

Determinación de riesgo de inundación dentro de la cuenca del Espíritu Santo ubicada en el municipio de Briceño (Antioquia) mediante herramientas sistemas de información geográfica.

Yasmid Adriana Marín Jaramillo: yamarinja@unadvirtual.edu.co

Cristian David Agudelo Morales: cdagudelom@unadvirtual.edu.co

Eugenia Gonzales Correa: egonzalez@unadvirtual.edu.co

Marinela Londoño Zapata: mlondoño@unadvirtual.edu.co

Docente/asesor: Yetfersson Serrato Velosa - yetfersson.serrato@unad.edu.co

Resumen

El ordenamiento territorial y agroambiental es una herramienta fundamental para gestionar de forma eficiente el uso del suelo, especialmente ante fenómenos naturales como deslizamientos, incendios forestales e inundaciones. Este estudio realiza un diagnóstico del riesgo de inundación en la cuenca “El Espíritu Santo”, ubicada en el municipio de Briceño, Antioquia, que comprende varias veredas y parte del casco urbano. Se utilizó el software ArcGIS Pro para procesar información cartográfica, integrando variables como pendientes, cobertura vegetal, uso del suelo, precipitación y cercanía a cuerpos de agua. A través de un análisis multicriterio, se identificaron zonas con distintos niveles de riesgo. Las áreas con mayor exposición se ubican al norte y noreste, donde predominan terrenos planos, menor cobertura vegetal y mayor densidad hídrica, condiciones que favorecen posibles desbordamientos. En contraste, las zonas al sur y suroeste presentan pendientes marcadas y vegetación más densa, lo que disminuye la probabilidad de inundación. Los resultados constituyen una base importante para apoyar la planificación territorial, la gestión del riesgo y la toma de decisiones enfocadas en la protección de la población y el entorno.

Palabras claves: inundación, zona de influencia, procesamiento de datos.

Introducción

En Colombia, según el Estudio Nacional del Agua del IDEAM (2018), se identificó que existen 190.935 km² con condiciones favorables a la inundación, es decir, aproximadamente el 17 % del área continental del territorio nacional. Lo cual es bastante preocupante, y no más el departamento de Antioquia, en lo corrido del 2025, según García (2025) en su investigación, señala que “en total, son 87 municipios los que se encuentran en alerta por inundaciones, de los cuales 77 están en alerta roja y 10 en naranja del departamento de Antioquia”, por lo cual, se llevó a cabo un análisis evaluativo a la microcuenca el “Espíritu santo” en el municipio de Briceño Antioquia, con el fin de determinar los índices de influencia que tiene el sistema hídrico que alimenta el cauce de la cuenca, con respecto a los posibles riesgos por inundación. Investigaciones recientes han demostrado que los efectos de las inundaciones se agravan bajo condiciones de cambio climático, generando impactos severos en regiones rurales altamente expuestas, como se evidencia en el caso de la cuenca Awanui en Nueva Zelanda (Djanibekov et al, 2024).

La topografía dentro del territorio de Briceño es de predominancia montañosa, con pendientes muy pronunciadas, además de suelos limosos y arcillosos, los cuales se han ido deteriorando fuertemente por las actividades antropogénicas negativas realizadas. La degradación de los suelos es evidente, y esto ha ocasionado que los mismos pierdan sus características principales tanto de firmeza como de drenabilidad ante las fuertes lluvias. Como si fuera poco, según la Unidad de Gestión del Riesgo (CMGRD de Briceño, 2016), en las temporadas de lluvia se producen grandes movimientos en masa, como consecuencia de la infiltración de agua en los suelos, lo que ocasiona la pérdida de firmeza. Este tipo de eventos ha sido documentado también por medios de comunicación nacionales: según Infobae (2021), en agosto de ese año se reportaron más de 300 damnificados en Briceño, Antioquia, tras fuertes lluvias que desencadenaron deslizamientos y afectaciones en zonas urbanas y rurales. Como prueba de ello, a finales de junio de 2021, sectores urbanos y zonas rurales del municipio de Briceño fueron afectados por grandes movimientos en masa debido a las fuertes lluvias. El más devastador fue en el sector Fundungo, por la quebrada La Tirana, lo que resultó en una avalancha que dañó gravemente parte del centro urbano del municipio. El arrastre y la intensidad del agua devastaron completamente el sector de Fundungo, dejando a más de 100 familias sin techo y provocando daños en la infraestructura y las redes de servicios públicos fundamentales.

