

# ANÁLISIS DE RIESGO DE INUNDACIÓN APLICANDO EL ANÁLISIS MULTICRITERIO DE ORDENAMIENTO AGROAMBIENTAL CON BASE EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN EL MUNICIPIO DE CHAPARRAL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA.

Laura Daniela Garay Guarnizo, [ldgarayg@unadvirtual.edu.co](mailto:ldgarayg@unadvirtual.edu.co)

Geralldine Sanchez Londoño, [gsanchezlo@unadvirtual.edu.co](mailto:gsanchezlo@unadvirtual.edu.co)

Javier Eduardo Gutiérrez Guarnizo, [jegutierrezgua@unadvirtual.edu.co](mailto:jegutierrezgua@unadvirtual.edu.co)

Luis Alejandro Ospina Sánchez, [luisa.ospina@unad.edu.co](mailto:luisa.ospina@unad.edu.co)

## Resumen

En el presente documento se realiza un análisis multicriterio donde se ponderan en 5 factores para generar un mapa de riesgo de inundaciones, donde cada mapa generado es reclasificado de una escala de 1 a 5 para que sea común y poder generar una ponderación final. En este estudio se evidenció que el municipio tiene un alto riesgo de inundación por las variables físicas y ambientales que presenta el territorio.

*Palabras claves:* Riesgo Inundación; Multicriterio; Municipio de Chaparral.

## Introducción

El municipio de Chaparral enfrenta una creciente amenaza de inundaciones debido a las características físicas y ambientales de su territorio. Estas condiciones hacen necesaria la implementación de herramientas que permitan identificar y gestionar las áreas más vulnerables. En este contexto, los mapas de riesgo se convierten en un recurso clave para la planificación y la toma de decisiones, proporcionando una visión integral de los factores que contribuyen al riesgo de inundación.

Este trabajo tiene como objetivo desarrollar un mapa de riesgos de inundación mediante un análisis multicriterio, evaluando cinco factores relevantes. Cada uno de estos factores ha sido reclasificado en una escala común de 1 a 5 para facilitar su integración y generar una ponderación final. Los resultados evidencian la alta susceptibilidad del municipio, subrayando

la necesidad de estrategias de mitigación y adaptación frente a esta problemática.

## Objetivos

### General

Evaluar el riesgo de inundación en el municipio de Chaparral, Tolima, mediante la aplicación de una zonificación ambiental basada en un análisis multicriterio apoyado en los Sistemas de Información Geográfica (SIG), generando una clasificación del territorio en función del riesgo, con el fin la planificación territorial y la gestión del riesgo.

### Específicos

Identificar las variables físicas y ambientales relevantes para la evaluación del riesgo de inundación del municipio de Chaparral.

Procesar los datos geográficos mediante análisis geoespaciales con el SIG para la generación de mapas temáticos y de riesgos que permita visualizar las áreas vulnerables.

Realizar la zonificación del riesgo de inundación del municipio de Chaparral,

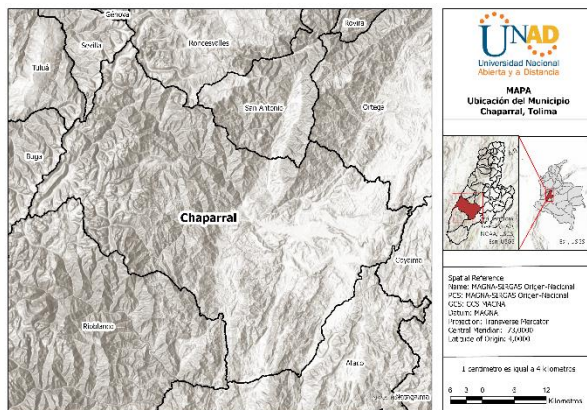
validando los resultados y proponiendo su aplicación para la planificación del territorio y su gestión del riesgo.

### Identificación del caso de estudio

El municipio de Chaparral se encuentra localizado en el departamento del Tolima, a 4°55' Latitud Norte y 75°07' Longitud Oeste. Limita al norte con los municipios de Roncesvalles, San Antonio y Ortega; al oriente limita con los municipios de Coyaima y Ataco; al occidente con el departamento del Valle del Cauca y al sur con los municipios de Rioblanco y parte de ataco. Posee un área urbana compuesto por 37 barrios y un área rural conformado por 5 corregimientos y 151 veredas. Cuenta con una población de 54.809 personas para el 2024 según las bases de datos de demografía y población del DANE, en la plataforma TerriData (IDR, 2024).

