

Evaluación del Riesgo de Inundaciones mediante análisis de información geográfica, en el municipio La Jagua de Ibirico, departamento del Cesar, Colombia.

Jerfen Alfonso Hernández jahernandezherna@unadvirtual.edu.co

Jefferson puentes Lara jpuentesla@unadvirtual.edu.co

Evangelina Parra Pérez evangelina.parra@unad.edu.co

Resumen

Este estudio analiza los riesgos de inundación en el municipio de La Jagua de Ibirico, ubicado en el departamento del Cesar, Colombia, utilizando herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y un análisis multicriterio para evaluar la vulnerabilidad y exposición del territorio. La metodología incluye reclasificación de criterios, ponderación de variables y generación de mapas de riesgo. Los resultados muestran las áreas con mayor susceptibilidad a inundaciones, destacando las implicaciones para comunidades locales, infraestructuras y ecosistemas. Este análisis contribuye a la planificación y manejo agroambiental del territorio, sirviendo como base para implementar medidas preventivas y de mitigación.

Palabras claves: Riesgo de inundación, Sistemas de Información Geográfica, Planificación territorial.

Introducción

Las inundaciones representan uno de los fenómenos naturales con mayor impacto socioeconómico a nivel global, afectando tanto a comunidades como a sistemas productivos y ecosistemas. En Colombia, su recurrencia se asocia principalmente a factores climáticos y geomorfológicos, exacerbados por actividades humanas y el cambio climático. Estudios como los de Efraimidou y Spiliotis (2024) destacan la utilidad de herramientas SIG combinadas con metodologías de análisis multicriterio para evaluar y mitigar riesgos a escala regional. Este trabajo se enfoca en el municipio de La Jagua de Ibirico, donde la susceptibilidad a inundaciones plantea desafíos críticos para la sostenibilidad del territorio. La investigación combina datos climáticos, cartográficos y socioeconómicos para identificar las áreas críticas y proponer soluciones prácticas.

Objetivos

General

Evaluar el riesgo de inundaciones en el municipio de La Jagua de Ibirico, departamento del Cesar, Colombia, mediante el uso de herramientas de análisis de información geográfica.

Específicos

- Identificar y analizar las variables físicas, climáticas y socioeconómicas que influyen en el riesgo de inundación en el municipio.
- Generar mapas de zonificación del riesgo de inundaciones utilizando técnicas SIG y análisis multicriterio, clasificando las áreas según su nivel de susceptibilidad.
- Proponer estrategias de manejo y planificación agroambiental basadas en los resultados del análisis multicriterio

Identificación del caso de estudio

Municipio de La Jagua de Ibirico (Cesar, Colombia)

Ubicada en el departamento del Cesar, La Jagua de Ibirico presenta un clima tropical con lluvias concentradas entre los meses de abril y noviembre. Según registros históricos, las inundaciones son más frecuentes en octubre debido a picos de precipitación. El municipio se caracteriza por una variable de alivio que incluye zonas bajas altamente vulnerables y áreas montañosas menos afectadas. Estas condiciones lo convierten en un lugar propicio para estudios de zonificación y manejo del riesgo de inundaciones.

Metodología

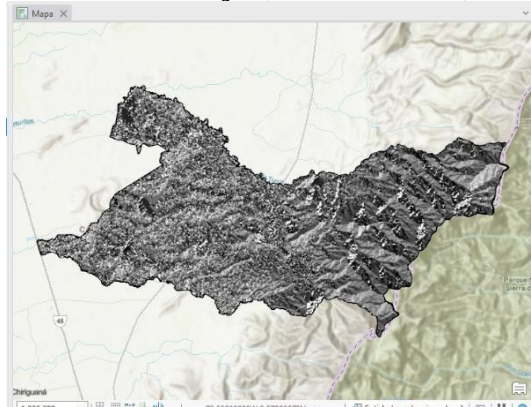
La metodología empleada se basa en el enfoque multicriterio, soportado en herramientas SIG y literatura relevante (Hernández Sampieri, 2019; Pineda y Suárez, 2014).