Por lo cual, datos espaciales como índices de precipitación anual, usos del suelo, pendientes, coberturas vegetales, distancias en cuerpos de agua entre otros, serán nuestras bases para procesar la información del área de estudio a evaluar mediante el software ArcGIS Pro, de acuerdo a la empresa (ESRI, s.f.) este aplicativo es “la principal aplicación de sistemas de información Geográficas (SIG), diseñada con innovaciones orientadas al usuario, que ofrece herramientas para el procesamiento de datos espaciales de forma eficaz y realizar análisis cartográficos avanzados” lo cual es un herramienta indispensable para dar un diagnóstico acertado sobre las zonas de influencia de la red hídrica que abastece la cuenca, y es que gracias a este (GeoInnova. 2017) su huso abarca muchas áreas “La tecnología de los GIS (Sistemas de Información Geográfica) tiene muchísimos ámbitos de aplicación, y uno de ellos es la detección y/o gestión de las catástrofes naturales como terremotos, inundaciones, erupciones volcánicas, huracanes y tormentas tropicales”, esto lográndolo gracias a una amplia cantidad de geoprocesos que se pueden ejecutarse con el programa y que para el desarrollo del presente estudio, se emplearon específicamente para caracterizar los niveles de riesgo por inundación a los que están expuestas las áreas de influencia continuas a la red hídrica de la cuenca el “Espíritu Santo”.

Para lograr este objetivo se aplicó el análisis por multicriterio, que según la escuela online de aprendizaje Mastergis (2022) expone en su página “Métodos para realizar un Análisis Multicriterio en un SIG” como “un instrumento que permite evaluar diversas posibles soluciones a un problema determinado, en el cual se usan herramientas que tienen múltiples criterios para facilitar la toma de decisiones y llegar a una solución óptima”, lo cual nos permitió tener una perspectiva más amplia frente a los diferentes criterios evaluativos, y de esta manera poder obtener unos resultados

los cuales puedan ser analizados mediante la generación de mapas, tablas de atributos y diagramas de barras, para posteriormente poder generar unas recomendaciones con respecto al área de estudio evaluado.

Objetivos

General

Identificar las áreas de influencia del cuerpo hídrico de la cuenca el espíritu santo de Briceño/Antioquia, frente a los posibles riesgos de inundación mediante el uso de herramientas SIG y el análisis multicriterio.

Específicos

- Procesar los factores significativos de la cuenca tales como la inclinación del suelo, la cercanía a cuerpos de agua y la clase de cobertura del suelo empleando herramientas SIG para detectar áreas susceptibles a inundaciones.
- Aplicar un análisis multicriterio que examine varios elementos tales como señales de amenaza, vulnerabilidad e influencia en áreas esenciales como viviendas, infraestructura de transporte, áreas agrícolas y ecosistemas estratégicos.
- Integrar los datos geoespaciales generando mapa de riesgo que ilustran las áreas críticas de inundación de la cuenca y sirven como fundamento para la planificación territorial y las tácticas de disminución de riesgos

Identificación del caso de estudio

El municipio de Briceño se encuentra ubicado en la subregión Norte del departamento de Antioquia, Colombia. Su extensión territorial es de aproximadamente 406 km² y presenta una topografía mayormente montañosa, el clima del territorio es húmedo tropical con una temperatura promedio anual de 22 °C. Este estudio determinara los niveles de riesgo por inundación dentro de la cuenca del “Espíritu Santo” ubicada en la parte sureste del municipio de Briceño Antioquia, en cuanto al régimen de lluvias, presenta dos periodos marcados de mayor precipitación: abril-mayo y septiembre-noviembre (IDEAM, s.f.). Según el IDEAM, “de abril a noviembre se presenta la temporada de mayores lluvias; la frecuencia de días lluviosos en estos meses es de 22 a 26” (IDEAM, s.f.). Para este estudio se utilizó como referencia el mes de abril, por presentar uno de los picos más altos de precipitación del año, lo que permite evaluar con más exactitud los puntos de riesgo por inundación dentro de la cuenca del espíritu santo.

Briceño cuenta con una economía basada principalmente en la ganadería, la agricultura (especialmente de café, cacao, caña de azúcar y aguacate), la minería artesanal y la explotación forestal. Además, en su territorio se localiza parte del Proyecto Hidroeléctrico Hidroituango, lo

que representa un factor estratégico tanto para la generación de energía como para la gestión de los recursos hídricos (Alcaldía de Briceño, 2022).

El análisis de riesgo de inundación se centró en las zonas donde confluyen múltiples factores medio ambientales, teniendo como principal base la red hídrica que abastece la cuenca el “Espíritu Santo”.

Figura 1

Ubicación espacial de Briceño, Antioquia y cuenta del espíritu santo.



Nota: El polígono en amarillo abarca al municipio de Briceño, y el polígono pequeño color naranja es la zona de influencia de la cuenca el Espíritu santo. **Fuente:** Tomado de Google Maps

Metodología

Para la elaboración de este documento se emplearon actividades en distintas fases, que incluyen procesamiento de datos vectoriales y ráster, la aplicación de análisis multicriterio y la generación de productos cartográficos mediante la herramienta ArcGIS Pro, con el fin de identificar y clasificar las zonas de riesgo por inundación dentro de la cuenca del espíritu santo ubicada en el municipio de Briceño Antioquia. Este enfoque combina variables físicas, climáticas y socioeconómicas relevantes, permitiendo una evaluación integral del territorio (Allafta y Opp, 2021; Efraimidou y Spiliotis, 2024). Como lo propone Escolano (2015), la representación del espacio geográfico mediante modelos vectoriales y ráster resulta esencial para el tratamiento de fenómenos naturales como las inundaciones.