#### Figura 1.

Mapa de ubicación del municipio de Chaparral.



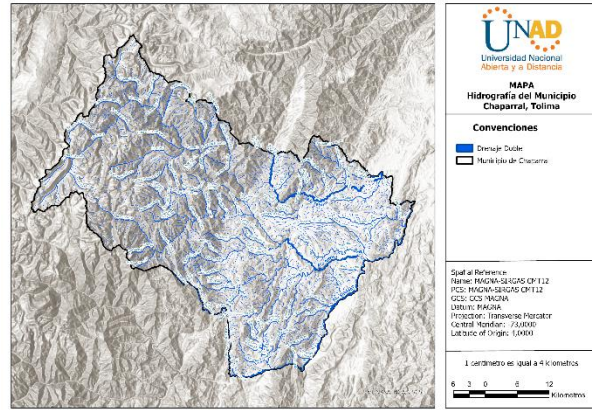
**Fuente.** Elaboración propia.

El municipio cuenta con una superficie de 2,124Km, contando con 6,28 Km<sup>2</sup> en la parte urbana y 2.117,72 Km<sup>2</sup> en su área rural. Por otro lado, también hace parte del Macizo Colombiano, considerado como como Parque Nacional Natural, con diversidad de paisajes, flora y fauna; con una gran importancia por ser productor de agua, donde nacen los ríos

Amoyá, Mendarco, Irco, Ambeima, entre otros. S economía gira en torno a la vocación agropecuaria y el turismo (CMGRD, 2021).

#### Figura 2.

Mapa de drenajes del municipio de Chaparral.



**Fuente.** Elaboración propia.

Tiene una temperatura media de 30°C en la zona plana y de 24°C en las zonas de cordillera. Su cabecera se encuentra a 348 m.s.n.m en la zona plana, la cual representa el 90% del municipio, y en el 10% se encuentra en la cordillera central a 854 m.s.n.m en promedio. (CORTOLIMA, 2022)

### Metodología

En la presente investigación, se desarrolló un mapa de riesgos por inundación del municipio de Chaparral, el cual fue elaborado en diferentes etapas y trabajados mediante los SIG a través del software con licencia estudiantil llamado ArcGIS PRO usando un análisis multicriterio donde desde diferentes variables se realiza el mapeo de inundaciones.

#### Fase de alistamiento

En esta fase se realizó una búsqueda de información tanto bibliográfica como de insumos cartográficos para la elaboración de los geoprocursos necesarios para realizar el análisis. En esta se recabó la cartografía base que comprende datos vectoriales como las capas de división política departamental y municipal, la

hidrografía del terreno, información temática como las coberturas de suelos del departamento de Tolima; además de información Ráster la cual permitió generar información con buena precisión, entre esta se encuentra un Modelos de Elevación Digital (MED o DEM) del Tolima; datos de precipitación.

### **Análisis multicriterio**

Para el análisis y clasificación cualitativa de las variables multicriterio se evaluarán los siguientes factores para la determinación del riesgo de inundación en el municipio de Chaparral. En la siguiente tabla se muestran los ponderados.

El análisis multicriterio se basa en 5 factores del análisis de riesgo de inundación, así como su ponderado o peso que cada uno representa, proporcional a su importancia en el análisis, para aplicar el modelo multicriterio.

#### **Tabla 1.**

Criterios de análisis para riesgo de inundación.

<b>Factor</b>	<b>Porcentaje</b>
Modelo de elevación digital DEM	10%
Pendientes	15%
Cobertura de tierras (Land Cover)	10%
Precipitación	35%
Distancia entre drenajes	30%
<b>Total</b>	<b>100%</b>

**Fuente.** Adaptado de “Guía de actividades y rúbrica de evaluación – Fase 4 Modelación agroambiental del territorio” UNAD, 2024.

Por otro lado para la reclasificación de los cualitativa y cuantitativa de los factores a evaluar en el multicriterio, se propone las contenidas en la tabla 2 generando una escala común en todas las capas a usar para la modelación.

#### **Tabla 2.**

Estimación de clasificación cualitativa y cuantitativa.

<b>Clasificación Cualitativa</b>	<b>Valores</b>
Riesgo muy bajo	2
Riesgo bajo	4
Riesgo medio	6
Riesgo alto	8
Riesgo muy alto	10

**Fuente.** Adaptado de “Guía de actividades y rúbrica de evaluación – Fase 4 Modelación agroambiental del territorio” UNAD, 2024.