Los pasos incluyen:

- Recopilación de Datos: Obtención de mapas de elevación, precipitación y uso del suelo.
- Reclasificación de Criterios: Clasificación de las variables relevantes según su impacto en el riesgo de inundación.
- Ponderación de Factores: Aplicación de pesos a las variables mediante técnicas de análisis multicriterio.
- Generación de Mapas: Integración de datos en un SIG para producir mapas de riesgo en formato vectorial.
- Validación: Contraste de los resultados con eventos históricos y datos empíricos locales.

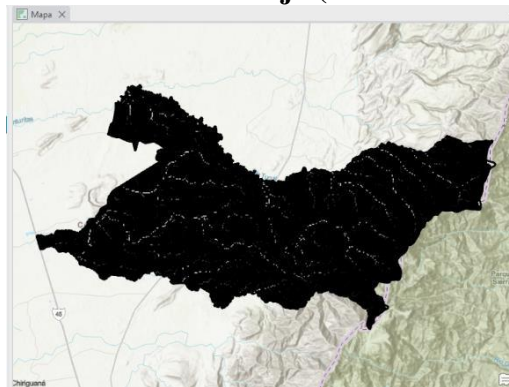
A continuación, se adjuntan algunos geoprocursos realizados para cada criterio

Figura 1.
Dirección de flujo (Flow direction)



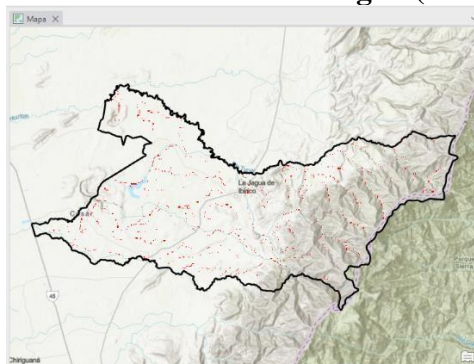
Fuente: Autoría propia, 2024

Figura 2.
Acumulación de Flujo (Flow accumulation)



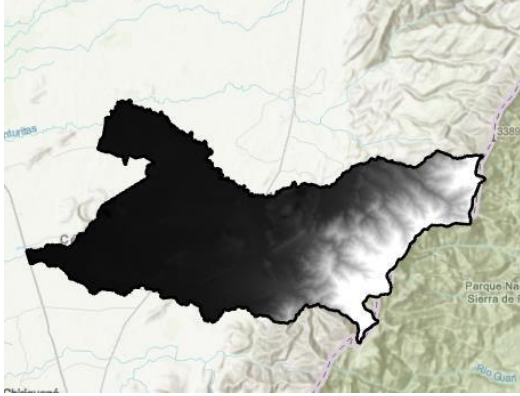
Fuente: Autoría propia, 2024

Figura 3.
Vinculación de curso de agua (Stream link)



