

Evaluación del riesgo por inundación, estrategias para la mitigación y adaptación en el municipio de Sogamoso, Boyacá.

Sindy Suley Delgadillo Parra (ssdelgadillop@unadvirtual.edu.co)
Paula Andrea Avendaño Cuchigay (Paavendanocu@unadvirtual.edu.co)
Leidy Marlen Barrera Rodríguez (lbarrerar@unadvirtual.edu.co)
Director: Evangelina Parra Pérez (evangelina.parra@unad.edu.co)

Resumen

La ciudad de Sogamoso enfrenta riesgos significativos de inundación debido a su ubicación geográfica y características hidrográficas. Este estudio emplea herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) en ArcGIS y una metodología de análisis multicriterio para integrar diversas variables, modelo de elevación digital DEM, pendientes, cobertura de tierras (Land cover) precipitación, distancia entre drenajes; el análisis generó un mapa de zonificación de riesgo que identifican áreas críticas del mes de mayo de 2024, clasificadas en niveles bajo, medio y alto. para evaluar el riesgo de inundaciones y diseñar estrategias de mitigación.

Palabras claves: Riesgo por inundación, Sogamoso, análisis multicriterio, ArcGIS, mapa de riesgo, mitigación.

Introducción

Las inundaciones son uno de los fenómenos naturales con mayor impacto a nivel global, representando amenazas significativas para la población, la infraestructura y los ecosistemas. Según el **IDEAM (2017)**, Las poblaciones que dependen de la agricultura como medio de subsistencia son las que se ven más afectadas por las inundaciones, ya que se afecta su medio de vida, su seguridad alimentaria y nutrición. Según (**FAO., 2023**).

Los eventos de inundación en Colombia son agravados por la variabilidad climática y la urbanización desordenada, especialmente en cuencas con alta densidad poblacional como la de Sogamoso. El río Moniquirá, Chicamocha y sus afluentes presentan un alto potencial de

desbordamiento, afectando sectores vulnerables de la ciudad.

Estudios previos señalan que el riesgo asociado a las inundaciones no solo depende de la magnitud del evento, sino también de factores como la exposición de las comunidades y su capacidad de adaptación (**Lavell, 2001**). A nivel nacional, el **Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres** ha impulsado estrategias como la zonificación de áreas de riesgo y la restauración de ecosistemas estratégicos para reducir o mitigar la vulnerabilidad. En el ámbito local, el municipio de Sogamoso ha implementado medidas de mitigación como la construcción de muros de contención, aunque persisten brechas en la planificación territorial y la gestión integral del riesgo (**CMGRD Sogamoso, 2012**).

El uso de herramientas SIG, como ArcGIS, permite integrar datos físicos, sociales y económicos para identificar áreas de mayor vulnerabilidad. La metodología de análisis multicriterio, ampliamente utilizada en estudios similares en Colombia y el mundo, ha demostrado ser eficaz para priorizar intervenciones en zonas críticas (**Dewan, 2013; IDEAM, 2017**).

Objetivos

General

Evaluar el riesgo por inundación, estrategias para la mitigación y adaptación en el municipio de Sogamoso, durante el mes de mayo de 2024.

Específicos

- Cargar, procesar y reclasificar correctamente los datos en la Plataforma SIG, para generar un mapa de riesgo de inundación.
- Analizar el mapa de riesgo por inundación del municipio de Sogamoso e identificar áreas con mayor y menor riesgo.
- Identificar los posibles impactos generados a la comunidad en caso de presentarse inundación.

Identificación del caso de estudio

Sogamoso es un municipio que está ubicado en el departamento de Boyacá (Figura 1), en el centro oriente del país a una latitud de 5° 42' 57" Norte, y a una longitud de 72° 55' 38" Oeste. El municipio de Sogamoso tiene una extensión de 208.54 km² y una altitud entre 2500 y 4000 msnm, con temperatura promedio de 17°C. El suelo urbano es 1843,87 Hectáreas lo que representa el 8,83% del territorio, mientras que el suelo rural es 19028,94 hectáreas representa el 91,17% del territorio. Según el censo nacional de población para el año 2020 la población total en Sogamoso

corresponde a 113.105 habitantes de los cuales en el área rural dispersa el 11,69% equivalente a 15074, en la zona urbana el 88,5% que corresponde a 116.031 habitantes. (**Plan de desarrollo Sogamoso2020-2023 (2020)**)

Lo municipios que limitan con Sogamoso son Nobsa, Tópaga, Aquitania, Cuitiva, Iza, Monguít, Firavitoba, Tibasosa. (**Plan de desarrollo Sogamoso2020-2023 (2020)**)

