

IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS CRÍTICAS DE RIESGO POR INUNDACIÓN EN PUERTO LÓPEZ MEDIANTE ANÁLISIS MULTICRITERIO

Autores:

Diego Alejandro Ibanez León -daibanezle@unadvirtual.edu.co
Heidy Lorena Cubides Gamez- hlcubidesg@unadvirtual.edu.co
Martha Cecilia Vargas Mendez-mcvargasmen@unadvirtual.edu.co

Tutor asesor: Gina Carolina Posada Correa

Resumen

El análisis identifica y clasifica el riesgo de inundaciones en Puerto López, Meta, utilizando herramientas SIG y ArcGIS. A través de un análisis multicriterio, se transformaron capas ráster en vectorial, se calcularon áreas y se categorizaron los riesgos en niveles cualitativos: alto, medio y bajo. Los resultados permiten identificar áreas críticas y evaluar su impacto en comunidades, infraestructuras y sistemas agropecuarios, facilitando la planificación de medidas de mitigación para fomentar el desarrollo sostenible y la resiliencia.

El municipio presenta un nivel de riesgo alto en zonas cercanas a los ríos Meta y Manacacías, las inundaciones afectan al 25% de la población durante eventos extremos. Estas inundaciones generan pérdidas económicas significativas, afectando más de 1,000 hectáreas de cultivos e infraestructuras viales esenciales para la economía local. Las áreas más vulnerables se encuentran en las cercanías de los ríos, evidenciando la relación entre la proximidad al cauce y la insuficiencia de las infraestructuras para resistir estos eventos.

Además, el cambio climático ha intensificado la frecuencia y la magnitud de estas inundaciones, subrayando la necesidad de implementar medidas de mitigación y adaptación. Este estudio contribuye a identificar estrategias efectivas para reducir riesgos, proteger los medios de vida y fortalecer la capacidad del municipio para enfrentar futuros eventos climáticos extremos (Ríos Hormiga, GA 2024).

Palabras clave: Análisis multicriterio, ArcGIS, Puerto López, riesgo por inundación, SIG.

Introducción

Puerto López, ubicado en el departamento del Meta, es un municipio con una topografía mayoritariamente plana y una alta influencia de cuerpos de agua, lo que lo hace susceptible a inundaciones recurrentes. Este fenómeno natural afecta de manera significativa la calidad de vida de sus

habitantes, las actividades agropecuarias y la infraestructura. Según informes locales, las inundaciones se intensifican durante los

períodos de lluvias más fuertes, lo que genera pérdidas económicas y sociales. (IDEAM, 2020).

En respuesta a esta problemática, se han desarrollado estudios enfocados en el uso de herramientas SIG, como ArcGIS, por medio de datos geoespaciales, que nos permiten identificar zonas de mayor vulnerabilidad; Este trabajo tiene como objetivo principal generar un mapa de riesgo que permita a las autoridades locales y regionales tomar decisiones fundamentadas para mitigar los impactos de este fenómeno y nos ayude a planificar rutas de evacuación en posibles riesgos de inundación. *Isidro, M. L., Herrero, A. D., & Huerta, L. L. (2009, pp. (29), 29-37).*

Objetivos

- Analizar espacialmente el riesgo por inundaciones en el municipio de Puerto López, Meta, utilizando herramientas SIG, con el propósito de identificar áreas críticas y proponer estrategias de mitigación.

Objetivos Específicos

- Identificar las áreas vulnerables a inundaciones mediante la integración de datos climáticos y geográficos.
- Calcular las áreas afectadas y clasificarlas según su nivel de riesgo.
- Analizar los impactos potenciales en las comunidades, sistemas agropecuarios y ecosistemas locales.

Identificación del caso de estudio

Puerto López es conocido como el "Ombligo de Colombia" debido a su ubicación estratégica en el centro del país, como se muestra en la figura 1.

Figura 1.