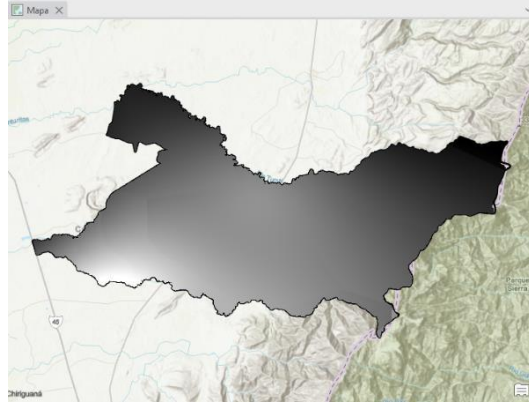
Fuente: Autoría propia, 2024

Figura 4.
Modelo de elevación digital DEM



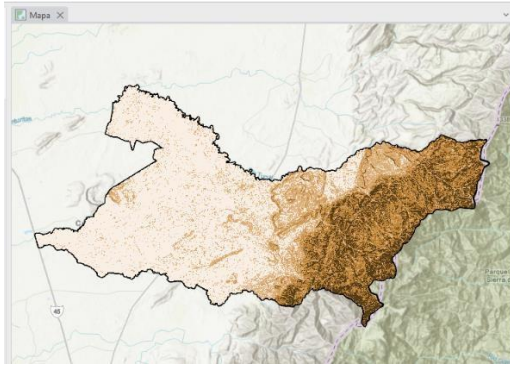
Fuente: Autoría propia, 2024

Figura 7.
Precipitación Marzo



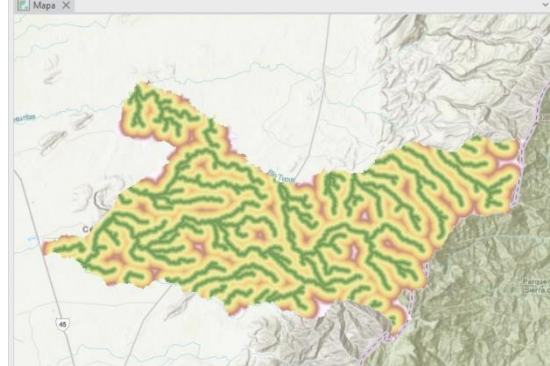
Fuente: Autoría propia, 2024

Figura 5.
Pendientes



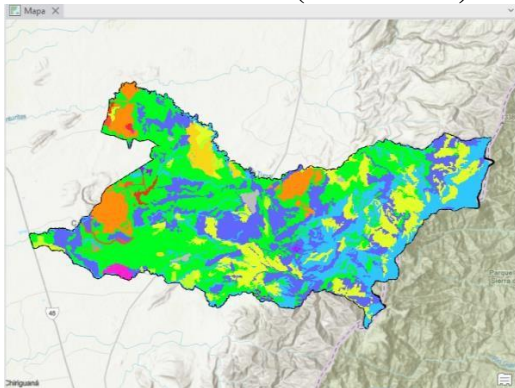
Fuente: Autoría propia, 2024

Figura 8.
Distancia entre drenajes



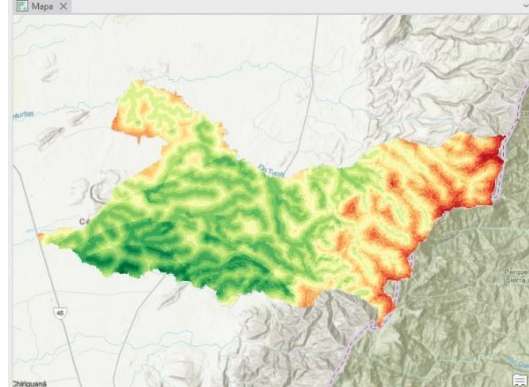
Fuente: Autoría propia, 2024

Figura 6.
Cobertura de tierras (Land cover)