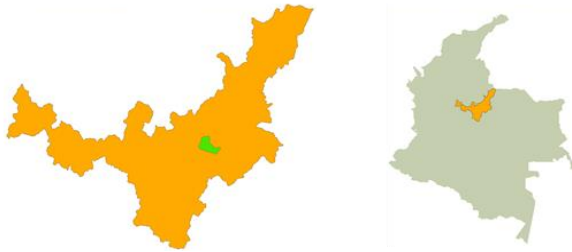
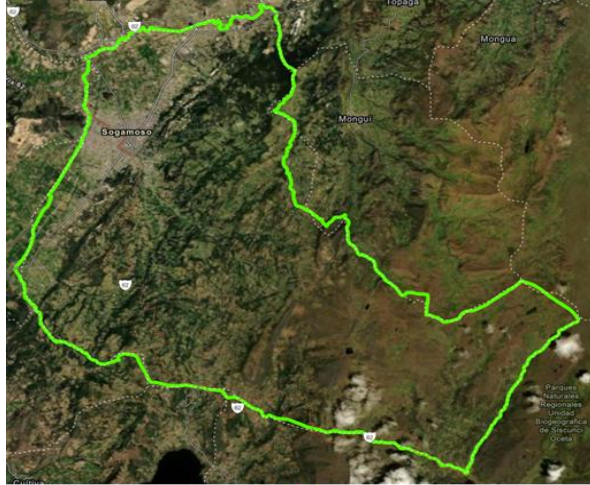
Hidrográficamente Sogamoso cuenta con afluentes con el río Chiquito y el río Moniquirá, los cuales son afluentes del río Chicamocha, el cual pasa también por el municipio. Igualmente fluyen las quebradas denominadas Monguít, Ombachita y las Torres, además cuenta con la laguna de Siscunsi situada al sureste de Sogamoso. (**CMGRD Sogamoso, 2012**).

La distribución de los suelos en el municipio de Sogamoso está determinada por la existencia de dos paisajes contrastantes el de montaña caracterizado por poseer vegetación de paramo y bosque alto andino, y el valle donde predominan las praderas de pastos, y laderas que se alternan con cultivos de tierra fría. (**CMGRD Sogamoso, 2012**).

Para el desarrollo de este documento utilizamos las cifras de precipitación que se registraron en Sogamoso en el mes de mayo de 2024.

Según MTA (2024), las lluvias de menor intensidad del departamento de Boyacá, se presentaron sobre el altiplano cundiboyacense con rangos entre 50mm hasta 200mm aproximadamente.

Figura 1: Ubicación de Sogamoso a nivel nacional y departamental.



Fuente: autoría propia.

Metodología

La Evaluación multicriterio (EMC) es un método muy importante cuando se usa tecnología SIG como herramienta para la toma de decisiones en un territorio determinado. En la evaluación multicriterio se debe tener en cuenta aspectos teórico -metodológicos y se realiza superposición de capas temáticas. **Moreno, A., Buzai, G., y Fuensalida, M. (2017).** La evaluación multicriterio ha recibido mucho interés debido a que permite mejorar la toma de decisiones, y favorece el desarrollo y la evaluación de planes espaciales alternativos.

Se realizó un análisis multicriterio en el municipio de Sogamoso, teniendo un enfoque con sistema de información geográfica SIG, Para el desarrollo de este análisis se utilizó ArGIS Pro, y algunas de las herramientas de geoprocésamiento de spatial analyst, como: extraer por máscara, distancia euclidiana,

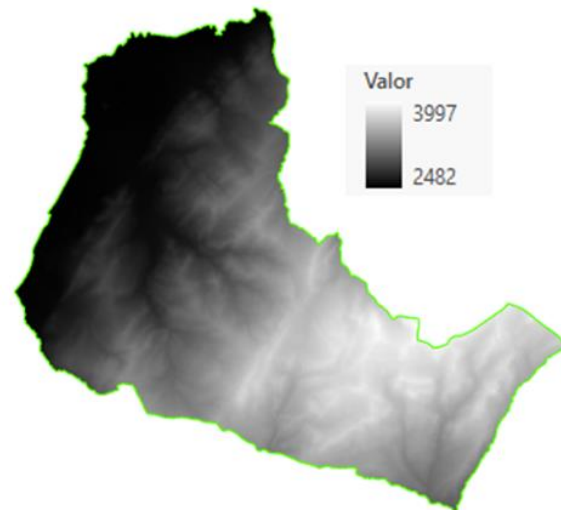
relleno, acumulación de flujo, dirección de flujo, reclasificar. Basado en (Pro, s.f.)