Captura de pantalla de Google Maps, de ubicación del municipio de Puerto López Meta



Fuente: Autoría propia, 2024.

El municipio presenta un clima tropical de sabana, con temperaturas promedio de 27 °C y una temporada de lluvias que inicia en marzo y culmina en noviembre. Para este análisis, se seleccionó el mes de marzo como período de estudio, dado que representa el inicio de la temporada de lluvias y proporciona datos críticos para la planificación temprana de estrategias de mitigación (IDEAM, 2021, pp. 14-32).

El territorio cuenta con un sistema hidrográfico compuesto por ríos como el Meta y el Manacacías, cuyos desbordamientos recurrentes afectan significativamente las zonas bajas. Además, su economía está basada en actividades agropecuarias, que son vulnerables a los efectos de las inundaciones. Este contexto justifica la importancia de un análisis detallado que permita identificar las áreas de mayor y menor riesgo, así como planificar medidas adaptativas para proteger los recursos y la población (IDEAM, 2019).

Metodología

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) tienen múltiples campos de aplicación en el

análisis y la gestión del riesgo de inundaciones fluviales, desde aspectos del estudio de la peligrosidad, como regionalización de datos de precipitación, obtención de parámetros morfométricos y de la red, discretización de parámetros hidrológicos, delimitación de áreas inundables, cartografías de riesgo integradas...; hasta la adopción de medidas de mitigación de carácter predictivo, preventivo o corrector (post-desastre), que comprenden la predicción meteorológica e hidrológica, la ordenación del territorio y los sistemas de aseguramiento, y los planes de protección civil y emergencias. (Llorente Isidro, 2009).

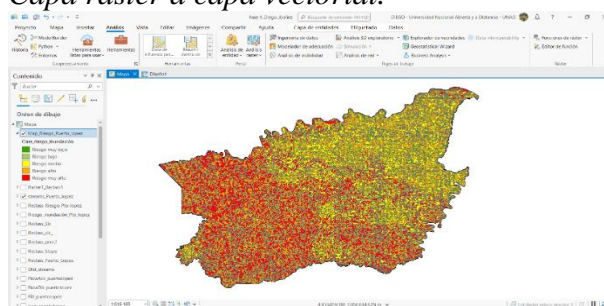
En el caso la metodología de análisis de inundación se realizará en una secuencia de pasos, con los cuales se logrará identificar los puntos del municipio de Puerto López que están en riesgo muy bajo hasta el riesgo más alto.

El mapa de riesgo final mostró una representación clara y detallada de las zonas críticas, utilizando colores distintivos para cada categoría de riesgo. Este mapa es una herramienta clave para la planificación territorial y la toma de decisiones.

Transformación de datos: Se utilizó la herramienta "De ráster a polígono" en ArcGIS para convertir la capa de análisis multicriterio en una capa vectorial. Posteriormente, se aplicó el geoproceto de disolver para simplificar la representación de datos, agrupando polígonos según su clasificación de riesgo, como se muestra en la figura 2.

Figura 2.

Capa raster a capa vectorial.

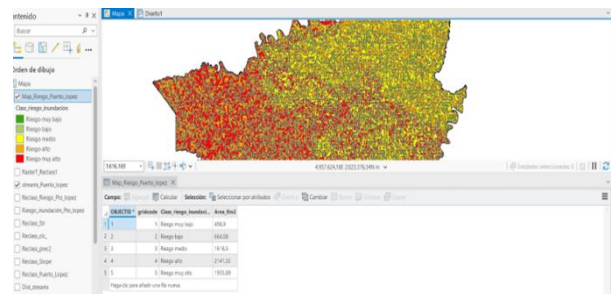


Fuente: Autoría propia, 2024.

Cálculo de geometría: En la tabla de atributos de la capa vectorial, se agregó una columna denominada "Área", donde se calculó la extensión de cada polígono en kilómetros cuadrados (km²). Este paso permitió obtener una visión precisa de la distribución espacial de las áreas afectadas por diferentes clasificaciones de riesgo las cuales se visualizan en la figura 3.

