

Evaluación del Riesgo por Inundación en Ocaña

Aplicación de Sistemas de Información Geográfica para el Ordenamiento Agroambiental del Territorio

Jesús Cipriano Vaca Pérez
Braidon Yahir Rico Monsalve

Resumen

El presente estudio analiza el riesgo por inundación en el municipio de Ocaña, Norte de Santander, mediante un enfoque basado en Sistemas de Información Geográfica (SIG) y análisis multicriterio. Su objetivo principal es identificar zonas vulnerables y diseñar estrategias que contribuyan al ordenamiento agroambiental del territorio. Se integraron variables como la pendiente del terreno, el uso del suelo, la proximidad a cuerpos de agua y los niveles de precipitación de octubre, uno de los meses más lluviosos del año. Por medio de la transformación de datos ráster a vectorial y la clasificación de niveles de riesgo, se generaron mapas y tablas que describen la distribución espacial del riesgo. Los resultados evidencian que hay grandes zonas de riesgo y se concentran cerca de cuerpos hídricos y pendientes pronunciadas, impactando sistemas agropecuarios, infraestructuras y comunidades locales. Finalmente, se destaca la efectividad del uso de SIG y del análisis multicriterio para la evaluación del riesgo territorial, así como la necesidad de implementar medidas de mitigación, tales como el fortalecimiento de sistemas de alerta temprana, la restauración de ecosistemas y la creación de infraestructura verde. Este estudio representa una herramienta valiosa para la planificación territorial y la gestión del riesgo en contextos similares.

Palabras claves: ordenamiento territorial, sistemas de información, análisis multicriterio, riesgo por inundación, geoprocetamiento.

Introducción

Las inundaciones constituyen uno de los fenómenos naturales más frecuentes y devastadores, con impactos significativos en comunidades, infraestructuras y ecosistemas. “Según la Organización de Naciones Unidas (ONU), las inundaciones afectan anualmente a millones de personas a nivel mundial, generando pérdidas humanas y económicas considerables” (ONU, 2020). “En Colombia, este problema se ha intensificado debido a factores como el cambio climático, el

crecimiento poblacional desordenado y la deforestación, lo que ha incrementado la vulnerabilidad de las áreas rurales y urbanas” (IDEAM, 2021).

El municipio de Ocaña, ubicado en el departamento de Norte de Santander, enfrenta un riesgo recurrente de inundaciones debido a su topografía y patrones de precipitación. “Estudios previos realizados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) han identificado zonas críticas donde las inundaciones impactan la

productividad agrícola, la infraestructura vial y la calidad de vida de sus habitantes” (IDEAM, 2021). Aunque se han implementado medidas como la construcción de canales de drenaje y campañas de reforestación, persisten importantes desafíos en la planificación y gestión del riesgo por inundación.

En este contexto, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) ofrecen herramientas robustas para el análisis y la gestión del riesgo por inundación, permitiendo integrar variables geográficas y climáticas en modelos de análisis multicriterio (Smith & Petley, 2020). Estas tecnologías no solo facilitan la identificación de áreas vulnerables, sino que también apoyan la toma de decisiones en la planificación del ordenamiento agroambiental del territorio.

Este estudio tiene como objetivo principal analizar el riesgo por inundación en el municipio de Ocaña mediante la aplicación de SIG, generando insumos cartográficos y analíticos que contribuyan al diseño de estrategias de mitigación y adaptación. A través de la transformación de datos ráster a vectorial y el cálculo de áreas afectadas, se busca proporcionar información clara y precisa sobre la distribución espacial del riesgo, con un enfoque particular en su impacto sobre los sistemas agropecuarios, las comunidades y los ecosistemas locales.

Objetivos

General

Analizar el riesgo por inundación en el municipio de Ocaña mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG), con el fin de identificar zonas vulnerables y proponer estrategias de ordenamiento

agroambiental para mitigar el impacto de las inundaciones

Específicos

- Identificar y clasificar las zonas de riesgo por inundación en el municipio de Ocaña mediante análisis multicriterio utilizando SIG
- Analizar el impacto del riesgo de inundación sobre comunidades, infraestructuras, sistemas agropecuarios y ecosistemas locales
- Diseñar estrategias de mitigación y adaptación que promuevan el ordenamiento agroambiental y reduzcan la vulnerabilidad frente a las inundaciones

Identificación del caso de estudio

“El municipio de Ocaña se encuentra ubicado en el departamento de Norte de Santander, Colombia, y hace parte de la región del Catatumbo. Su posición geográfica, a una altitud promedio de 1.202 metros sobre el nivel del mar, le confiere un clima templado de montaña, con temperaturas promedio que oscilan entre los 18 y 24 °C” (Alcaldía de Ocaña, 2023). La economía local se basa principalmente en la agricultura, destacándose cultivos como el café, la caña panelera y frutas, lo que convierte a este territorio en una región clave para la seguridad alimentaria regional.