Los geos procesos que se desarrollaron para obtener los diferentes mapas se presentan a continuación:

1. Recopilación de datos para este análisis de inundación se recopiló la siguiente información. Se realizó la Descarga del modelo de Elevación Digital de Colombia desde el **geo portal del IGAC.**

DEM Municipio de Sogamoso

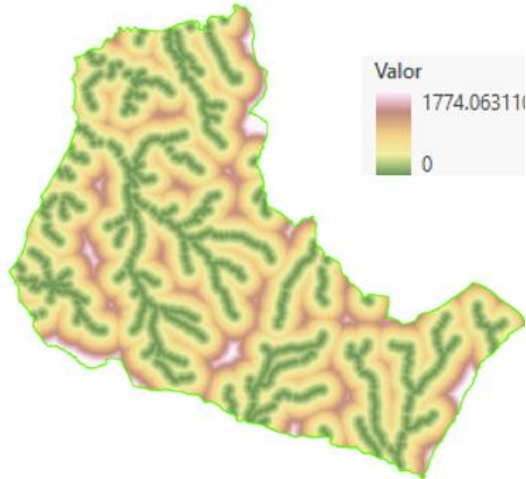
Figura 2: Modelo de Elevación digital - DEM del municipio de Sogamoso.



Fuente: autoría propia.

Distancia entre drenajes- municipio de Sogamoso

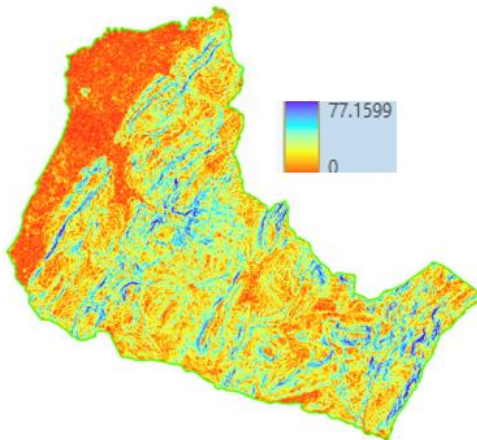
Figura 3: Distancia entre drenajes en metros, las zonas de color verde son las zonas más cercanas al drenaje y las de color rosa y blancos tiene distancias hasta de 1774 metros, son las más lejanas al drenaje.



Fuente: autoría propia.

Ráster Pendientes

Figura 4: Pendientes municipio de Sogamoso. Las zonas de color naranja son de menor elevación, las zonas de color azul pueden llegar a tener una pendiente en grado de 77, sería las pendientes más elevadas del municipio.

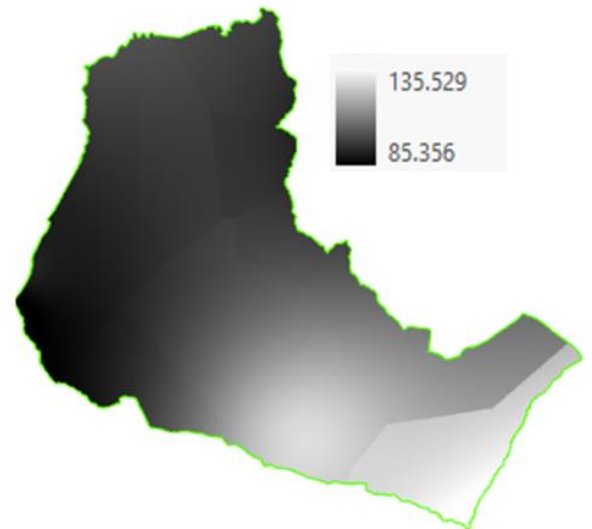


Fuente: autoría propia.

La obtención del mapa de pendientes, se realizó en el Modelo digital de Elevación- DEM, mediante la herramienta pendientes (Slope) de ArcGIS Pro, de la cual se obtiene un ráster con la información de pendientes en grados.

Precipitaciones mayo- Sogamoso

Figura 5: Precipitación en el municipio de Sogamoso, la zona más oscura es donde se presentó menor cantidad de Lluvia en el mes de mayo de 2024.



Fuente: autoría propia.

Cobertura de tierras Sogamoso

La metodología Corine Land Cover es usada para realizar la caracterización de las coberturas naturales y coberturas artificiales o modificadas por el hombre. Dicha metodología permite unificar criterios, conceptos y métodos para conocer como está cubierto el país. Según **Instituto Geográfico Agustín Codazzi- IGAC. (2010).**

Los colores usados para la leyenda fueron tomados de código de colores

RGB Corine Land Cover para Colombia. (Franco).

Figura 6: Clasificación de cobertura de suelo para Sogamoso. según la clasificación Corine Land cover Nivel 2.



Fuente: Autoría propia.

Leyenda cobertura de tierras

■	1.1. Zonas urbanizadas
■	1.2. Zonas industriales o comerciales y redes de comu
■	1.3. Zonas de extracción mineras y escombreras
■	1.4. Zonas verdes artificializadas, no agrícolas
■	2.1. Cultivos transitorios
■	2.3. Pastos
■	2.4. Áreas agrícolas heterogéneas
■	3.1. Bosques
■	3.2. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva
■	4.1. Áreas húmedas continentales