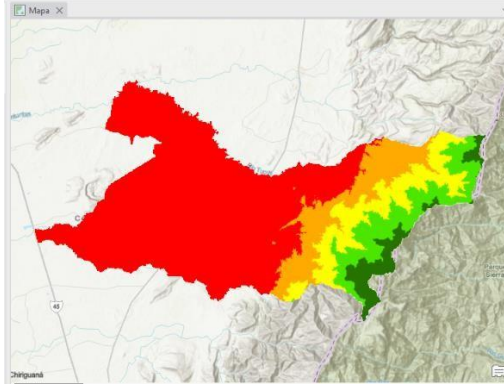
Fuente: Autoría propia, 2024

Figura 9.
Modelación riesgo por inundación



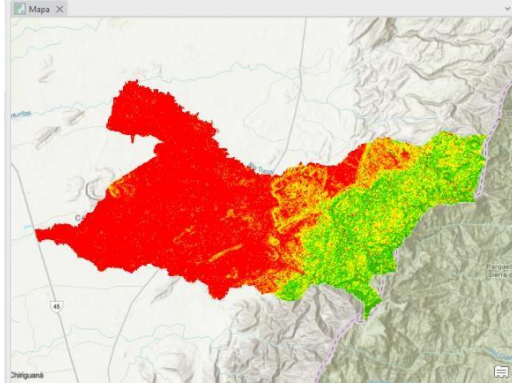
Fuente: Autoría propia, 2024

**Figura 10.
Reclasificación DEM**



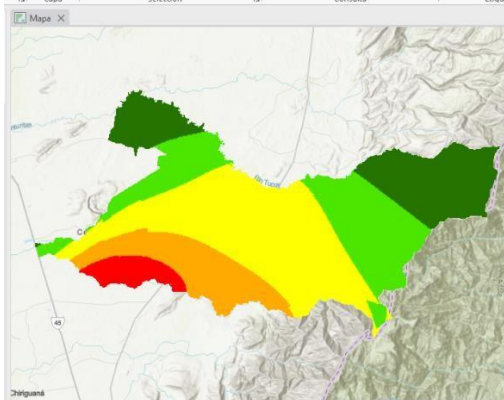
Fuente: Autoría propia, 2024

**Figura 11.
Reclasificación Pendientes**



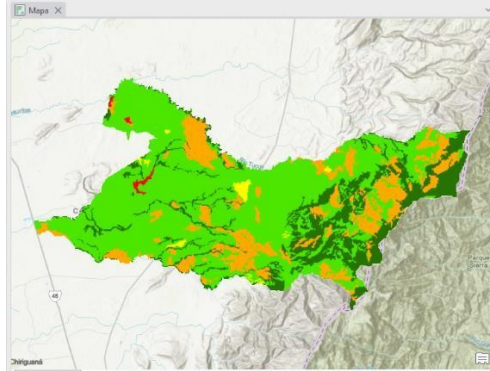
Fuente: Autoría propia, 2024

**Figura 12.
Reclasificación precipitaciones**



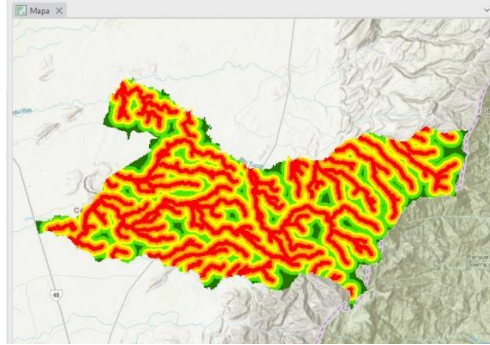
Fuente: Autoría propia, 2024

**Figura 13.
Reclasificación cobertura de tierras
(Landcover)**



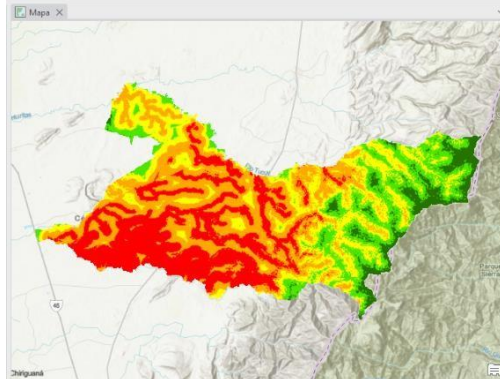
Fuente: Autoría propia, 2024

**Figura 14.
Reclasificación distancia de drenajes**



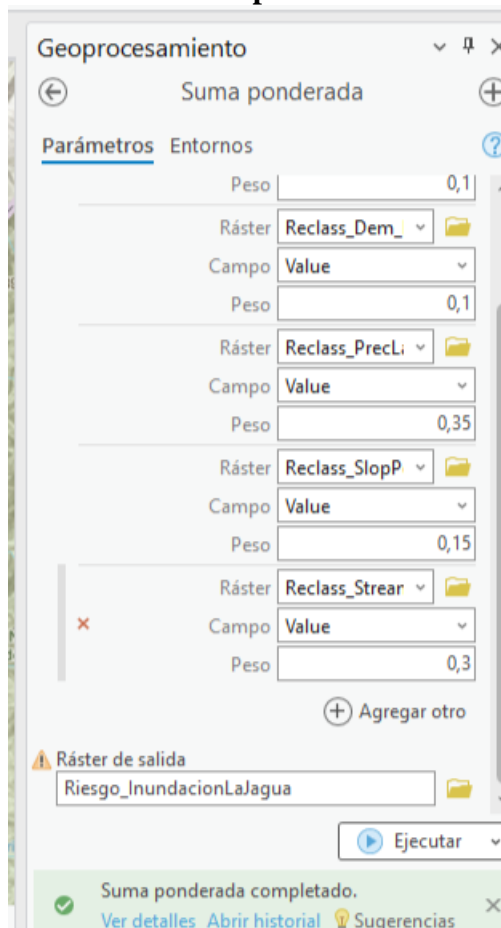
Fuente: Autoría propia, 2024

**Figura 15.
Reclasificación Riesgo inundación La jagua**



Fuente: Autoría propia, 2024

Figura 16.
Ventana de suma ponderada



Fuente: Autoría propia, 2024

Nota: *La función Suma ponderada ofrece la posibilidad de ponderar y combinar varias entradas para crear un análisis integrado. (ARCGIS Pro, s. f.)*

Resultados

El análisis de los resultados de riesgo de inundación en el municipio de La Jagua de Ibirico, basado en los mapas generados, permitió clasificar el territorio en cinco categorías de riesgo: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto. A continuación, se describen los hallazgos clave, considerando la distribución porcentual y la superficie afectada (en hectáreas, HA) para cada categoría:

- **Riesgo Muy Bajo:** Representa el 6% del área total, abarcando aproximadamente 4659,98 HA. Estas zonas se caracterizan por condiciones topográficas más favorables y menor exposición a eventos de inundación.

- **Riesgo Bajo:** Corresponde al 17% del territorio, con una superficie de 12383,08 HA. Incluye áreas con riesgo limitado de inundación, lo que las hace aptas para actividades agropecuarias con baja susceptibilidad.

- **Riesgo Medio:** Cubre el 22% del área, equivalente a 16449,02 HA. Estas regiones presentan un nivel intermedio de riesgo, sugiriendo la necesidad de medidas preventivas moderadas para evitar daños significativos.

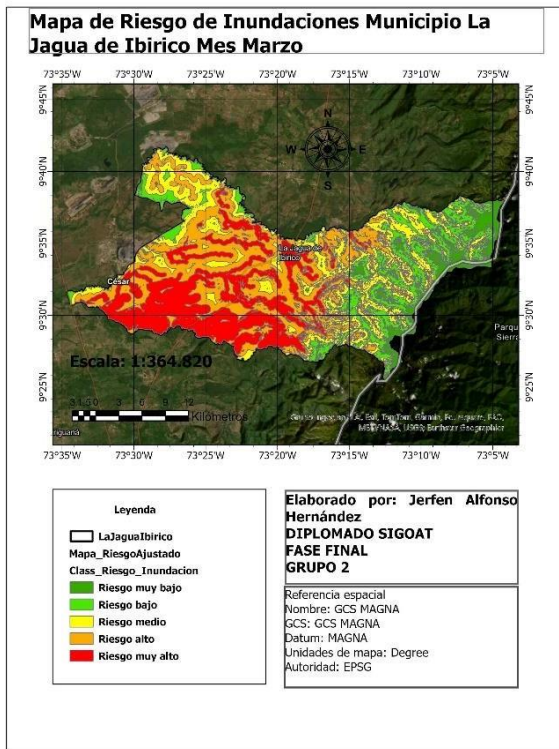
- **Riesgo Alto:** Abarca el 29% del territorio, con una extensión de 21868,35 HA. Estas zonas son críticas y requieren acciones inmediatas para minimizar impactos en comunidades y actividades agrícolas.

- **Riesgo Muy Alto:** Constituye el 26% del área total, correspondiente a 19385,52 HA. Estas áreas están altamente expuestas a inundaciones recurrentes, representando un desafío significativo para la sostenibilidad territorial.

El 55% del territorio (Riesgo Alto y Muy Alto) está en niveles críticos de vulnerabilidad, lo que sugiere un riesgo significativo para comunidades, infraestructura y sistemas productivos. Por otro lado, solo el 23% (Riesgo Muy Bajo y Bajo) tiene condiciones seguras, lo que resalta la importancia de implementar

estrategias de mitigación en las zonas de mayor riesgo.