Recolección y procesamiento de la información

El presente estudio se desarrolló mediante un enfoque metodológico basado en el análisis multicriterio espacial (AMC), apoyado en sistemas de información geográfica (SIG) y orientado a identificar las zonas con mayor riesgo de inundación dentro de la zona de la cuenca del espíritu santo del municipio de Briceño Antioquia. Este enfoque permite integrar variables ambientales,

topográficas, hidrológicas las cuales fueron geo procesadas y reclasificadas en rangos de concentración por hectárea. Estos datos fueron convertidos a formato ráster, estandarizados y posteriormente ponderados dentro del análisis multicriterio. A cada variable se le asignó un peso específico en función de su influencia relativa en el riesgo de inundación; por ejemplo, algunas variables fueron ponderadas de acuerdo con su porcentaje de influencia (modelo elevación 10%, pendientes 15% cobertura de tierras 10%, precipitación 35%, distancia entre drenajes 30%) dentro del total del 100 % del modelo. La metodología aplicada es coherente con lo planteado por González (2006), quien propone el uso de técnicas multicriterio para zonificar amenazas naturales como deslizamientos e inundaciones.

Selección de criterios y preparación de datos

Inicialmente se recopilieron datos geospaciales a partir de fuentes oficiales como el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, s.f.), el Plan de Desarrollo Municipal (Alcaldía de Briceño, 2022), y datos climáticos mensuales, seleccionando el mes de abril por ser uno de los períodos con mayor nivel de precipitación anual en la región, lo que incrementa significativamente el riesgo de inundaciones. Se establecieron los siguientes criterios de evaluación del riesgo: pendiente del terreno, proximidad a cuerpos de agua, uso del suelo, intensidad de precipitaciones, cobertura vegetal. Estos fueron los factores para el análisis de riesgo y se evaluaron asignando un peso relativo y un grado de influencia sobre la susceptibilidad a inundaciones. Los pesos asignados fueron los siguientes; modelo de elevación digital (DEM) (10%), pendientes (15%), coberturas de tierras (land cover) (10%), precipitación (35%), distancia entre drenajes (30%). Para un total del 100%. Land cover, permite clasificar la cobertura y el uso de la tierra permitiendo una selección apropiada con el manejo y conservación de los recursos naturales, el ordenamiento territorial, el análisis sectorial pecuario, agrícola, forestal entre otros (JRC-IES,2005). alineado con los enfoques de estructuración de criterios espaciales propuestos por Efraimidou y Spiliotis (2024) en la evaluación regional del riesgo por inundación. Esto permitió una integración correcta de los datos.

Análisis espacial multicriterio en ArcGIS Pro

A partir de las capas de información geográfica, se empleó el modelo de análisis espacial de ArcGIS Pro para el procesamiento, modelación y visualización de las variables que inciden en la ocurrencia de inundaciones. El procedimiento metodológico incluyó la aplicación de la técnica de superposición ponderada de criterios (weighted overlay), una herramienta ampliamente utilizada en estudios de gestión del riesgo (Allafta y Opp, 2021). Los datos fueron previamente estandarizados y transformados a formato ráster, y luego integrados mediante la herramienta Weighted Overlay del software. A cada variable se le asignó un peso porcentual conforme a su influencia relativa en el riesgo de inundación, siguiendo criterios técnicos respaldados por investigaciones previas (Allafta y Opp, 2021; Efraimidou y Spiliotis, 2024). Esta metodología se

fundamenta en los principios estructurales de los sistemas de información geográfica, los cuales permiten gestionar y analizar grandes volúmenes de datos espaciales de forma eficiente (Olaya, 2020). El resultado final fue un mapa de clasificación de riegos dentro de la zona de influencia de la cuenca el espíritu santo el cual se divide en cinco niveles de riesgo: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto.

Clasificación y reclasificación de los resultados:

Con la capa obtenida y el análisis de superposición ponderada, se inicia con la clasificación y reclasificación de los valores resultantes facilitando la deducción y la toma de decisiones. Este proceso consistió en agrupar los valores continuos del ráster resultante en cinco categorías de riesgo: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto, de acuerdo con los intervalos definidos mediante el método de igual intervalo. Esta reclasificación permitió representar visualmente las zonas con diferentes niveles de susceptibilidad a inundaciones, facilitando la identificación de áreas críticas. El procedimiento se realizó mediante la herramienta Reclass de ArcGIS Pro, asegurando la correspondencia entre los rangos de valores y los niveles de riesgo establecidos, conforme a las buenas prácticas documentadas en la literatura (Efrimidou y Spiliotis, 2024; Allafta y Opp, 2021).