### **Generación de oferta ambiental**

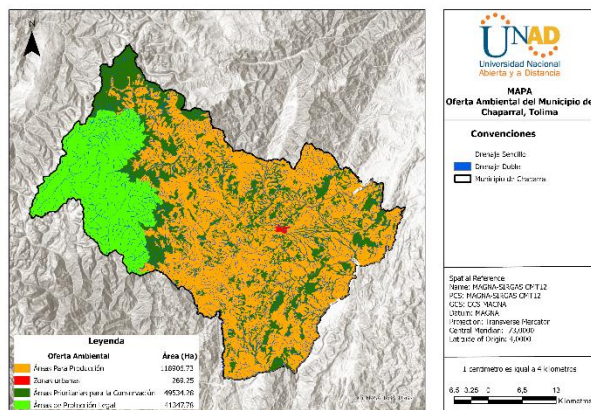
La oferta ambiental se puede entender como la riqueza en términos ambientales que puede poseer un territorio, para el caso, el municipio de Chaparral. En esta se incluyen todos aquellos servicios ambientales, potencialidades del territorio, oportunidades de desarrollo y procesos de dinamización de la economía local acorde con los recursos naturales disponibles (Fondo Patrimonio Natural, 2024).

Para generar un mapa de oferta ambiental (OA), se realizaron varios geoprocursos, obteniendo en primer lugar la OA del Tolima al realizar un *clip* a la capa inicial de la región. Seguido, se procesó el resultado con un *dissolve* para agrupar las entidades asociadas a una misma categoría y generalizar áreas para su posterior análisis. Una vez agrupado, se realiza una extracción de las “Áreas para producción” y se somete a una *Symmetrical difference* para separar esta de las áreas de interés ambiental y restricción legal.

Una vez realizado esto se procede a calcular áreas y se obtiene el mapa de la oferta ambiental del municipio de Chaparral (figura 1)

#### **Figura 3.**

Mapa de oferta ambiental del municipio de Chaparral.



**Fuente.** Elaboración propia.

Como resultado se obtuvo la caracterización de la oferta ambiental en el municipio (ver Tabla 3) donde se observa que el 56,6% del territorio están aptos para ser áreas de producción; las áreas urbanas son muy pocas debido a que solo el 0,1% ocupa del territorio y el restante están divididas en áreas para la conservación con un 23,6% y un 19,7% del del área como área de protección legal, ya que posee parte del Parque Nacional Natural (PNN) Las Hermosas, el cual comparte con el departamento del Valle del Cauca, generando que más del 40% están ofertados para la protección del ambiente.

**Tabla 3.**

Áreas de la oferta ambiental en el municipio.

Oferta Ambiental	Area (Ha)	% Área
Áreas Para Producción	118.906,7	56,6
Zonas Urbanas	269,3	0,1
Áreas Prioritarias para la Conservación	49.534,3	23,6
Áreas de Protección Legal	41.347,8	19,7
<b>Total</b>	<b>210.058</b>	<b>100</b>

**Fuente.** Elaboración propia.

## VARIABLES FÍSICAS

### Pendiente del relieve

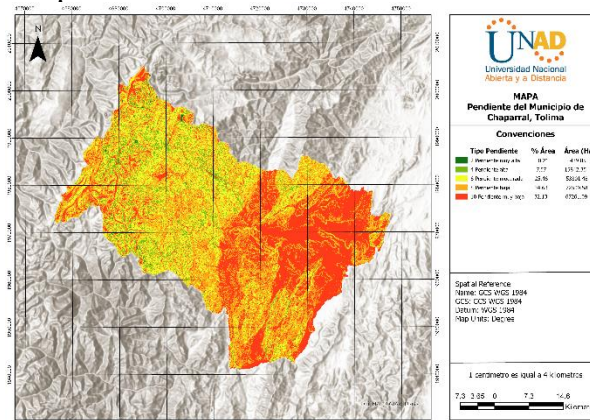
Para la generación del mapa de pendientes del municipio de Chaparral, se usaron herramientas de análisis espacial de ArcGIS PRO, donde se realizó un tratamiento previo al DEM de la

región, este consiste en realizar un Fill o relleno al ráster para evitar pixeles vacíos en la matriz de la capa y evitar errores en la generación de productos cartográficos posteriores.