“En términos climáticos, Ocaña presenta una marcada estacionalidad en las precipitaciones, con lluvias concentradas en los meses de abril, mayo, octubre y noviembre” (IDEAM, 2021). Octubre, el mes utilizado para este análisis, es caracterizado por un alto nivel de precipitaciones promedio, que supera los 150 mm (IDEAM, 2021). Estas lluvias intensas, en combinación con su topografía montañosa y la ocupación desordenada del suelo, incrementan

la vulnerabilidad del municipio frente a fenómenos de inundación.

Desde el punto de vista hidrográfico, Ocaña se encuentra atravesada por varias quebradas y riachuelos que desembocan en el río Catatumbo. Estas características hidrográficas, sumadas a la inadecuada gestión de las áreas de recarga hídrica, exacerbaban el riesgo de desbordamientos durante la temporada de lluvias.

En el contexto de planificación territorial, el municipio enfrenta desafíos importantes en la gestión del riesgo asociado a inundaciones, dado que estas no solo afectan la infraestructura vial y residencial, sino también áreas críticas para la producción agropecuaria. Este estudio busca contribuir a la identificación precisa de zonas de riesgo, tomando como referencia las condiciones climáticas de octubre y aplicando herramientas de análisis espacial avanzadas para fortalecer el ordenamiento agroambiental.

Metodología

El presente estudio utiliza un enfoque de análisis multicriterio (AMC) basado en Sistemas de Información Geográfica (SIG) para identificar y clasificar las áreas de riesgo por inundación en el municipio de Ocaña. Esta metodología integra datos ambientales y climáticos relevantes mediante la aplicación de herramientas SIG avanzadas, proporcionando una visión integral y geoespacial del problema.

Proceso Metodológico

1. Recolección y preparación de datos

Se recopiló datos climáticos del IDEAM, específicamente los niveles de precipitación de octubre, debido a que este es uno de los meses con mayores lluvias en la región. Además, se obtuvieron datos geográficos, como

pendientes topográficas, proximidad a cuerpos de agua y tipos de uso del suelo, considerados factores determinantes en el análisis del riesgo. Estos datos fueron procesados en un formato ráster, lo que facilitó su manejo inicial en el software ArcGIS Pro.

2. Preparación de datos ráster

Se definieron criterios de análisis basados en estudios previos y las características del territorio. Cada criterio fue ponderado según su influencia en el riesgo por inundación:

- Pendiente del terreno: las áreas con mayor inclinación tienen menor acumulación de agua, mientras que las áreas planas son más propensas a inundaciones
- Proximidad a cuerpos de agua: se estableció que las zonas cercanas a ríos y quebradas presentan mayor riesgo
- Uso del suelo: las áreas urbanas y agrícolas presentan distinta vulnerabilidad en comparación con áreas forestadas o naturales
- Precipitación: los niveles de lluvia alta en octubre se incorporaron como un factor crítico

Estos criterios se integraron mediante un análisis de suma ponderada, generando una capa inicial de riesgo que representaba el impacto combinado de las variables.

3. Transformación de ráster a vectorial

Se utilizó la herramienta de conversión de ArcGIS Pro para transformar la capa ráster en una capa vectorial,

específicamente en formato de polígonos. Esto permitió una mayor flexibilidad en el análisis de atributos espaciales y facilitó la categorización de los niveles de riesgo por inundación (Figura 1).

4. Disolución y simplificación de datos

Posteriormente, se aplicó un geoproceso de disolución para unificar los polígonos basados en su atributo "gridcode". Esta operación redujo la complejidad de los datos y simplificó su representación gráfica y tabular (Figura 2).

5. Categorización del riesgo y cálculo de geometría

En la tabla de atributos de la capa vectorial disuelta, se añadieron dos columnas: "Class_riesgo_inundación" y "Área". La primera columna se utilizó para reclasificar las áreas según la tabla de riesgos cualitativos (Tabla 1), mientras que la segunda calculó el área de cada polígono utilizando la herramienta de cálculo de geometría. Las áreas fueron calculadas en hectáreas para facilitar la interpretación y comparación de los resultados.

6. Clasificación y ajuste de simbología

Una vez reclasificados los datos, se aplicó una simbología de colores basada en los niveles de riesgo establecidos. Esto permitió una visualización clara y comprensible del mapa final de riesgo por inundación.

7. Análisis de resultados

Se analizaron los polígonos resultantes según su categoría de riesgo, identificando áreas críticas con mayor y menor vulnerabilidad. Este análisis incluyó la generación de gráficos y

tablas para representar visualmente la distribución espacial del riesgo y su impacto en los sistemas agropecuarios, infraestructuras y comunidades locales.