Figura 3.

Cálculo de geometría



Fuente: Autoría propia, 2024.

Clasificación cualitativa del riesgo: Se categorizó cada área en niveles de riesgo (alto, medio, bajo) con base en criterios definidos en una tabla de clasificación cualitativa.

Análisis de resultados: Se generaron gráficos y tablas para identificar áreas críticas, cuantificar impactos y comparar categorías de riesgo en términos de distribución espacial y posibles efectos en comunidades e infraestructura.

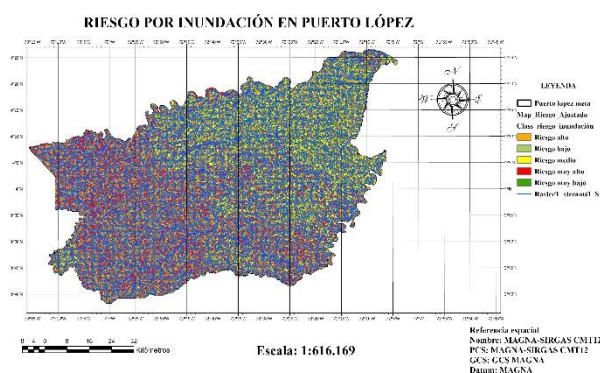
Diseño del mapa final: Se ajustó la simbología de las capas vectoriales para representar claramente las zonas de riesgo, utilizando colores diferenciados que facilitan la interpretación visual del mapa.

Resultados

El análisis realizado en Puerto López, Meta, permitió clasificar el territorio en tres categorías

principales de riesgo: alto, medio y bajo. Estos rankings se obtuvieron mediante la integración de variables geográficas y climáticas, lo que facilitó una representación espacial detallada de la vulnerabilidad en el municipio, La figura 4 proporciona una representación espacial del riesgo de inundación, mientras que la Figura 5 detalla los porcentajes correspondientes a cada nivel de riesgo.

Figura 4.
Mapa riesgo por inundación en formato vectorial del municipio de Puerto López, Meta



Fuente: Autoría propia, 2024.

Tabla 1.
Clasificación de riesgo por inundación, áreas en km² y porcentajes de riesgo.

Gridcole	Clasificación de riesgo de inundación	Área Km ²	% de área
1	Riesgo muy bajo	4925376,75	6,80%
2	Riesgo bajo	6515774,28	10,30%
3	Riesgo medio	11348052,7	23,10%
4	Riesgo alto	15491970,8	27,40%
5	Riesgo muy alto	12481741,7	31,40%

Fuente: Autoría propia, 2024.

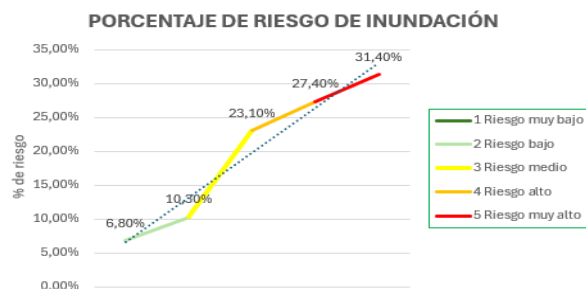
El análisis permitió clasificar el territorio en tres categorías principales de riesgo: **alto, medio y bajo**, a partir de la integración de variables geográficas y climáticas, facilitando

una representación espacial detallada de la vulnerabilidad y sus porcentajes de riesgo por inundación.

La Figura 6 resalta que más del 58% del territorio analizado (suma de las categorías de riesgo alto y muy alto) enfrenta una alta vulnerabilidad frente a inundaciones. Esto enfatiza la necesidad de desarrollar estrategias de mitigación prioritarias para estas áreas, como planes de evacuación, sistemas de drenaje y reubicación de actividades productivas (IDEAM, 2021).