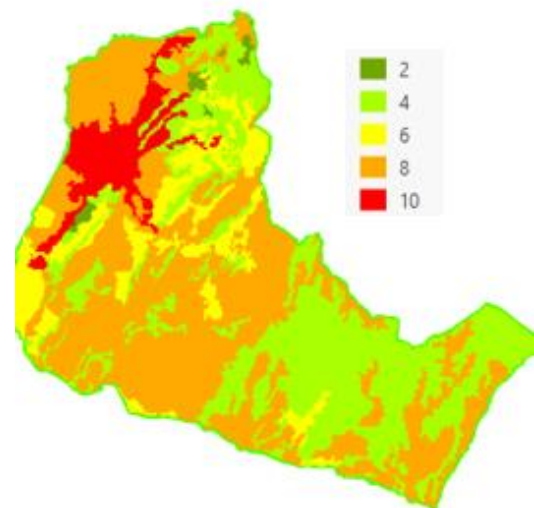
Reclasificación de cobertura

Al realizar la reclasificación de cobertura de tierra se ajustaron los valores de riesgo teniendo en cuenta la clasificación de las coberturas de tierra del municipio de Sogamoso, en base a la siguiente tabla tomada de la (UNAD)

Tabla 1: Ejemplo de Reclasificación de riesgo teniendo en cuenta características de cada municipio.

Corine Land Cover Nivel 2	Clasificación de valores
1.1. Zonas urbanizadas	6
1.2. Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	2
1.3. Zonas de extracción mineras y escombreras	4
1.4. Zonas verdes artificializadas, no agrícolas	2
2.1. Cultivos transitorios	8
2.2. Cultivos permanentes	8
2.3. Pastos	4
2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	8
3.1. Bosques	2
3.2. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	4
3.3. Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	6
4.1. Áreas húmedas continentales	8
4.2. Áreas húmedas costeras	6
5.1. Aguas continentales	10
5.2. Aguas marítimas	6

Figura 7: Reclasificación de cobertura de tierras para Sogamoso.



Fuente: autoría propia.

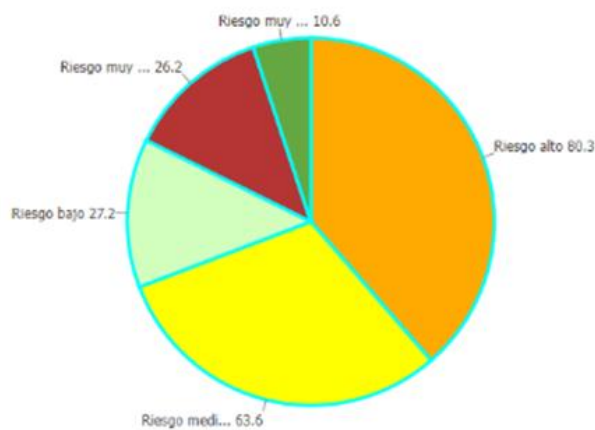
2. Ejecución y corrida de datos se realiza importación de la información recopilada.
3. Dirección Flujo de agua
Para el desarrollo este flujo se utiliza herramienta de Flow Acumulación, identificando como se acumula y fluye el agua en nuestra área estudiada.
4. Se transforma la capa Ráster a polígono.

5. Se realiza proceso de disolver para simplificar datos.
6. Crear mapas de vulnerabilidad uso de herramienta Spatial Analy, con esta herramienta se calculó las áreas más propensas a la inundación.
7. Clasificación de tablas de vulnerabilidad del riesgo de acuerdo a los niveles de riesgo de inundación.
8. Cálculo de geometría, donde determinamos el área de cada polígono de acuerdo a la clasificación de inundación.

Resultado

(Se anexa mapa de riesgo de inundacion en la ciudad de Sogamoso).

Figura 9: Análisis de clasificación del riesgo por inundación del municipio de Sogamoso.



Fuente: autoría propia.

De acuerdo al análisis multicriterio realizado en el municipio de Sogamoso se presenta los siguientes resultados de la figura 9, en la que podemos observar que el municipio de Sogamoso de acuerdo a su ubicación geográfica y las altas precipitaciones que se registran en el municipio se evidencia que un 38.6% de las zonas del municipio de Sogamoso presentan un riesgo alto de inundación y en 12,6% en riesgo muy alto.

Tabla 2: Clasificación obtenida del riesgo en % y área.

Clasificación	Porcentaje	Área km ²
Riesgo muy bajo	5.1%	10.6
Riesgo bajo	13.1%	27.2
Riesgo medio	30.6%	63.6
Riesgo alto	38.6%	80.3
Riesgo muy alto	12.6%	26.2

Fuente: autoría propia.

En el mapa de precipitaciones y riesgo por inundación podemos ver que en la zona sureste del municipio de Sogamoso se presenta un nivel alto de precipitaciones, lo cual aumenta el riesgo de inundación en la zona.