Figura 1.

Transformación de capa ráster a polígono

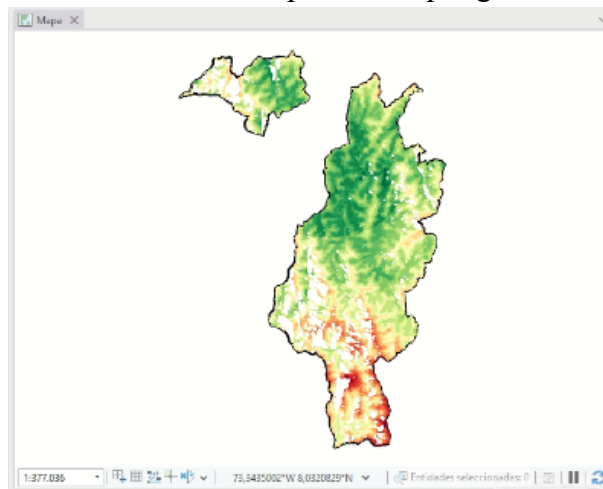
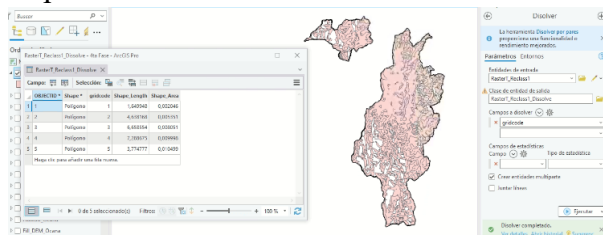


Figura 2.

Capa vectorial disuelta



El análisis multicriterio fue seleccionado debido a su capacidad para integrar múltiples variables en un modelo espacial coherente, proporcionando resultados detallados y útiles para la planificación territorial. Herramientas SIG como ArcGIS Pro permitieron una ejecución eficiente de los procesos descritos, garantizando la precisión y reproducibilidad del estudio.

Resultados

Tras la reclasificación de los datos según la metodología descrita, se obtuvieron las categorías cualitativas de riesgo por inundación: Muy Bajo, Bajo, Medio, Alto y Muy Alto. La simbología y los colores asignados a cada nivel de riesgo permiten una representación clara de las áreas afectadas, tal como se muestra en la Figura 3 (Mapa de riesgo en formato vectorial).

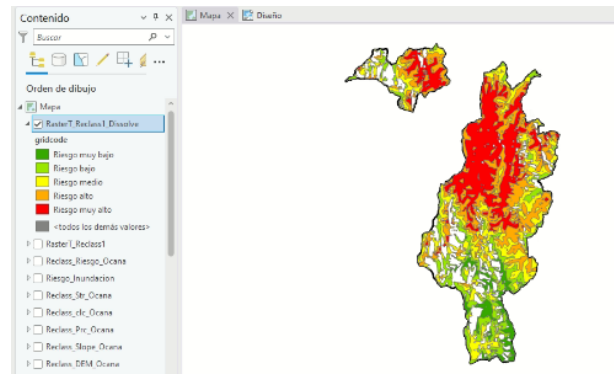
La Figura 4 presenta la tabla de atributos final, que incluye las columnas "Class_Riesgo_Inundación" y "Área". En esta tabla, se observa una categorización detallada de los polígonos según su nivel de riesgo.

Distribución Espacial de las Categorías de Riesgo

- Mayor área afectada: La categoría de Riesgo Muy Alto es la más extensa, con un total de 12,752 hectáreas, lo que representa un impacto significativo en el territorio. Estas áreas están principalmente asociadas a zonas cercanas a cuerpos de agua o con pendientes pronunciadas.
- Menor área afectada: La categoría de Riesgo Muy Bajo abarca solo 2.944 hectáreas, distribuidas en zonas de menor vulnerabilidad, generalmente alejadas de fuentes hídricas principales.

Figura 3.

Reclasificación por riesgo por inundación



Se generó una gráfica de pastel (Figura 3.) para mostrar la proporción de cada categoría de riesgo respecto al área total analizada. Este gráfico facilita la comprensión visual de cómo se distribuyen espacialmente las distintas categorías de riesgo.

Las áreas clasificadas como de Riesgo Muy Alto y Alto constituyen los puntos críticos que requieren mayor atención. Estas zonas incluyen áreas habitadas y terrenos agrícolas importantes para la economía local, por lo que su vulnerabilidad podría tener consecuencias significativas para las comunidades y ecosistemas.

Figura 4.