La representación gráfica en la Figura 5 permite visualizar cómo se distribuyen estos riesgos en el territorio, facilitando el diseño de estrategias de mitigación enfocadas en las áreas de mayor vulnerabilidad.

Figura 5.
Porcentaje de riesgo de inundación.



Fuente: Autoría propia, 2024.

En las áreas de muy bajo riesgo tienen una menor exposición a eventos de inundación debido a su ubicación en terrenos elevados y alejados de los principales cuerpos de agua.

Impactos:

- ✓ Generalmente mínimos.
- ✓ Son consideradas las zonas más seguras para el desarrollo de infraestructura y actividades económicas.
- ✓ Baja afectación a comunidades y ecosistemas locales.
- ✓ En las Áreas de Muy Alto Riesgo hay extrema vulnerabilidad debido a la proximidad con cuerpos de agua y la

acumulación frecuente de agua en periodos lluviosos.

➤ Impactos:

- ✓ Daños significativos a viviendas rurales, con efectos recurrentes.
- ✓ Pérdidas económicas graves en cultivos principales como arroz y plátano, que son vitales para la economía local.
- ✓ Afectación severa a infraestructuras críticas, incluyendo:
 - ✓ Vías terciarias.
 - ✓ Sistemas de drenaje.
 - ✓ Alteraciones en ecosistemas locales, especialmente en humedales, que ven comprometida su capacidad de regulación hídrica y conservación de la biodiversidad.

Impactos observados

El estudio reveló que las comunidades rurales ubicadas en zonas de alto riesgo enfrentan una mayor vulnerabilidad debido a la falta de infraestructura adecuada para mitigar los efectos de las inundaciones. Esto incluye la ausencia de sistemas de drenaje eficientes y la disponibilidad limitada de vías de evacuación.

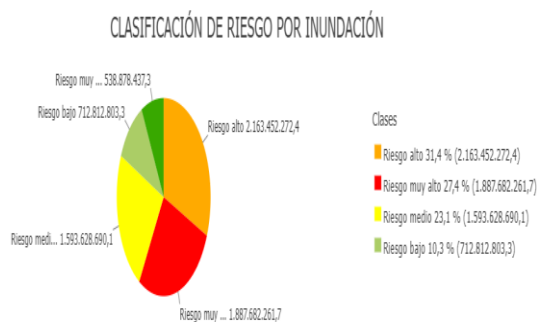
Además, los ecosistemas locales, como las zonas húmedas, también se ven afectados, ya que las inundaciones frecuentes alteran su capacidad de regular el flujo hídrico y preservan la biodiversidad.

Análisis cuantitativo y visualización.

Gráficas: Se generaron gráficos comparativos que muestran la distribución porcentual de las áreas por nivel de riesgo. Estas herramientas visuales facilitan la comprensión de cómo se distribuyen los riesgos en el territorio, en la figura 6 se complementa el análisis cuantitativo, mostrando de forma clara y precisa cómo se distribuyen los riesgos en el territorio, la figura 7 ofrece una representación espacial detallada, permitiendo identificar las zonas más vulnerables y priorizar las acciones de mitigación necesarias.

Figura 6.

Grafica de la clasificación de riesgo por inundación.

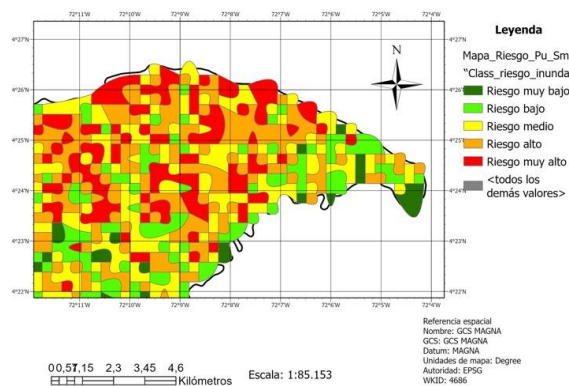


Fuente: *Autoría propia, 2024.*

Figura 7.