Análisis espacial y visualización:

El análisis espacial y la visualización de los resultados se realiza mediante la integración de herramientas del módulo Spatial Analyst de ArcGIS Pro, permite representar de manera detallada las zonas de riesgo por inundación en las zonas de la cuenca del espíritu santo ubicada en el municipio de Briceño, Antioquia. A partir de la capa obtenida del análisis multicriterio, genero el mapa de riesgo de inundación que muestra la distribución espacial de los niveles de riesgo, permitiendo la interpretación geoespacial de las áreas caracterizadas como; riegos alto y muy alto se concentraron principalmente en áreas cercanas a cuerpos de agua, como el río Anorí y sectores topográficamente planos, donde se combinan factores como la acumulación de aguas, pendientes elevadas y cobertura del suelo vulnerable. Las herramientas de simbología graduada, sombreado del relieve y etiquetas espaciales permitieron una visualización precisa, brindando soporte técnico para la planificación territorial y la gestión del riesgo, como lo destacan Allafta y Opp (2021) en su aplicación del análisis multicriterio en entornos vulnerables a inundaciones.

Validación y contraste con elementos territorio

Al contrastar los resultados obtenidos con los factores o la clasificación de las coberturas de acuerdo con las actividades económicas, zonas boscosas o en este caso la posición dentro de las áreas rurales aledañas a la cuenca de estudio. Se realizó un examen exhaustivo de las áreas sensibles, como la cuenca del río Anorí, el Salto de Builes y zonas de minería artesanal,

identificando las interacciones entre la amenaza hídrica y la precipitación de lluvias. (Allafta y Opp, 2021; Djanibekov et al., 2024).

Interpretación y síntesis de resultados

Con tal propósito se evaluaron los datos obtenidos bajo un enfoque de sostenibilidad territorial, como motivo de la vulnerabilidad de las comunidades cercanas a la zona de influencia y el impacto económico y medio ambiental de las áreas afectadas. dicho de otra manera, el enfoque multidimensional permite no solo visualizar el riesgo físico, sino también articular propuestas de ordenamiento y mitigación desde una perspectiva ambiental y social (Banzhaf, 2009).

Criterios de valoración multicriterio

De modo que la clasificación del riesgo por inundación en las zonas de la cuenca del espíritu santo, se definen criterios ambientales, topográficos e hidrológicos con base al estudio realizado de la zona y en apoyo a la literatura de estudios previos (Allafta & Opp, 2021; Efraimidou & Spiliotis, 2024; Escolano Utrilla, 2015). Los datos pasaron a formato ráster y estandarizaron en una escala común, lo que permitió aplicar el método de superposición ponderada (Weighted Overlay) dentro de ArcGIS Pro.

Los criterios seleccionados fueron:

- Pendientes
- Distancia entre drenajes
- Uso del suelo y cobertura vegetal
- Precipitación mensual (abril)
- Modelo de Elevación digital

Figura 2

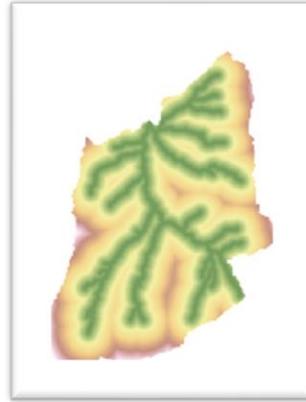
Modelo digital de elevación (DEM) del municipio de Briceño.

Figura 3

Clasificación de drenajes en la cuenca el espíritu santo del municipio de Briceño



Fuente: elaboración propia mediante ArcGIS Pro, 2025



Fuente: Elaboración propia mediante ArcGIS Pro, 2025

En la figura 3 se muestra la clasificación de los drenajes del área de estudio correspondiente a la red hídrica de la cuenca el Espíritu Santo, realizada mediante herramientas del software ArcGIS Pro. Este análisis permitió determinar la distancia entre drenajes dobles y sencillos, estableciendo un área de influencia de 30 metros, lo cual nos permitió establecer las zonas de mayor riesgo, continuas a la red hídrica, posteriormente se aplicaron otros geoprosesos como lo fue la disolución atributo gridcode, la cual nos permitió reagrupar valores de la tabla de atributos con el propósito de simplificar la información correspondiente a la red hídrica y de esta manera poder generar una capa vectorial consolidada, ya teniendo esta capa, se procedió a la clasificación según los riesgos de inundación, empleando el sistema Corine Land Cove versión 2018, en donde se consideró la cercanía de los causes con las zonas riverañas del mismo, el tipo de cobertura del suelo y las condiciones topografías que presentaba el área de estudio, lo cual permitió determinar con más exactitud en qué nivel de riesgo se encontraba cada área con respecto a posibles inundaciones.

Resultados

En el área de influencia de la cuenca “el Espíritu Santo” del municipio de Briceño/Antioquia, se llevó a cabo un estudio para determinar las zonas de riesgo por inundación continuas a la red hídrica que abastece esta importante cuenca, mediante análisis espacial implementado el software ArcGIS Pro, este análisis se realizó mediante la clasificación de la red hídrica, teniendo como base una influencia de 30 metros hacia los lados tanto de los drenajes dobles y sencillos, a partir de las riberas de las mismas.

Ya obteniendo esta información de las zonas de influencia, se disolvió el atributo gridcode, a partir del cual se construyó una nueva capa vectorial la cual nos sirvió de base para la evaluación de los riesgos y ser integrada con la capa de cobertura de suelos, permitiéndonos categorizar las distintas áreas de la zona de influencia, según la proyección a posibles eventualidades por inundación.