Una vez realizado, se generó el ráster del municipio usando una extracción por máscaras, de las herramientas de análisis espacial. Una vez obtenida, se procede a reclasificar el ráster a 5 clases por el método Jenks, esto genera 5 clases las cuales son ajustadas a la tabla 2, dadas en orden descendentes de 10, 8, 6, 4 y 2; donde 2 representa las zonas con mayor elevación, las cuales representan un riesgo muy bajo de inundación y se genera una situación opuesta con el valor de 10, son zonas con menor elevación y representan un riesgo muy alto de inundación, al ser zonas planas que dificulta un buen drenaje en caso de inundaciones por lluvias torrenciales, desbordamiento de ríos, u otro fenómeno natural. Para calcular el área y generar el mapa de pendientes (Figura 4) fue necesario convertir de ráster a polígono.

**Figura 4.**

Mapa de pendientes del municipio de Chaparral.



**Fuente.** Elaboración propia.

En la tabla 4 se puede observar que más del 60% del municipio posee una pendiente baja a muy baja, seguida de un 25% de una pendiente moderada y casi un 8% de pendientes entre alta y muy alta.

**Tabla 4.**  
Áreas de la oferta ambiental en el municipio.

Pendientes	Area (Ha)	% Área
2 - Pendiente muy alta	439,5	0,2
4- Pendiente alta	15.842,4	7,6
6 - Pendiente moderada	53.301,5	25,5
8 - Pendiente baja	72.509,6	34,6
10 - Pendiente muy baja	67.261,1	32,1
<b>Total</b>	<b>209.354,0</b>	<b>100,0</b>

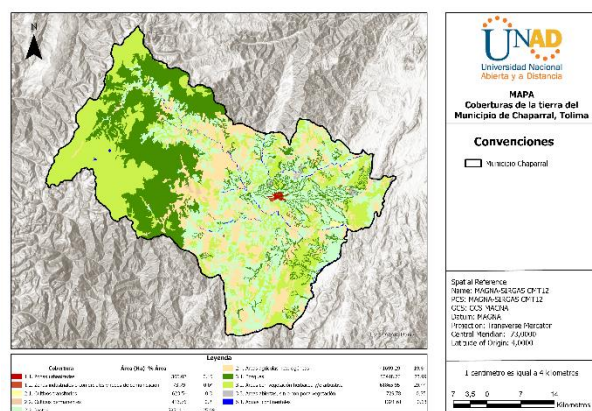
**Fuente.** Elaboración propia.

### Cobertura de la tierra

Para generar el mapa de coberturas de la tierra, se partió de una capa general del departamento, de coberturas de la tierra siguiendo la metodología Corine Land Cover (CLC) adaptada para Colombia, la cual clasifica y codifica por colores, códigos y jerarquías las coberturas terrestres, tanto de la parte natural como de la parte artificial.

Para esto se realizaron intersecciones para obtener las coberturas del municipio y se reagruparon según su cobertura con un dissolve para poder calcular el área. Obteniéndose el mapa de coberturas como se muestra en la figura 5.

**Figura 5.**  
Mapa de coberturas del municipio de Chaparral.



**Fuente.** Elaboración propia.

El proceso arrojó entonces (Tabla 5) que el municipio posee gran cantidad de área en pastos y áreas con vegetación herbáceas y/o arbustivas llegando más del 50% de su área en estas dos coberturas, seguida se encuentra a cobertura boscosa con un 23,9%; se encuentra también que un 20% aproximadamente está en áreas agrícolas heterogéneas y cultivos permanentes y transitorios. En coberturas artificiales solo se alcanza un 0,2% del territorio.

**Tabla 5.**  
Áreas de coberturas de la tierra en el municipio.

Coberturas	Área (Ha)	% Área
1.1. Zonas urbanizadas	306,0	0,2
1.2. Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	73,8	0,0
2.1. Cultivos transitorios	623,5	0,3
2.2. Cultivos permanentes	413,8	0,2
2.3. Pastos	52.701,1	25,1
2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	41.699,3	19,8
3.1. Bosques	50418,76	23,99
3.2. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	61.866,0	29,4
3.3. Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	729,8	0,4
5.1. Aguas continentales	1.321,6	0,6
<b>Total</b>	<b>210.153,6</b>	<b>100,0</b>