Conclusiones

- Mediante las herramientas tecnológicas de SIG, se realizaron diferentes geo procesos para obtener como resultado varios mapas, con los cuales se pudo analizar y determinar las zonas con mayor riesgo de inundación en el municipio de Sogamoso en el periodo del mes de mayo de 2024.
- Teniendo en cuenta la cobertura de tierras presente en la zona de mayor riesgo de inundación, se puede determinar que en esta zona hay cultivos y herbazales, por lo tanto, puede haber afectaciones al desarrollo óptimo de cultivos y posibles afectaciones al sector ganadero de la zona.
- Con base en los resultados obtenidos, podemos evidenciar que el municipio de Sogamoso enfrenta un riesgo significativo de inundaciones, especialmente en un 38.6% de su territorio clasificado como de alto riesgo y un 12.6% en muy alto riesgo. Estas áreas están principalmente asociadas a precipitaciones intensas, pendientes pronunciadas y características hidrográficas.

Desde el punto de vista de la ingeniería ambiental, estos hallazgos resaltan la necesidad de fortalecer la planificación territorial mediante el uso de herramientas tecnológicas como los Sistemas de Información Geográfica (SIG), que permiten identificar y priorizar áreas críticas. Asimismo, es crucial implementar estrategias de mitigación que incluyan tanto soluciones basadas en infraestructura como en la restauración de ecosistemas, tales como la reforestación, la

protección de humedales y la instalación de sistemas de drenaje eficientes.

- Finalmente, resulta esencial promover la educación ambiental y la participación comunitaria para sensibilizar a la población sobre su rol en la prevención del riesgo, como evitar arrojar residuos en áreas de drenaje y respetar los planes de ordenamiento territorial. Estas acciones conjuntas garantizarán una gestión del riesgo más efectiva, minimizando las afectaciones sobre los ecosistemas, la infraestructura y el bienestar de la comunidad.

Recomendaciones

- Desde el área ambiental se recomienda no arrojar basuras en ningún lugar, ya que, dichos residuos pueden ser arrastrados por las corrientes de agua lluvia y pueden obstaculizar los drenajes y alcantarillas, lo que puede generar inundaciones.
- En los lugares de cosecha se recomienda realizar sistemas eficaces de drenajes, para evitar acumulación excesiva de agua en los cultivos, lo que puede generar plagas, enfermedades y daños en los cultivos, generado significativas pérdidas.
- Implementar prácticas como la restauración de humedales, reforestación de cuencas en zonas con mayor índice de inundaciones o desbordamientos y construcción de zanjas de infiltración. Estas soluciones no solo reducen el riesgo de

inundaciones, sino que también aportan beneficios ecológicos; además construir o hacer el mantenimiento respectivo a los sistemas de drenaje tanto en áreas urbanas como rurales, especialmente en zonas agrícolas, para evitar el estancamiento de agua que pueda causar daños a los cultivos e inundaciones y por último realizar campañas de concienciación en las comunidades locales sobre la importancia de no arrojar basura en drenajes y cauces naturales, promoviendo prácticas responsables para reducir los riesgos asociados a la acumulación de residuos.

Referencias bibliográficas

- Acosta Sabogal, L. M. (2021). *Diseño del plan de mejoramiento del sistema de gestión ambiental municipal para la zona rural del municipio de Choachí-Cundinamarca*. Universidad Antonio Nariño. <https://repositorio.uan.edu.co/server/api/core/bitstreams/5e145fed-4557-4c08-a4d2-c425571b63a9/content>
- Camargo, E. (2022). *Identificación de Zonas en Riesgo de Inundación por Medio del SIG en el Sector de Bosa El Recreo Generadas por el Río Bogotá*. [Tesis de pregrado, Universidad Militar Nueva Granada]. Repositorio Institucional. <https://repository.unimilitar.edu.co/server/api/core/bitstreams/dc92fc10-fdd4-4de5-a857-a519d8f6b158/content>
- Castro, E. A., Úsuga Lopera, E. D., & Arias Mosquera, A. F. (2021). *Identificación de áreas con altas precipitaciones en el cultivo de café mediante los sistemas de información geográfica (SIG) en el municipio de Andes, Antioquia*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/62511/eacastro0.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Caycho Torres, L. R. (2020). *Modelación geoespacial con SIG en la identificación de las zonas vulnerables y cuantificación de la erosión hídrica: Cuenca del río Huarmey* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstreams/c65be991-ef4c-44e8-982d-28352a2ad9ff/download>
- Cruz Molina, M. F. (2022). *Análisis de factores geomorfológicos que influyen en la susceptibilidad de inundación para municipios del Bajo Magdalena* [Tesis de maestría, Universidad del Norte]. <http://hdl.handle.net/10584/11478>
- Dewan, A. (2013). *Inundaciones en una megaciudad: técnicas geoespaciales para evaluar peligros, riesgos y vulnerabilidad*. Springer.
- Espinoza Sánchez, M. A., & Gómez Olarte, J. (2023). *Propuesta de Diseño de Defensas Ribereñas en Ríos para Prevenir Inundaciones*. <https://repositorio.urp.edu.pe/bitstreams/52db5e4c-1021-4c8d-a7ac-e52e37260c4b/download>
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (n.d.). *Colombia en mapas*. <https://www.colombiaenmapas.gov.co>
- Gutiérrez-Molano, L. A. (2020). *Variabilidad del nivel freático en función de la precipitación infiltrada a un periodo de retorno de 20 años según el SGC, en el sector areneras, municipio de Sogamoso*. Universidad Católica de Colombia. <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/41a7b5ea-3922-4154-97be-96c43072d759/content>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2017). *Guía metodológica para la elaboración de mapas de inundación*. <http://documentacion.ideam.gov.co>