El mapa resultante de los geoprosesos fue un mapa base, con los respectivos niveles de riesgo de inundación, pudiéndolos clasificar en cinco categorías, como lo son: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto, permitiéndonos visualizar de manera más detallada y precisa el riesgo en cada una de

las áreas de la red hídrica que abastece la cuenca el “Espíritu Santo” y como complemento se elaboró una representación gráfica, en un diagrama de barras para conocer los porcentajes de área que le corresponden a cada nivel de riesgo, en donde se identificó que la mayor área corresponde al riesgo alto con 11,84 hectáreas, seguida del riesgo medio con 9,19 hectáreas y del riesgo muy alto con 9,08 hectáreas. Las zonas con menor exposición fueron las clasificadas como de riesgo bajo (7,65 ha) y muy bajo (4,55 ha).

En la figura número cuatro, se observa que el área recubierta por color rojo, con ubicación norte, y parte noreste y noroccidente corresponden a la zona de mayor riesgo, del área objeto de estudio, esto como consecuencia de la unión de varias quebradas que van llegando a las partes más bajas de las cordilleras y abastecen la cuenca, lo cual hace que al adjuntarse varias quebradas, o desembocaduras a ríos aumente su cauce y se puedan presentar desbordamientos de estos, y hasta en casos extremos pueden presentarse deslizamientos continuos a la red hídrica que pueden generar taponamientos y terminar en avalanchas, por el contrario la zona Sur y parte de la Sureste y Suroeste, corresponden a las zonas de menor riesgo, esto como consecuencia de su ubicación geográfica en su mayoría sobre cordilleras, partes altas o distancia del área que se encuentran alejadas a las zonas de influencia evaluadas.

Lo anterior permitiéndonos identificar la distribución de las áreas de riesgo, pudiendo saber cuáles son las que necesitan atención prioritaria bien sea en términos de mitigación y prevención por posibles eventualidades, en donde es importante resaltar que la principal área en zona de riesgo pertenece a áreas rurales y un costado del casco urbano del municipio de Briceño, en donde podrían verse afectadas algunas viviendas, redes de servicios básicos, infraestructura, sistemas agrícolas y pecuarios, además de agravar otras problemáticas ambientales como lo es la erosión, pérdida de suelo, movimientos en masa, además de disminución en la productividad, los ecosistemas ribereños podrían sufrir alteraciones en su dinámica natural, para lo cual sería necesario procesos de restauración ecológica.

Los resultados obtenidos permiten orientar decisiones informadas en planificación territorial, priorizar acciones en zonas vulnerables y fortalecer las estrategias de prevención frente a fenómenos hidrometeorológicos. La información generada constituye un insumo fundamental para el desarrollo de políticas locales de adaptación al cambio climático y protección de las comunidades más expuestas.

Tabla 1

Distribución del área según clasificación del riesgo de inundación en la cuenca del municipio de Briceño.

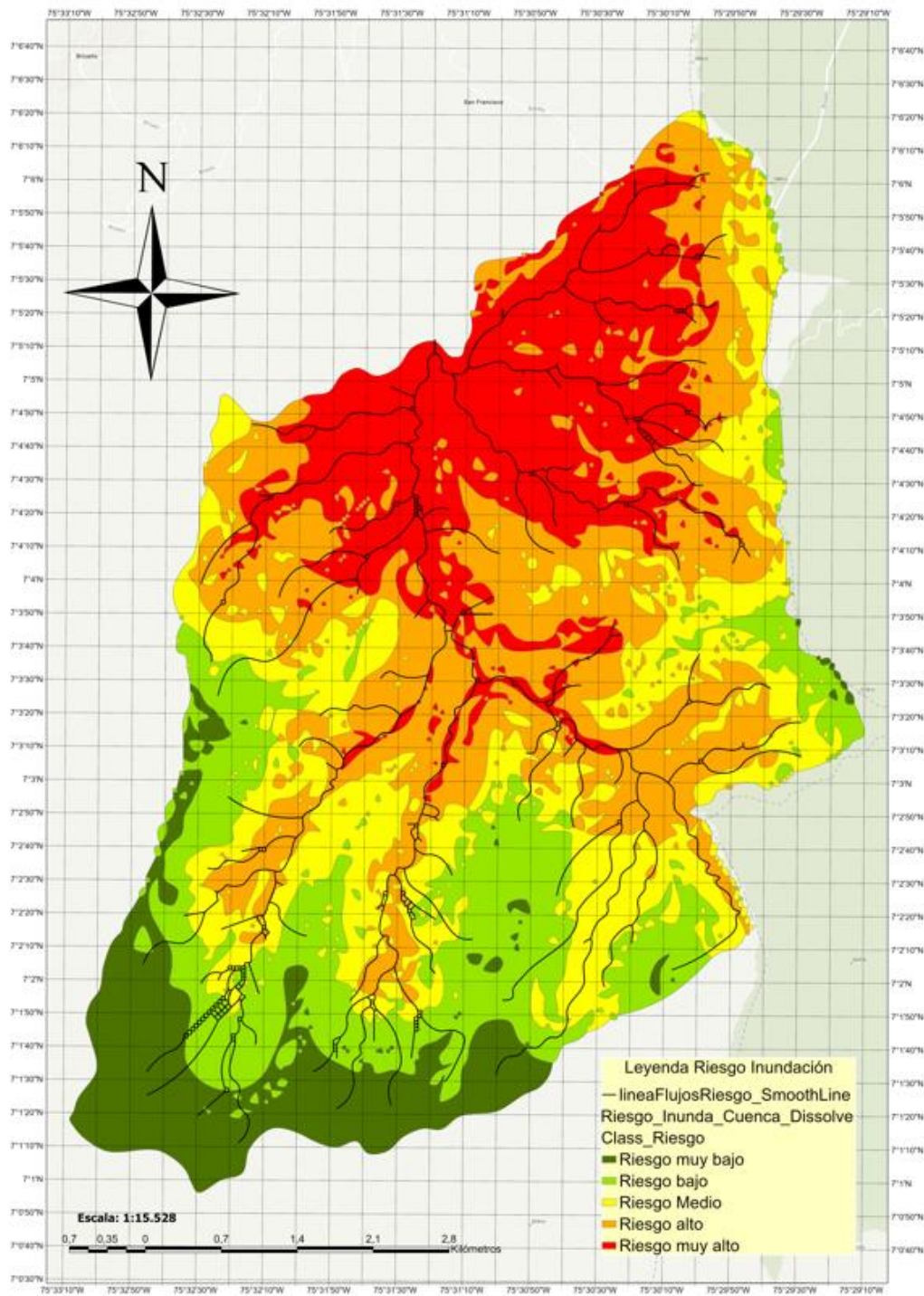
Tabla de atributos Capa (Riesgo inunda Cuenca Dissolve)		
Class_Riesgo	Area_ha	Simbología Color
Riesgo muy bajo	4.553702323	
Riesgo bajo	7.649354134	