**Fuente.** Elaboración propia.

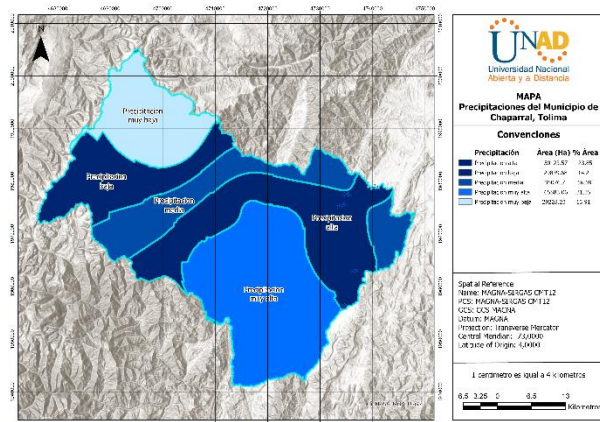
### Precipitaciones

Para obtener el mapa de precipitaciones (Figura 6) se procesó el Ráster de precipitaciones, extrayendo una máscara para generar el área del municipio de chaparral, el cual fue luego reclasificado de acuerdo con la clasificación de la tabla 2, donde la clase 2 refiere a precipitaciones muy bajas y la 10,

precipitaciones muy altas. Para poder realizar una medición de áreas, se hizo una conversión de ráster a polígono.

**Figura 6.**

Mapa de precipitaciones del municipio de Chaparral.



**Fuente.** Elaboración propia.

El mapa presentó que un 55% aproximadamente del área del municipio de Chaparral posee precipitaciones altas y muy altas, un 16% fueron precipitaciones medias, un 14% precipitaciones bajas y un 13,9% precipitaciones muy bajas (Tabla 6), dando a conocer que el municipio posee una indicie de lluvias alto.

**Tabla 6.**

Precipitación en el municipio.

Clase	Precipitación	Área (Ha)	% Área
2	Precipitación muy baja	29228,23	13,91%
4	Precipitación baja	29839,68	14,20%
6	Precipitación media	35076,71	16,69%
8	Precipitación alta	50123,57	23,85%
10	Precipitación muy alta	65883,06	31,35%
<b>Total</b>		<b>210151,25</b>	<b>100,00%</b>

**Fuente.** Elaboración propia.

**Mapa de riesgos de inundaciones**

Finalmente, teniendo los insumos anteriores, los factores ráster reclasificados se procede a generar el mapa de riesgos de inundaciones por

medio de una suma ponderada en función de los pesos de los porcentajes dados en la tabla 1, siendo posible con esta herramienta de análisis espacial. Una vez se genera, se procede a reclasificarla.

**Tabla 7.**

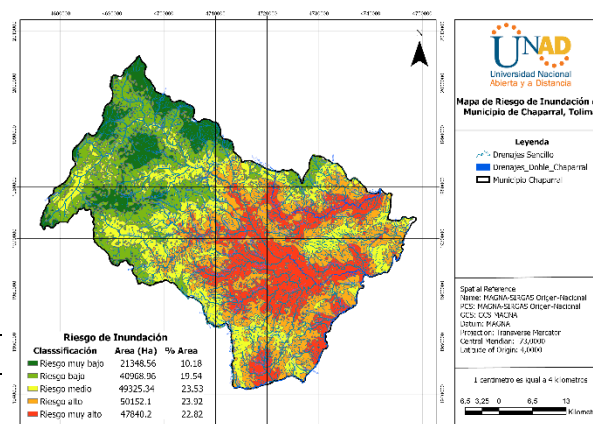
reclasificación de riesgo de inundación.

Clasificación cualitativa	Valores	Simbología
Riesgo muy bajo	1	[Verde oscuro]
Riesgo bajo	2	[Verde claro]
Riesgo medio	3	[Amarillo]
Riesgo alto	4	[Naranja]
Riesgo muy alto	5	[Rojo]

**Fuente.** Adaptado de “Guía de actividades y rúbrica de evaluación – Fase 4 Modelación agroambiental del territorio” UNAD, 2024.

**Figura 7.**

Mapa de riesgos de inundaciones del municipio de Chaparral.



**Fuente.** Elaboración propia.

Y para la generación de áreas, se realiza una conversión de Ráster a polígono, lo cual permite analizar el estado del municipio, zonificar por riesgo de inundación el territorio. Como resultado se muestra que el 45% se encuentra en riesgo alto a muy alto; un 23,5 % en riesgo medio y un 29% aproximadamente en riesgo muy bajo a bajo(Ver Tabla 8).