Instituto Geográfico Agustín Codazzi-IGAC. (2010) *Leyenda nacional de cobertura de tierras. Metodología Corine Land Cover Adaptada para Colombia*. https://www.corpocesar.gov.co/files/Ref_UnicoyPersistente/Corine_Land_Cover.pdf

Lavell, A. (2001). *Sobre la gestión del riesgo: apuntes hacia una definición*. Revista de Nova, 1-23. <http://www.bvsde.paho.org>

Mesa Técnica Agroclimática (MTA). (2024). *Boletín agroclimático de Boyacá*. Secretaría de Agricultura de Boyacá. https://www.boyaca.gov.co/secretariaagricultura/wp-content/uploads/sites/71/2024/07/Boletin-Agroclimatico-Boyaca_JUN_2024-.pdf

Moreno, A., Buzai, G., & Fuensalida, M. (2017). *Sistemas de información geográfica: Aplicaciones en diagnósticos territoriales y decisiones geoambientales* (2ª ed.). RA-MA Editorial. <https://research-ebSCO-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/linkprocessor/plink?id=0c7f5c3f-5c9a-32c5-99b8-f27d15dff3e8>

Pineda, L., & Suárez, J. (2014). *Elaboración de un SIG orientado a la zonificación agroecológica de los cultivos*. *Revista Ingeniería Agrícola*. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=586262041005>

Plan de Desarrollo de Sogamoso 2020-2023. (2020). *Anexo decreto nro. 250*. Alcaldía de Sogamoso. <https://sogamosoboyaca.micolombiadigital.gov.co/sites/sogamosoboyaca/content/files/00057>

[2/28592_27400_anexodecretonro250julio2020pdm20202023ultimo14062020.pdf](https://www.boyaca.gov.co/secretariaagricultura/wp-content/uploads/sites/71/2024/07/Boletin-Agroclimatico-Boyaca_JUN_2024-.pdf)

Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres (PMGRD). (2012). *Municipio de Sogamoso (Boyacá): Zonificación de áreas vulnerables*. Consejo Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres (CMGRD) Sogamoso.

Ruiz Gallardo, J. R. (2004). *Teledetección y SIG en la asistencia de la actuación forestal postincendio (Doctoral dissertation)*. Universidad de Castilla-La Mancha. <https://ruidera.uclm.es/items/2faf7dfa-e37e-45e7-aedd-3cb98d1439c2>

Ruíz Morales, T. L., & Salazar Duarte, L. V. (2017). *Determinación de posibles zonas en amenaza por inundación en el municipio de Mompós-Bolívar, mediante el uso de procesamiento digital de imágenes y herramientas SIG y su posterior publicación como datos abiertos (Open Data)* [Tesis de grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. Repositorio Institucional. <https://repository.udistrital.edu.co/items/7b7ef123-b557-42b8-868c-666e32a03ca7>