Riesgo Medio	9.188008616	
Riesgo alto	11.84008813	
Riesgo muy alto	9.075410056	

Nota: Elaboración propia, 2025

Figura 4

Mapa de clasificación del riesgo de inundación en la cuenca el espíritu santo ubicada en el municipio de Briceño.








Marinela Londoño Zapata(2025)

Fuente: Elaboración Propia mediante ArcGIS Pro, 2025.

Figura 5

Clasificación de Corine Land Cover (2018) de la cuenca el espíritu santo de Briceño/Antioquia.

<input checked="" type="checkbox"/>	Símbolo	Valor	Etiqueta
▼ Class_Riesgo 5 clases de símbolo ●●●			
<input checked="" type="checkbox"/>		Riesgo muy bajo	Riesgo muy bajo
<input checked="" type="checkbox"/>		Riesgo bajo	Riesgo bajo
<input checked="" type="checkbox"/>		Riesgo Medio	Riesgo Medio
<input checked="" type="checkbox"/>		Riesgo alto	Riesgo alto
<input checked="" type="checkbox"/>		Riesgo muy alto	Riesgo muy alto

Fuente: *Elaboración propia mediante ArcGIS Pro, 2025.*

En este apartado, se presenta la gráfica con los resultados obtenidos mediante los geoprosesos aplicados utilizando el método multicriterio en el área de estudio correspondiente a la red hídrica de la cuenca el “Espíritu Santo, tal como se observa en la Figura 6.

Figura 6

Evaluación del nivel de riesgo de inundación en la cuenca del espíritu santo ubicada en el municipio de Briceño



Fuente: *Elaboración propia mediante ArcGIS Pro, 2025.*

La Figura 6 presenta la evaluación del nivel de riesgo de inundación dentro de las zonas de la cuenca del espíritu santo en el municipio de Briceño, clasificando el territorio en cinco categorías: riesgo muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto. Esta clasificación se realiza con base en el área (en hectáreas) que se encuentra expuesta a cada nivel de riesgo.

El análisis muestra que el mayor porcentaje del territorio corresponde al riesgo alto, con un área de aproximadamente 11,84 hectáreas. Este dato es alarmante, ya que indica que una porción significativa del área de estudio está expuesta a condiciones que favorecen las inundaciones. A este grupo le sigue el riesgo medio, con 9,18 hectáreas, y el riesgo muy alto, con 9,08 hectáreas. Aunque este último presenta una extensión ligeramente menor, su clasificación sugiere consecuencias potencialmente más graves en caso de una inundación.

Por otro lado, el área clasificada como riesgo bajo abarca 7,65 hectáreas, mientras que el riesgo muy bajo se limita a 4,55 hectáreas. Aunque estas zonas representan menor peligro, no deben ser descartadas en los planes de gestión territorial, ya que factores como el cambio climático o la intervención antrópica pueden modificar sus condiciones a futuro.