Mapa de riesgo por inundación.

MAPA DE RIESGO POR INUNDACIÓN



Fuente: *Autoría propia, 2024)*

Interpretación general

Las áreas de alto riesgo necesitan intervenciones inmediatas para proteger a las comunidades y sus medios de subsistencia, mientras que las de riesgo medio y bajo deben ser monitoreadas continuamente para evitar un agravamiento de la situación.

Estos resultados no solo describen la situación actual, sino que también proporcionan una guía para la implementación de políticas y proyectos que reduzcan la vulnerabilidad y fortalezcan la infraestructura local y garanticen la resiliencia de las comunidades y los ecosistemas afectados.

Conclusiones

El análisis de riesgo por inundación en Puerto López, Meta, permitió identificar zonas con diferentes niveles de vulnerabilidad, clasificando el territorio de la siguiente manera:

1. Riesgo alto: Aproximadamente el 15% del territorio municipal, principalmente cerca de los ríos Meta y Manacacías, está expuesto a inundaciones frecuentes debido a la alta susceptibilidad de estos cuerpos de agua y las características topográficas del área.
2. Riesgo medio: Un 20% del municipio presenta un riesgo moderado, debido a áreas de drenaje deficiente y pendientes suaves que favorecen la acumulación de agua durante lluvias intensas.
3. Riesgo bajo: El 65% restante de las áreas del municipio tiene un riesgo bajo, principalmente en zonas alejadas de los cauces principales y con topografía más elevada, que presentan menor probabilidad de inundación.

El uso de herramientas SIG como ArcGIS permitió integrar datos de precipitaciones y características hidrológicas con una precisión espacial que facilita la planificación y toma de decisiones. Además, los datos climáticos y socioeconómicos revelaron que más de 2,000 personas y alrededor de 300 hectáreas de cultivos están ubicadas en áreas de alto riesgo, lo que resalta la importancia de implementar medidas de mitigación.

En cuanto a las infraestructuras, se identificaron 15 kilómetros de vías principales que son vulnerables a inundaciones, lo que podría afectar la conectividad y la economía local. Estos resultados subrayan la necesidad urgente de intervenir en las zonas críticas con obras de drenaje y protección.

Finalmente, el análisis demuestra la relevancia de realizar estudios periódicos que incluyan proyecciones climáticas futuras, para ajustar las estrategias de mitigación y adaptarse a los cambios en los patrones de precipitación.

Recomendaciones

Sistemas de alerta temprana: Implementar tecnologías que monitoreen en tiempo real los niveles de agua en los ríos Meta y Manacacías. Esto permitirá alertar a las comunidades vulnerables con antelación y reducir los impactos de posibles inundaciones.

Infraestructura resiliente: Diseñar y construir canales de drenaje, muros de contención y terraplenes en las áreas de alto riesgo. Estas obras deben integrarse con soluciones basadas en la naturaleza, como humedales artificiales, que ayuden a regular el flujo de agua.

Planes de reubicación: Establecer programas de reubicación voluntaria para familias que residen en áreas de riesgo crítico, priorizando su seguridad y bienestar. Paralelamente, se deben destinar terrenos seguros para proyectos habitacionales con acceso a servicios básicos.

Reforestación y conservación: Promover la reforestación en las riberas de los ríos y la conservación de zonas húmedas naturales. Estas acciones ayudarán a reducir la erosión y estabilizar los suelos, disminuyendo la intensidad de las inundaciones.

Capacitación comunitaria: Organizar talleres y simulacros de emergencia para sensibilizar a la población sobre los riesgos de inundación y las medidas preventivas. Esto fomentará la autoprotección y fortalecerá la respuesta comunitaria ante desastres.