Tabla de atributos final

OBJECTID	Shape	gridcode	Shape_Length	Shape_Area	Class_Riesgo_Inundación	Área
1	Polígono	1	1,649948	0,002046	Riesgo muy bajo	2494
2	Polígono	2	4,638186	0,005151	Riesgo bajo	6522
3	Polígono	3	6,658354	0,008051	Riesgo medio	9812
4	Polígono	4	7,203675	0,009980	Riesgo alto	12103
5	Polígono	5	3,774777	0,010489	Riesgo muy alto	12792

Impacto en la Comunidad y el Territorio

- Infraestructuras: Las áreas de Riesgo Muy Alto podrían afectar

infraestructuras clave, como vías de comunicación y servicios públicos, dificultando el acceso y aumentando los costos de reparación.

- **Sistemas Agropecuarios:** Las zonas agrícolas ubicadas en áreas de riesgo elevado corren el riesgo de pérdida de cultivos, lo que impacta directamente en la economía local y la seguridad alimentaria de las comunidades.
- **Ecosistemas:** Las inundaciones en áreas de alto riesgo pueden alterar los hábitats naturales, afectando la biodiversidad y los servicios ecosistémicos esenciales, como la regulación hídrica y la fertilidad del suelo.

Los resultados obtenidos mediante este análisis espacial y los datos tabulados refuerzan la necesidad de priorizar las zonas de mayor riesgo en los planes de mitigación y adaptación. Las áreas identificadas como de Riesgo Muy Alto y Alto requieren atención inmediata, ya que concentran una combinación de vulnerabilidades que impactan directamente a la población, la infraestructura y los ecosistemas.

Conclusiones

El estudio permitió identificar y clasificar las zonas de riesgo por inundación en el municipio de Ocaña mediante el uso de herramientas SIG y análisis multicriterio. Las áreas clasificadas con riesgo Muy Alto, que abarcan más de 12,000 hectáreas, representan los mayores desafíos para la gestión territorial, afectando comunidades, sistemas agropecuarios e infraestructuras críticas.

Los resultados reflejan que las inundaciones tienen un impacto significativo en la región, particularmente en los sistemas agropecuarios y

las infraestructuras viales. Las zonas más vulnerables están ubicadas cerca de cuerpos de agua y pendientes pronunciadas, lo que refuerza la necesidad de intervenciones específicas para mitigar el riesgo.

La metodología basada en el uso de SIG y el análisis multicriterio demostró ser efectiva para integrar múltiples variables ambientales en un modelo espacial coherente. Este enfoque permitió generar mapas y tablas que ofrecen información detallada sobre la distribución del riesgo, sirviendo como insumos clave para la planificación agroambiental.

Las estrategias diseñadas, como el fortalecimiento de los sistemas de alerta temprana, la implementación de infraestructura verde y la restauración de ecosistemas ribereños, representan acciones concretas para reducir la vulnerabilidad del territorio frente a inundaciones. Estas medidas deben ser incorporadas en los planes de ordenamiento agroambiental del municipio.

Si bien los resultados obtenidos son altamente relevantes para el contexto actual, están limitados a las condiciones climáticas de octubre y las variables disponibles. Es fundamental actualizar este análisis periódicamente, incorporando datos más recientes y variables adicionales que reflejen cambios en el clima y el uso del suelo.

Recomendaciones

- Implementar o mejorar sistemas de monitoreo hidrometeorológico que permitan anticipar eventos de inundación. Estos sistemas deben incluir sensores de nivel de agua en ríos críticos, estaciones meteorológicas y sistemas de comunicación efectivos para alertar a las comunidades en tiempo real.

- Promover la implementación de soluciones basadas en la naturaleza, como la restauración de ecosistemas ribereños, la reforestación con especies nativas y la creación de áreas de amortiguación que reduzcan el impacto de las inundaciones.
- Diseñar y construir obras de mitigación, como diques, canales de drenaje y reservorios, en las áreas identificadas como de mayor riesgo. Estas estructuras deben ser compatibles con las características hidrológicas del municipio y diseñadas para minimizar impactos ambientales.
- Impulsar políticas locales y regionales que incentiven la conservación de cuencas hidrográficas y la gestión integrada del agua, alineadas con las directrices nacionales de adaptación al cambio climático y ordenamiento territorial.

Smith, K., & Petley, D. N. (2020). *Environmental Hazards: Assessing Risk and Reducing Disaster*. Routledge.

Enlace de sustentación:

Referencias bibliográficas

Alcaldía de Ocaña. (2023). Plan de Desarrollo Municipal 2020-2023. Ocaña, Colombia.

IDEAM. (2021). Atlas de Riesgo Climático en Colombia. Bogotá, Colombia: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.

IDEAM. (2021). Informe Nacional sobre el Estado del Ambiente. Bogotá, Colombia: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.

Malczewski, J. (1999). *GIS and Multicriteria Decision Analysis*. John Wiley & Sons.

ONU. (2020). *Disaster Risk Reduction Report*. New York: United Nations.