Según los resultados obtenidos mediante el método multicriterio de evaluación del riesgo de inundación, en las zonas de la cuenca del espíritu santo de Briceño/Antioquia, se identifican distintas zonas con niveles variables de riesgo, destacándose las áreas clasificadas con riesgo alto y muy alto. En particular, un porcentaje significativo del territorio presenta condiciones de alta susceptibilidad a inundaciones, debido principalmente a su topografía de terrenos planos o de baja pendiente, lo que facilita la acumulación de agua durante temporadas de lluvias intensas.

La Figura 6 también nos ilustra, pero con un gráfico de barras sobre los porcentajes de área por nivel de riesgo, como lo es el nivel alto, con aproximadamente 11,84 hectáreas, seguido del riesgo medio (9,18 ha) y el riesgo muy alto (9,08 ha). Estas categorías reflejan una preocupante exposición del municipio frente a eventos de inundación, especialmente en zonas vulnerables cercanas a cuerpos hídricos que pueden desbordarse en temporadas críticas. Este patrón coincide con las observaciones del Plan de Ordenamiento Territorial (POT), el cual advierte sobre el riesgo derivado del desbordamiento de ríos y quebradas en épocas de lluvias intensas.

Conclusiones

Las zonas de influencia correspondientes a las áreas de riesgo muy alto y alto, tienen una extensión de 21 hectáreas aproximadamente, lo cual significa un 49,65% de la totalidad del área objeto de estudio de la cuenca el Espíritu Santo, lo cual es bastante alarmante porque es un área bastante grande la que podría estar muy expuesta a posibles eventualidades ambientales como lo son inundaciones y deslizamientos, además de los impactos ambientales que se generan a partir de estas catástrofes ambientales.

Los demás niveles de riesgo, conformados por riesgo medio, bajo y muy bajo, tiene un área de influencia 21,30 hectáreas correspondiente a un 50,35% del área de estudio, esto como consecuencia de estar ubicados sobre la cordillera de zonas montañosas o deprecaciones de pendientes alejadas de redes hídricas que abastecen la cuenca, pudiendo determinar estas zonas

mucho más seguras refiriéndonos a problemas de inundación, pudiendo de cierta manera estar en peligros más altos, siendo objeto de otros tipos de evaluación a otras eventualidades como deslizamientos, pérdida del recurso hídrico, pérdida de cobertura vegetal etc.

Este estudio resalta la necesidad de fortalecer la planificación territorial en el municipio de Briceño, con relación a esta cuenca específicamente, pudiendo incorporar análisis del riesgo como un eje central para la toma de decisiones. Priorizar la protección de las comunidades más vulnerables y la preservación de los ecosistemas que contribuirá a reducir los impactos sociales, económicos y ambientales derivados de posibles eventualidades como inundaciones.

El uso de nuevas tecnologías para el análisis de ciertos parámetros o en este caso de eventualidades medio ambientales, ya es indispensable, el programa ArcGIS Pro es un programa muy diversificado, flexible y completo el cual nos permitió realizar una gran cantidad de geoprocursos muy importantes, que nos llevaron al reconocimiento de las áreas de influencia en los diferentes niveles de riesgo obtenidos, esta información se vuelve de suma importancia para la toma de decisiones futuras, en relación a garantizar el bienestar tanto de la población como de los ecosistemas que intervienen, en este caso todos los componentes que hacen parte de la cuenca el Espíritu Santo del municipio de Briceño/Antioquia.

Recomendaciones

Considerando el estudio realizado, en relación a las zonas de riesgo plenamente identificadas de la cuenca el Espíritu Santo del municipio de Briceño/Antioquia, se sugiere dar prioridad a las acciones de mitigación y conservación ecológica en las zonas detectadas con un alto y muy alto riesgo de inundación, cabe resaltar que los bosques riverños juegan un papel fundamental en la regulación hídrica, actúan como barreras soportando las redes hídricas en sus costados, además de reducir en gran medida procesos de erosión y de infiltración a subsuelos.

Se debe iniciar una reubicación gradual, pero con toda la gravedad del caso de las familias que se encuentran en estos niveles de riesgo alto, es indispensable hacerlo, esto salvaguardara la vida de estas familias, siempre y cuando su reubicación represente su seguridad integra ante posibles eventualidades y también sean reubicados en lugares dignos donde puedan continuar con procesos de desarrollo y crecimiento.

Es indispensable replantear la categorización del uso de los suelos, en función de los niveles de riesgo, pudiendo potenciar las áreas que se encuentran en estas áreas de influencia más baja para que sean aprovechadas en el sector de infraestructuras, sector agrícola y pecuario prioritariamente con sistemas de producción eficientes y sostenibles, los cuales puedan garantizar un soporte económico para las familias de la región, sin comprometer los servicios ecosistémicos y de regeneración del medio ambiente.

Resalta la relevancia de promover procesos de enseñanza y concienciación comunitaria acerca del peligro de inundaciones y preservación de los ecosistemas locales. Estas medidas deben complementarse con el robustecimiento de infraestructuras ya existentes para incrementar su capacidad de resistencia ante fenómenos climáticos severos, además de la puesta en marcha de sistemas de alerta temprana eficientes que posibiliten responder de forma adecuada ante circunstancias de emergencia.

