cobertura de tierras.
- ❖ Reclasificación distancia de drenajes.

Generando como resultado el mapa cualitativo, al cual se le asignan colores de acuerdo con el riesgo de inundación que presenta el municipio de Montenegro, Quindío.

Figura 6. Reclasificaciones para la modelación del riesgo por inundación

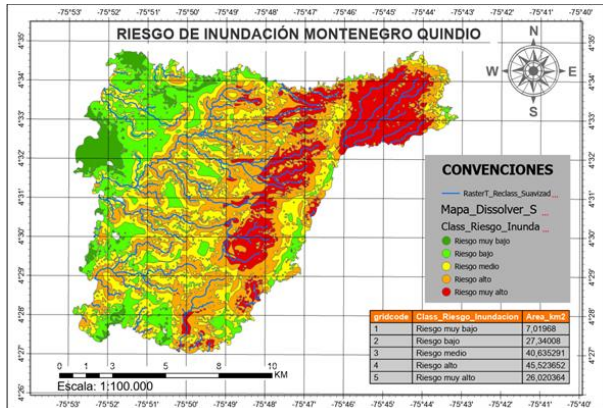


Fuente. Elaboración propia, 2024

## Resultados

Desarrollados los procesos con cada una de las variables evaluadas y una vez generado el mapa de riesgo de inundación del municipio e Montenegro, Quindío a través del software ArcGIS pro, se puede identificar que este municipio presenta diversos riesgos de inundación, así: el riesgo de inundación crítico identificado fue el alto y muy alto, los cuales suman 71,54 Km<sup>2</sup>, representando un 48,9% de la totalidad del extensión municipio, de igual forma se identificó el riesgo de inundación medio, el cual cubre 40,63 Km<sup>2</sup>, representando un 27,7% de la totalidad del extensión municipio y por ultimo pero no menos importante se identificó el riesgo de inundación muy bajo y bajo, los cuales suman 34,36 Km<sup>2</sup>, representando un 23,5% de la totalidad del extensión municipio, información que se describe de forma gráfica en la tabla 1 y figura 5.

Figura 7. Mapa de riesgo de inundación en Montenegro Quindío.



Fuente. Elaboración propia, 2024

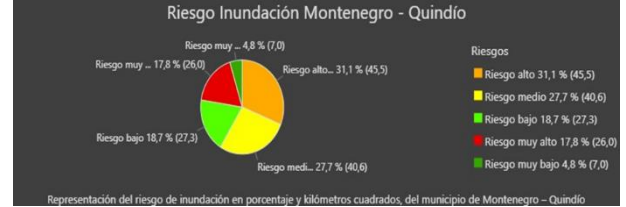
Con el estudio realizado, se pueden identificar que la cabecera municipal (área urbana) del municipio de Montenegro, Quindío se encuentra entre las cuencas del Rio Espejo y Rio Roble, a su vez lo atraviesan las fuentes hídricas denominadas “quebrada arabia y quebrada cajones y al sur de la cabecera municipal limita con las fuentes hídricas denominadas quebrada Risaralda, quebrada la araucana y quebrada san juan” (Monsalve, D. M. C., & Arango, G. I. D. 2021).

Tabla 2. Resultado riesgo de inundación por del municipio de Montenegro, Quindío

gridcode	Class_Riesgo_Inundacion	Area_km2	Color asignado
1	Riesgo muy bajo	7,019	Verde
2	Riesgo bajo	27,34	Amarillo
3	Riesgo medio	40,63	Naranja
4	Riesgo alto	45,52	Rojo
5	Riesgo muy alto	26,02	Rojo oscuro

Fuente. Elaboración propia, 2024

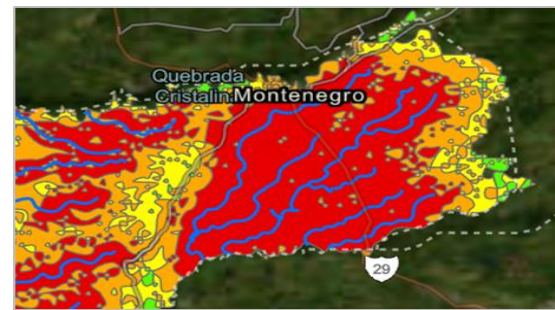
Figura 8. Resultado en porcentajes del riesgo de inundación por del municipio de Montenegro – Quindío



Fuente. Elaboración propia, 2024

Factores que representan un riesgo de inundación muy alto para el área urbana de este municipio. Ver figura 9.