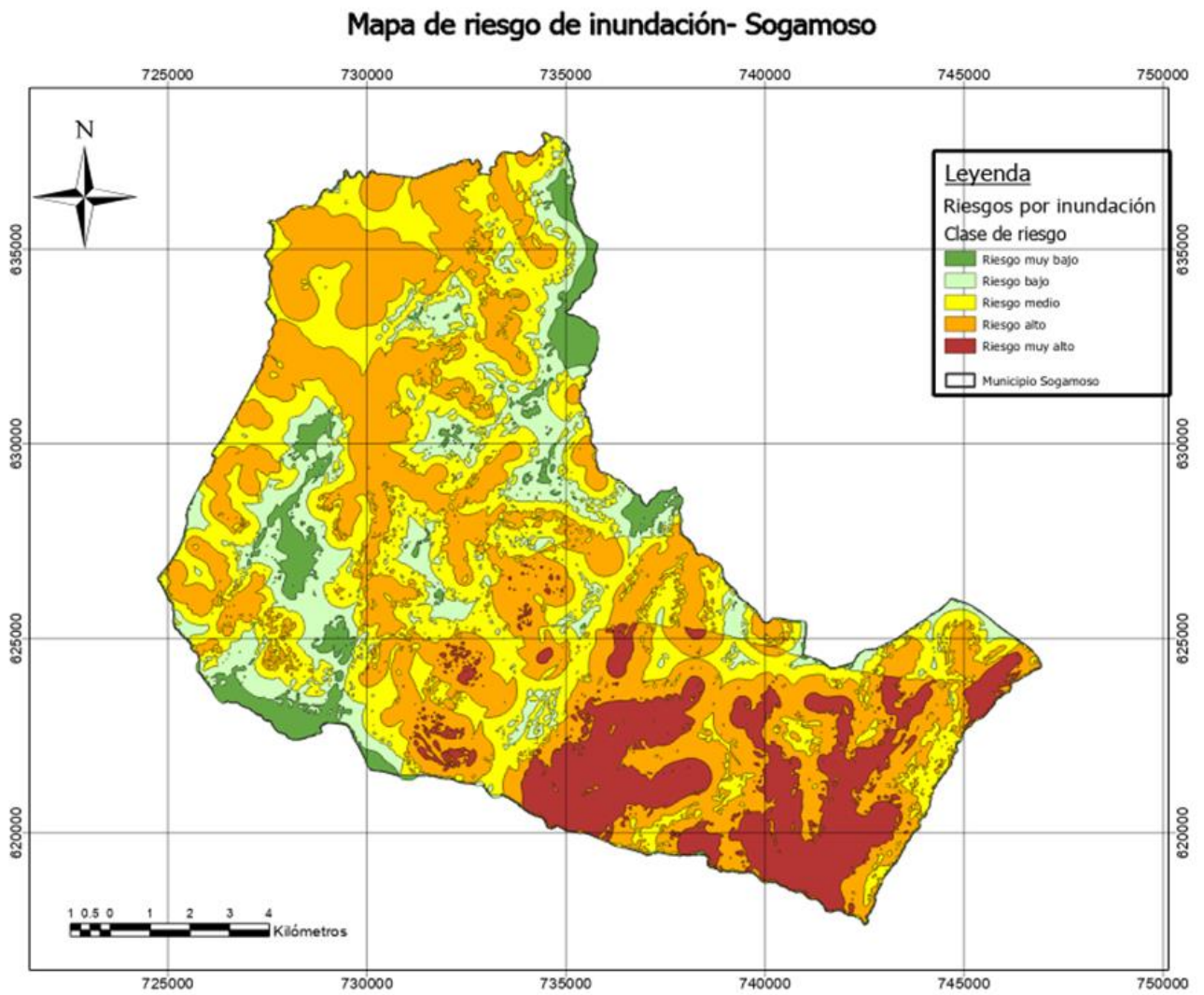
Zelada Gil, F. J., & Rosas Bustamante, R. D. (s.f.). *Modelamiento de la identificación de zonas vulnerables a peligros de inundación para las cuencas de Chira-Piura mediante un análisis geoespacial e hidráulico*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. <http://hdl.handle.net/10757/672099>

Enlace de sustentación:

<https://youtu.be/OVzQkOoT2ys>

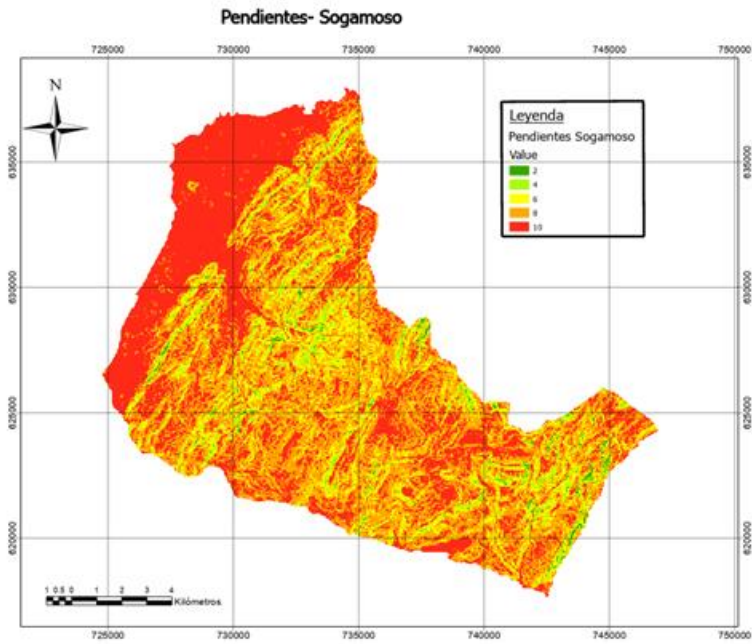
Anexos

Anexo 1: Mapa de riesgos por inundación del municipio de Sogamoso.