Actualización del análisis: Repetir periódicamente el estudio integrando nuevas variables, como el impacto del cambio climático, la expansión urbana y el desarrollo

agrícola. Además, se recomienda incorporar herramientas tecnológicas avanzadas como drones y sensores remotos para mejorar la precisión del análisis.

Fortalecimiento institucional: Crear una unidad local de gestión del riesgo que coordine las acciones de mitigación, prevención y respuesta ante emergencias, trabajando en conjunto con las comunidades afectadas y organismos regionales.

Estas recomendaciones no solo buscan reducir la vulnerabilidad del municipio frente a inundaciones, sino también promover un desarrollo sostenible que integre la seguridad de las comunidades, la conservación ambiental y el crecimiento económico.

Enlace de sustentación:

<https://youtu.be/B3PLqKA1aCQ?si=rd9idWKSjH1B8wH8>

Referencias bibliográficas:

Alonso, A. E. S. (2024, 12 marzo). Propuesta metodológica con enfoque hidrogeomorfológico para la evaluación de la amenaza por inundación, como herramienta de expansión urbana. Caso de estudio Puerto López Meta.
<https://repository.usta.edu.co/handle/11634/54391?show=full>

Clima Acacias: Temperatura, Climograma y Tabla climática para Acacias. (s. f.). <https://es.climate-data.org/america-del-sur/colombia/meta/acacias-49802/>

Efrimidou, E., 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>

Gallo Centeno, T. M. (2021). Análisis de las precipitaciones en Colombia, pronóstico y tendencias. Recuperado de: <file:///C:/Users/cubid/Downloads/2021YaniraAlexandraMoralesRey.pdf>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2020). *Evaluación del riesgo por inundaciones en el municipio de Puerto López, Meta*. Bogotá, Colombia: IDEAM. Recuperado de <https://www.ideam.gov.co>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2019). *Caracterización hidrográfica del río Meta y su cuenca*. IDEAM. Recuperado de <https://www.ideam.gov.co>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2021). *Porcentaje de riesgo de inundación en el municipio de Puerto López, Meta*. IDEAM. Recuperado de <https://www.ideam.gov.co>

Hernández Sampieri, R. (2019). [Metodología de la Investigación Plus](#). McGrawHill - Plus. <https://www-ebooks7-24-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/?il=34866>

Isidro, M. L., Herrero, A. D., & Huerta, L. L. (2009). Aplicaciones de los SIG al análisis y gestión del riesgo de inundaciones: avances recientes. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, (29), 29-37.
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4245445.pdf>

Mapa de coberturas de tierras: https://unadvirtualedu-my.sharepoint.com/:f/g/personal/yetfersson_serrato_unad_edu_co/EiCNnFBCNrBLn13ohY

[9kbXkBqOke48UqOyoJC5IWQYVblw?e=0NFsgq](https://www.research-ebSCO.com/bibliotecavirtual.unad.edu.co/linkprocessor/plink?id=7098ae01-b331-386a-b25f-0fce72c8575f)

Martínez, F., y Gallegos, A. (2017). *Programación de bases de datos relacionales*. RA-MA Editorial. <https://research-ebSCO.com/bibliotecavirtual.unad.edu.co/linkprocessor/plink?id=7098ae01-b331-386a-b25f-0fce72c8575f>

Pineda, L., y Suarez, J. (2014). *Elaboración de un SIG orientado a la zonificación agroecológica de los cultivos*. Revista Ingeniería Agrícola, Vol. 4(3), pp. 28-32. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=586262041005>

Precipitaciones por mes: <https://url.unad.edu.co/4aWBl>

SAS, C. (s. f.). Noticias. <https://puertolopez-meta.gov.co/NuestraAlcaldia/Noticias/Paginas/Proyectos-en-Puerto-L%C3%B3pez-para-reducir-los-impactos-del-cambio-clim%C3%A1tico-.aspx>

Think Hazard - Puerto Lopez - Inundación urbana. (s. f.). <https://thinkhazard.org/es/report/14051-colombia-meta-puerto-lopez/UF>