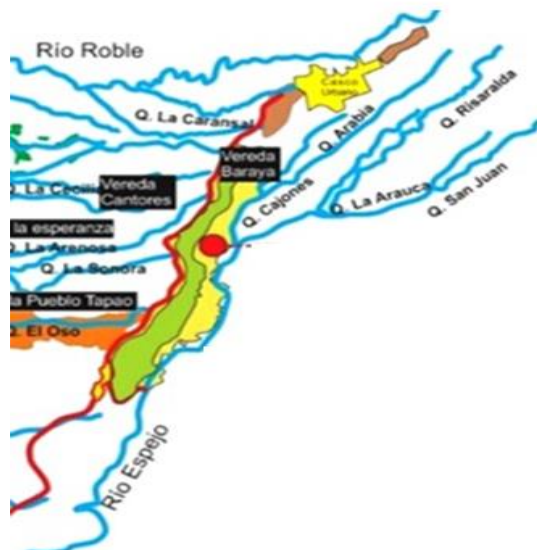
Figura 9. Representación gráfica riesgo de inundación del Montenegro, Quindío



Fuente. Elaboración propia, 2024

Como resultado del análisis se evidencia la necesidad de establecer actividades de mitigación del riesgo de inundación en la zona urbana del municipio, dado que se encuentra dentro de las categorías 4 y 5, riesgo alto y muy alto de inundación. Hecho que se puede evidenciar también en la figura 10, en donde se ve de manera clara las fuentes de agua que atraviesan en el caso urbano, es de recordar que la subcuenca del rio roble y la subcuenca del rio espejo son tributarias aguas abajo, del rio la vieja, por esta razón es muy posible que en épocas de lluvia se presenten crecientes súbitas y algunos deslizamientos.

Figura 10. Representación fuentes hídricas cabecera municipal Montenegro, Quindío



Fuente. Monsalve, D.M.C., & Arango, G.I.D. (2021)

## Conclusiones

Durante el desarrollo del presente estudio se logró identificar el municipio de Montenegro, Quindío, en toda su extensión presenta niveles de riesgos muy bajos, bajos, medio, alto y muy alto de inundación, predominando el riesgo de inundación alto y muy alto.

Se logró determinar el porcentaje que presentan los niveles de riesgo de inundación del municipio de Montenegro, Quindío, así: riesgos muy bajos 4,8%, bajos 18,7%, medio 27,7%, alto 31,1% y muy alto 17,8%.

Con el desarrollo del presente estudio se logró generar mapa de categorías según el nivel de riesgo de inundación presentado en el municipio de Montenegro, Quindío, Véase figura. 7. Identificando un riesgo latente en el caso urbano, al estar rodeado por los ríos el Roble y el Espejo, además de tener muy cerca a las quebradas Arabia y Cajones.

Las coberturas vegetales alrededor de estos ríos son en su mayoría pastizales, y algunos parches de bosque, en donde se corrobora los resultados del estudio realizado por la Corporación Autónoma Regional del Quindío, en donde se menciona que los bosques aledaños a fuentes hídricas tienen mayor capacidad de contención y retención de agua evitando sequías extremas y corrientes súbitas más aún al tratarse de zona montañosas.