Figura 17.
Mapa de riesgo en formato vectorial.



Fuente: Autoría propia, 2024

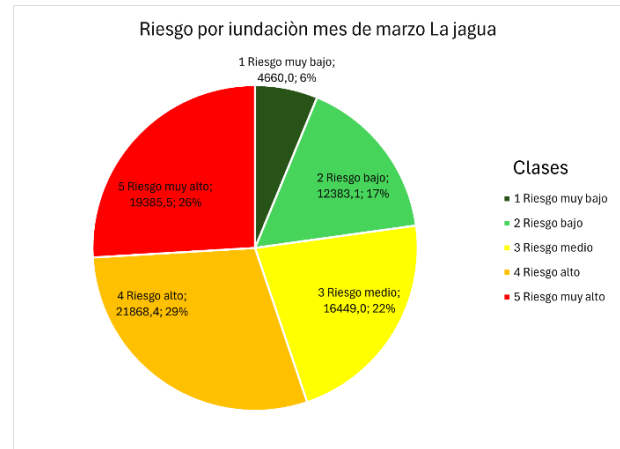
Figura 18.
Clasificación cualitativa.

Gridcode	Class_Riesgo	AREA HA
1	Riesgo muy bajo	4660,0
2	Riesgo bajo	12383,1
3	Riesgo medio	16449,0
4	Riesgo alto	21868,4
5	Riesgo muy alto	19385,5

Fuente: Autoría propia, 2024

Nota: la imagen muestra la clasificación del riesgo de inundación en cinco clases

Figura 19. Gráfica porcentaje de riesgo en hectáreas



Fuente: Autoría propia, 2024

Interpretación de los Resultados

La gráfica de pastel representa la distribución porcentual y en hectáreas (HA) del riesgo de inundación en el municipio de La Jagua de Ibirico durante el mes de marzo. El análisis se centra en cinco categorías de riesgo:

Riesgo Muy Bajo: Representa el 6% del área total (4660 HA), indicando zonas con condiciones favorables frente a inundaciones.

Riesgo Bajo: Comprende el 17% del territorio (12383,1 HA), lo que muestra áreas con una baja susceptibilidad que aún requieren cierto monitoreo.

Riesgo Medio: Abarca el 22% (16449,0 HA) y señala zonas donde el impacto de inundaciones podría ser moderado.

Riesgo Alto: Corresponde al 29% (21868,4 HA), constituyendo las áreas más críticas en términos de afectación.

Riesgo Muy Alto: Representa el 26% (19385,5 HA), indicando regiones de alta vulnerabilidad que necesitan intervenciones urgentes.

Implicaciones para el Municipio

La alta proporción de áreas críticas demanda un enfoque integral en la planificación y manejo del riesgo. Estas medidas deben priorizar la protección de comunidades vulnerables, infraestructura rural y ecosistemas estratégicos. La categorización obtenida es una herramienta clave para orientar acciones de mitigación, optimizar el uso del suelo y fortalecer la resiliencia del municipio frente a eventos de inundación.

Conclusiones

El análisis llevado a cabo permitió identificar y clasificar las áreas de riesgo de inundaciones en el municipio de La Jagua de Ibirico, destacando que más del 55% del territorio está en niveles críticos (alto y muy alto). Esta situación representa un desafío significativo para la planificación territorial y la sostenibilidad de las actividades agropecuarias. La utilización de herramientas SIG y análisis multicriterio se demostró como un enfoque eficaz para generar mapas de zonificación que orienten decisiones en la gestión del riesgo.

Es fundamental integrar estas herramientas con estrategias agroecológicas, como la selección de cultivos resilientes y la conservación del suelo, así como con infraestructura hidráulica adaptada, como drenajes y reservorios. Además, la implementación de sistemas de alerta temprana y capacitación comunitaria fortalecerá la resiliencia de las comunidades y los sistemas productivos frente a eventos extremos.