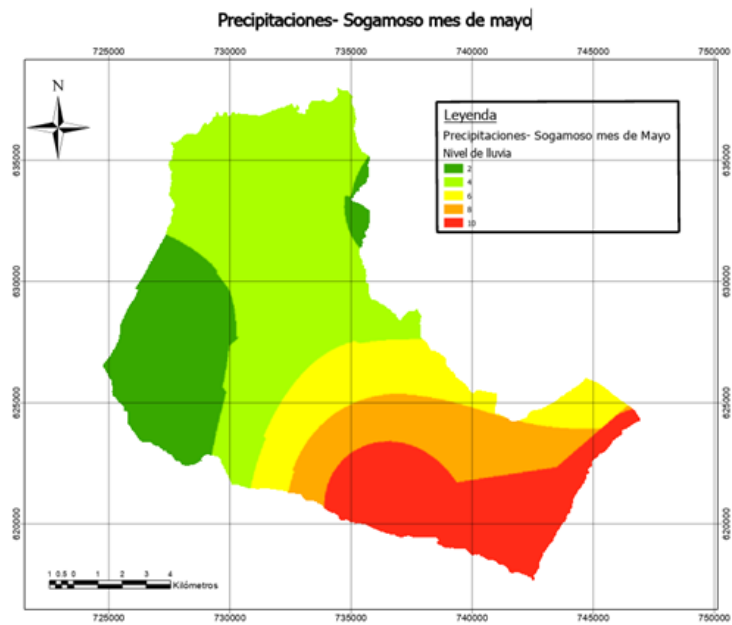
Fuente: autoría propia.

Anexo 2: Mapa de Pendientes del municipio de Sogamoso.



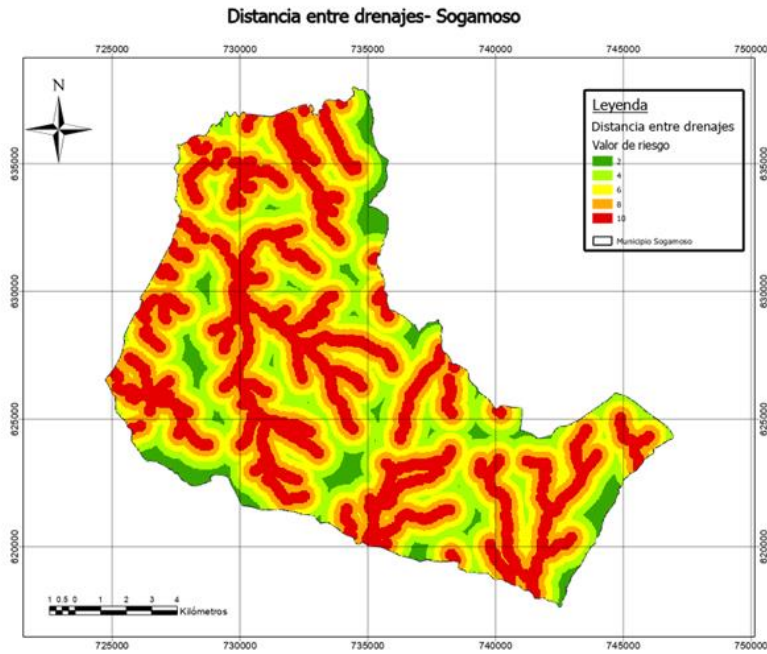
Fuente: Autoría propia.

Anexo 3: Mapa de Precipitaciones del municipio de Sogamoso.



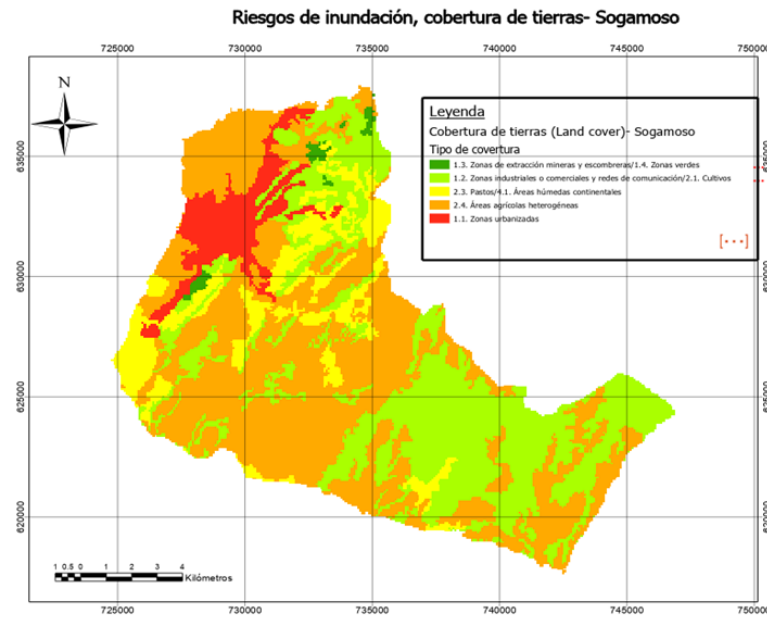
Fuente: Autoría propia.

Anexo 4: Mapa de distancia entre drenajes del municipio de Sogamoso.



Fuente: Autoría propia.

Anexo 5: Mapa de riesgo por inundación, teniendo en cuenta la cobertura de tierras del municipio de Sogamoso.



Fuente: Autoría propia.