## Recomendaciones

De acuerdo con el presente estudio desarrollado y evidenciando que gran parte de la extensión del municipio de Montenegro, Quindío se encuentra en un riesgo alto y muy alto de inundación, es considerable desarrollar actividades que permitan desarrollar una adecuada planeación para la distribución y ordenamiento territorial, entre estas podemos mencionar las siguientes:

- ❖ Conservación de los bosques y su reforestación, ya son factor fundamental en la conservación de recurso hídrico y barreras de contención a la erosión del terreno (Barrios Peña, M. I., Mejía Díaz, L. M., & Olaya Marín, E. J. 2020).
- ❖ Una adecuada delimitación y conservación de la frontera de producción agrícola, lo cual impacta positivamente en la conservación de la oferta ambiental, especies y protección a los suelos.
- ❖ La implementación de la mecanización agrícola se debe desarrollar con una adecuada planeación y proyección, teniendo como referencia los periodos de alta precipitación en Montenegro, Quindío.

- ❖ Teniendo en cuenta que la Zona urbana del municipio de Montenegro, Quindío se encuentra en riesgo muy alto de inundación, se debe realizar una adecuada planificación urbanística, evitando construcciones en cercanías de las fuentes hídricas, si como la construcción sistemas de drenajes que soporten la demanda de agua generada por las escorrentías en periodos de altas precipitaciones.
- ❖ Implementación de programas de sensibilización a las personas sobre la restauración y conservación de los ecosistemas naturales.

### Referencias bibliográficas

Agudelo, C. B., & Moya, E. D. S. (2020). Un análisis sobre las condiciones de vida y desarrollo humano en los habitantes de la zona de influencia turística del Parque del Café. *Ciencia y Universidad*, 107-134

Alberdi, R., y Erba, D. (2022). Capítulo 2 Introducción a los Sistemas de Información Geográfica. En R. Alberdi (Ed), *Introducción a los Sistemas de Información Geográfica (SIG) aplicados al catastro*. Universidad Católica de Santa Fe.

Barrios Peña, M. I., Mejía Díaz, L. M., & Olaya Marín, E. J. (2020). *Estrategias de conservación del recurso hídrico superficial: elementos conceptuales y metodológicos con aplicación a fuentes hídricas del Quindío (Colombia)*. Sello Editorial Universidad del Tolima

Corporación Autónoma Regional del Quindío. *Plan de Manejo Subcuenca Río Roble*. CRQ. 2011

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. *Tiempo y Clima*  
<http://archivo.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/clima>

Instituto geográfico Agustín Codazzi IGAC, Colombia en mapas  
<https://www.colombiaenmapas.gov.co/>

Instituto geográfico Agustín Codazzi IGAC. *Geoportal. Datos Abiertos Agrología*  
<https://geoportal.igac.gov.co/contenido/datos-abiertos-agrologia>

Monsalve, D. M. C., & Arango, G. I. D. (2021). La transformación del paisaje urbano rural del municipio de Montenegro, Quindío. *Módulo arquitectura-CUC*, 26, 191-216

Montoya Sarmiento, J. (2015). *Plan de manejo ambiental de la finca las veraneras, Montenegro, Quindío*. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira.

*Plan Básico de Ordenamiento Territorial de Montenegro-Quindío PBOT. 2000 - 2006*

Olaya, V (2020). *Sistemas de Información Geográfica*. Open Library.

Osorio Martínez, I. M. *Evaluación del peligro por inundación en la Subcuenca Quebrada Juy (Córdoba) mediante de análisis Multicriterio Espacial*

*Priorización de áreas de importancia estratégica para la conservación del recurso hídrico realizado sobre 23 microcuencas abastecedoras de acueductos en el departamento del Quindío, (CRQ, 2016)*.

Resolución No. 471 DE 2020 del 11 de mayo del 2020, Por medio de la cual se establecen las especificaciones técnicas mínimas que deben tener los productos de la cartografía básica oficial de Colombia

Science for a changing worls - USGS.  
Geoportal. Explorador de la tierra  
<https://earthexplorer.usgs.gov/>

**Enlace de sustentación:** <https://youtu.be/-oAl-CDmzE>