**Tabla 8.**

Riesgos de inundación en el municipio.

Riesgo de Inundación	Area (Ha)	% Área
Riesgo muy bajo	21.348,6	10,2
Riesgo bajo	40.969,0	19,5
Riesgo medio	49.325,3	23,5
Riesgo alto	50.152,1	23,9
Riesgo muy alto	47.840,2	22,8
<b>Total</b>	<b>209.635,2</b>	<b>100,0</b>

**Fuente.** Elaboración propia.

### Resultados

Como resultado de la zonificación se tiene que hay concordancia en que la mayor parte del Municipio de Chaparral se encuentre en Riesgo alto de inundación ya que de acuerdo con la figura 4, muestra que la mayor parte del municipio es terreno plano, el cual es el más propenso a encharcamientos y con los niveles de precipitación tan altos que se presentan por estas zonas (ver figura 6), el agua tiende a represarse afectando el lugar.

Por otro lado, este encharcamiento o inundación, tiene a afectar enormemente la economía del municipio debido a que más del 50% del territorio está en actividades agropecuarias según el mapa de coberturas (Figura 5) y el mapa de oferta ambiental (Figura 3) lo que conlleva a ser un problema para tener en cuenta para las llegadas de olas invernales, pudiendo haber en algún momento pérdida de cosechas afectaciones económicas a las familias que viven del

### Conclusiones

El análisis multicriterio es una herramienta poderosa que posee la cualidad de realizar análisis multidimensionales, dependiendo de los factores que se usen, pueden ser usado en todas las áreas. Para el caso, se logra concretar que el municipio de Chaparral, en el

departamento d el Tolima se encuentra en una situación de riesgo alto por inundaciones, debido a su relieve y las dinámicas económicas y sociales, pueden generar graves afectaciones al estilo de vida de la población.

### Recomendaciones

El terreno plano, las grandes extensiones de cultivos agrícolas, las altas precipitaciones son factores que se deben tener en cuenta y la administración municipal debe emplear estrategias de monitoreos para las inundaciones y planes de contingencia y emergencia para contrarrestar los efectos nocivos.

### Enlace de sustentación:

<https://youtu.be/F20jNO3I-4A>

### Referencias

- American Psychological Association. (s.f.). *Style and Grammar Guidelines*. Retrieved 17 de enero de 2020, from Apastyle: <https://apastyle.apa.org/style-grammar-guidelines>
- 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.
- CMGRD. (2021). *Plan de Contingencia Municipal Simplificado en Incendios Forestales, Municipio de Chaparral, Tolima*. CONSEJO MUNICIPAL PARA LA GESTION DEL RIESGO DE DESASTRES. <https://cortolima.gov.co/images/Gestio>

- n\_riesgo\_PMGRD/2022/PCSIF/PCMS  
IF\_CHAPARRAL\_1.pdf
- CORTOLIMA. (2022). *AJUSTE PARCIAL AL PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO AMOYÁ*. Ibagué: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL TOLIMA – CORTOLIMA.  
<https://exchaparral.com/wp-content/uploads/2023/12/Formulacion.pdf>
- CRAI USTA Bucaramanga. (2020). *Informe de recursos y servicios bibliográficos*. Bucaramanga: Universidad Santo Tomás.
- Fondo Patrimonio Natural. (2024). *Fondo Patrimonio Natural. Oferta Ambiental Municipal Belen de los Andaquies*. Proyecto: Generación de condiciones para la Gobernabilidad y Gestión Ambiental en los municipios de San José del Fragua, Belén de los Andaquíes y Albania – Caquetá : [https://pdf.usaid.gov/pdf\\_docs/PA00XDCC.pdf](https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PA00XDCC.pdf)
- Galvis García, R. E. (2020). *Guía Resumen del Estilo APA Séptima Edición*. Universidad Santo Tomás.
- González Valencia, J. (2006). Propuesta metodológica basada en un análisis multicriterio para la identificación de zonas de amenaza por deslizamientos e inundaciones. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 5(8), 59-70.  
<https://www.redalyc.org/pdf/750/75050806.pdf>
- IDR. (2024). *Ficha de caracterización. Municipio de Chaparral, Tolima*. Universidad de Ibagué. Instituto de Desarrollo Regional - Universidad de Ibagué.  
<https://extension.unibague.edu.co/images/2024/extension/visor/CHAPARRAL.pdf>