En última instancia, resulta crucial que el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) y otras herramientas de planificación municipal se actualicen incorporando los hallazgos del análisis de riesgo y las particularidades geográficas y climáticas de la zona. Únicamente mediante una planificación territorial exhaustiva y preventiva será posible disminuir la vulnerabilidad del municipio y edificar un modelo de desarrollo balanceado, resistente y respetuoso con el medio ambiente.

Enlace de sustentación

<https://youtu.be/nMpQdu9oNmk?si=tgLHWLCluAi-7f3G>

Referencias Bibliográficas

Alcaldía de Briceño. (2022). *Plan de Desarrollo Municipal 2020-2023: Briceño somos todos*. https://bricenoantioquia.micolombiadigital.gov.co/sites/bricenoantioquia/content/files/000751/37517_presentacion-final-ajustes-pdm-briceno.pdf

Allafta, H., & Opp, C. (2021). GIS-based multi-criteria analysis for flood-prone areas mapping in the trans-boundary Shatt Al-Arab basin, Iraq–Iran. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, Vol. 12(1), pp. 2087–2116. <https://doi.org/10.1080/19475705.2021.1955755>

Banzhaf, H. S. (2009). Economics at the fringe: Non-market valuation studies and their role in land use plans in the United States. *Journal Of Environmental Management*, Vol. 91(3), pp. 592-602. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.10.003>

Djanibekov, U., Polyakov, M., Craig, H., y Paulik, R. (2024). Flood Impacts on Agriculture under Climate Change: The case of the Awanui Catchment, New Zealand. *Economics of Disasters and Climate Change*, Vol. 8, pp. 283–316. <https://doi.org.bibliotecavirtual.unad.edu.co/10.1007/s41885-024-00147-3>

Efraimidou, E., y Spiliotis, M. (2024). A GIS-Based flood risk assessment using the decision-making trial and evaluation laboratory approach at a regional scale. *Environmental Process*. No. 11, Article:9. <https://doi.org/10.1007/s40710-024-00683-w>

Escolano Utrilla, S. (2015). Primera parte. 2. La representación del espacio geográfico en los SIG: Modelos de datos. En S. Escolano Utrilla (Ed), *Sistemas de información geográfica: Una introducción para estudiantes de geografía* (pp. 47-78). Prensas de la Universidad de Zaragoza. <https://elibro-net.bibliotecavirtual.unad.edu.co/es/lc/unad/titulos/44840>

Esri. (s.f.). *Análisis espacial en ArcGIS Pro*. ArcGIS Pro - Documentación. <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/help/analysis/introduction/spatial-analysis-in-arcgis-pro.htm>

Esri. (s.f.). *Software SIG de escritorio: ArcGIS Pro*. Esri. <https://www.esri.com/es-es/arcgis/products/arcgis-pro/overview>

García, C. (2025, mayo 8). *Antioquia en alerta por Inundaciones: 87 Municipios bajo amenaza*. Alerta Paisa. <https://www.alertapaisa.com/noticias/antioquia/antioquia-en-alerta-por-inundaciones-87-municipios-bajo-amenaza>

Geoinnova. (2017, junio 13). Uso de los GIS en la detección y gestión de catástrofes naturales. GEOINNOVA SL. <https://geoinnova.org/blog-territorio/gestion-de-catastrofes-naturales/>

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*, Vol. 5(8), pp. 59–70. <https://research-ebSCO-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/linkprocessor/plink?id=7d5a99fe-dbcf-33b6-943e-dd92eebf52b6>

IDEAM. (2018). *Estudio Nacional del Agua 2018*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. <https://www.ideam.gov.co/web/agua/estudio-nacional-del-agua>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (s.f.). *Características climatológicas de ciudades principales y municipios turísticos*. <https://www.ideam.gov.co/documents/21021/418894/Caracter%C3%ADsticas%2Bde%2BCiudades%2BPrincipales%2By%2BMunicipios%2BTur%C3%ADsticos.pdf>

INFOBAE. (2021, agosto 1). *Calamidad pública: reportan más de 300 damnificados tras fuertes lluvias en Briceño, Antioquia*. INFOBAE. <https://www.infobae.com/america/colombia/2021/08/01/calamidad-publica-reportan-mas-de-300-damnificados-tras-fuertes-lluvias-en-briceno-antioquia/>

MasterGIS. (2022, enero 21). *Métodos para realizar un análisis multicriterio en un SIG*. <https://mastergis.com/blog/metodos-analisis-multicriterio-sig>

Olaya, V. (2020). *Sistemas de Información Geográfica*. Open Library. https://openlibrary.org/works/OL17311222W/Sistemas_de_informaci%C3%B3n_geogr%C3%A1fica

Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres. (2016). *Plan municipal de gestión del riesgo de desastres: Briceño – Antioquia*. Recuperado el 8 de junio de 2025, de https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co:8443/bitstream/handle/20.500.11762/28366/PMGRD_Brice%C3%B1oAntioquia_2016.pdf?sequence=2&isAllowed=y