Finalmente, estas acciones respaldan el desarrollo sostenible y se alinean con estudios previos que destacan el papel de los SIG en la evaluación y mitigación de riesgos ambientales (Efraimidou y Spiliotis, 2024; Hernández Sampieri, 2019; Pineda y Suárez, 2014). La combinación de tecnología, conocimiento

técnico y participación local será clave para enfrentar los desafíos del cambio climático en esta región.

El enfoque concluido resalta la importancia de la tecnología geoespacial para identificar y caracterizar los riesgos, facilitando la toma de decisiones informadas en la planificación y gestión del territorio, así como en el diseño de estrategias preventivas para mitigar los impactos de futuros eventos de inundación en el municipio de la Jagua de Ibirico, que como se sabe se debe trabajar todos los entes gubernamentales implicados en los impactos o estrategias para la prevención.

Recomendaciones

Desde el campo de la agronomía, las recomendaciones derivadas de los resultados sobre el riesgo de inundaciones en La Jagua de Ibirico pueden ser analizadas considerando su impacto en los sistemas agroecológicos y la sostenibilidad de las prácticas agrícolas. Se recomienda implementar prácticas de conservación del suelo como barreras vivas y cultivos de cobertura en zonas de riesgo. Se deben priorizar cultivos resistentes a la humedad, diversificar sistemas agroecológicos y usar ciclos cortos en áreas críticas. La infraestructura hidráulica, como canales de drenaje y reservorios, será clave para mitigar inundaciones. Además, es esencial reordenar actividades agrícolas según los niveles de riesgo, capacitar a los productores en manejo adaptativo y establecer sistemas de alerta temprana. Estas estrategias buscan fortalecer la resiliencia agroproductiva, proteger los recursos naturales y garantizar la sostenibilidad agrícola frente a eventos extremos.

Análisis desde la Agronomía

Los resultados muestran que un 40% del territorio está clasificado como de alto riesgo de inundación, afectando principalmente áreas rurales con sistemas agropecuarios. Esto implica un impacto directo en cultivos,

infraestructuras agrarias y la productividad de los suelos. Se hacen las siguientes recomendaciones:

- **Impacto en la Fertilidad del Suelo:** Las inundaciones recurrentes pueden provocar lixiviación de nutrientes esenciales, afectando la fertilidad del suelo y reduciendo los rendimientos agrícolas. Sin embargo, también podrían generar depósitos de sedimentos fértiles en ciertas áreas, lo que requiere análisis específicos para maximizar oportunidades.
- **Selección de Cultivos:** Se recomienda priorizar cultivos resistentes a inundaciones o aquellos que puedan aprovechar ciclos cortos de agua. Por ejemplo, variedades de arroz o pastos para ganadería que toleran altos niveles de humedad.
- **Planificación de Uso del Suelo:** Basándose en los mapas generados, las áreas de alto riesgo deben ser destinadas preferentemente a menos sensibles a las inundaciones, como forestación o conservación, mientras que las zonas de bajo riesgo pueden intensificar actividades agrícolas.

Recomendaciones Técnicas Agronómicas

- **Sistemas Agroforestales:** Implementar sistemas agroforestales que reduzcan la velocidad del agua y mejoren la infiltración, minimizando la erosión y el impacto de las inundaciones.
- **Drenajes Agrícolas Eficientes:** Construir canales de drenaje en áreas críticas para manejar el exceso de agua de manera controlada y proteger cultivos sensibles.
- **Rotación de Cultivos:** Planificar una rotación de cultivos que incluya especies que mejoren la estructura del suelo y favorezcan su recuperación postinundación.
- **Capacitación y Asistencia Técnica:** Involucrar a las comunidades agrícolas en programas educativos sobre manejo adaptativo frente al riesgo hídrico.
- **Fortalecer sistemas de alerta temprana** en áreas de alto riesgo.
- **Promover prácticas agrícolas resilientes** en zonas vulnerables.
- **Implementar obras de infraestructura** para mitigar inundaciones, como diques y canales.
- **Incluir estas herramientas** en los planos de ordenamiento territorial.

Referencias bibliográficas

- Andrade, M. I., Schomwandt, D., & Lucioni, N. (2014). Evaluación del riesgo de inundaciones mediante tecnología de geo-procesamiento ráster y vectorial. In *Actas III Congreso Internacional, I Simpósio Ibero-Americano e VIII Encontro Nacional de Riscos. Multidimensão e Territórios de Risco*. https://www.riscos.pt/wp-content/uploads/2018/Outras_Pub/outros_livros/III_CIR/iii_cir_artigo019.pdf
- Cárdenas, K. (2018). Análisis general de la gestión del riesgo por inundación en Colombia. *Revista Científica en Ciencias Ambientales y Sostenibilidad*, 4(1). <https://revistas.udea.edu.co/index.php/CAA/issue/current>
- Carrasco, G. G. A., Zuloeta, O. C., Nunura, G. D. S. S., Villegas, D. V. V., Talledo, R. D. C., & Aguilar, W. A. O. (2022). Evaluación del riesgo de inundación empleando un sistema de información geográfica y modelamiento hidráulico aplicados al Río la leche Lambayeque. *Eepistemia*, 6(1), 60-73. <https://revistas.uss.edu.pe/index.php/EPT/articloe/download/2132/2685>
- Chinchihualpa Morales, A. D. C., & Gamboa Escobar, E. B. (2023). Análisis de Riesgos por

- Amenaza de Inundaciones Aplicando el Sistema de Información Geográfica en el Sector de Lurigancho-Chosica, 2023. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/119675/Chinchihualpa_MAC-Gamboa_EEB-SD.pdf?sequence=1
- Efraimidou, 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>
 - Función Suma ponderada—ARCGIS Pro | Documentación. (s. f.). <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/help/analysis/raster-functions/weighted-sum-function.htm>
 - Hernández Sampieri, R. (2019). Metodología de la Investigación Plus. McGrawHill - Plus. <https://www-ebooks7-24-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/?il=34866>
 - Herrera Mier, A. C., & Jimenez Navarro, L. (2018). Estudio hidrológico e hidráulico para delimitar las áreas de inundación en el corregimiento de Palestina, municipio de Tamalameque, departamento del Cesar. <https://repositorioinstitucional.ufpso.edu.co/bitstream/handle/20.500.14167/4346/Trabajo%20de%20investigaci%C3%B3n%20Angie%20y%20Laudith.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
 - 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>
 - Lanzziano Riquett, J. R. (2019). Acompañamiento al municipio de la Jagua de Ibirico, Cesar en la implementación de estrategias para promover la participación social en procesos de gestión de riesgo. https://repositorioinstitucional.ufpso.edu.co/xmlui/bitstream/handle/20.500.14167/4774/CUERPO_TRABAJO_ACOMPAÑAMIENTO.pdf?sequence=1
 - Martínez Cabrera, R. (2018). Evaluación de riesgos por inundaciones, en el barrio bajo del distrito de Yuracyacu, provincia de Rioja, región San Martín. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/57109/43573685.2016.pdf?sequence=1>
 - Pérez-Morales, A., Gil-Guirado, S., & Olcina, J. (2016). La información catastral como herramienta para el análisis de la exposición al peligro de inundaciones en el litoral mediterráneo español. *EURE (Santiago)*, 42(127), 231-256. <https://www.scielo.cl/pdf/eure/v42n127/art10.pdf>
 - Pietri, D. D., Dietrich, P., Mayo, P., & Carcagno, A. (2011). Evaluación multicriterio de la exposición al riesgo ambiental mediante un sistema de información geográfica en Argentina. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 30, 377-387. <https://www.scielosp.org/pdf/rpsp/2011.v30n4/377-387/es>
 - 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>
 - Robayo-Mejía, L. A. (2014). Análisis de amenaza por inundación para la localidad de Tunjuelito, desarrollado a través de Sistemas de Información Geográfica. <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstreams/ff227878-5fb4-4d43-a841-49678087e8e4/download>
- Enlace de sustentación:** <https://youtu.be/G0XEy37yEOo?feature=share>