

DOI: <https://doi.org/10.46296/ig.v8i15.0245>

ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD A INUNDACIONES EN EL CANTÓN JIPIJAPA, MANABÍ, ECUADOR: INTEGRACIÓN DE DATOS SIG

FLOOD VULNERABILITY ANALYSIS IN JIPIJAPA CANTON, MANABÍ, ECUADOR: INTEGRATION OF GIS DATA

Peralta-Delgado Jaime Adrián ¹; Cordero-Garcés Manuel Octavio ²;
Delgado-Ávila Ronald Pastor ³; Miller-Zavala Jaime Honorio ⁴

¹ Carrera de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias Técnica, Universidad Estatal del Sur de Manabí. Jipijapa, Ecuador. Correo: jaime.peralta@unesum.edu.ec.
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3830-9719>

² Carrera de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias Técnica, Universidad Estatal del Sur de Manabí. Jipijapa, Ecuador. Correo: manuel.cordero@unesum.edu.ec.
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4709-5874>

³ Carrera de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias Técnica, Universidad Estatal del Sur de Manabí. Jipijapa, Ecuador. Correo: ronald.delgado@unesum.edu.ec.
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2669-7542>

⁴ Carrera de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias Técnica, Universidad Estatal del Sur de Manabí. Jipijapa, Ecuador. Correo: jaime.miller@unesum.edu.ec.
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5706-7818>

Resumen

Este estudio analiza la vulnerabilidad a inundaciones en el cantón Jipijapa, provincia de Manabí, Ecuador, mediante el uso de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Integrando datos vectoriales, ráster y topográficos, se identificaron áreas críticas con altos niveles de riesgo y elevada densidad poblacional, como las vías Montecristi – La Cadena y Jipijapa – Noboa. Además, se generaron mapas temáticos que permitieron priorizar intervenciones estructurales y no estructurales. Los resultados subrayan la necesidad de implementar sistemas de alerta temprana, mejorar la infraestructura de drenaje y fomentar la participación comunitaria. Este enfoque evidencia la utilidad del SIG para la planificación territorial y la gestión del riesgo, contribuyendo a mitigar los impactos de futuros eventos climáticos extremos.

Palabras clave: inundaciones, vulnerabilidad, sistemas de información geográfica, planificación territorial, gestión de riesgos.

Abstract

This study analyzes flood vulnerability in the Jipijapa canton, Manabí province, Ecuador, using Geographic Information System (GIS) tools. By integrating vector, raster, and topographic data, critical areas with high risk levels and dense populations were identified, such as the Montecristi – La Cadena and Jipijapa – Noboa roads. Thematic maps were generated to prioritize structural and non-structural interventions. The results emphasize the need to implement early warning systems, improve drainage infrastructure, and foster community participation. This approach highlights the utility of GIS for land-use planning and risk management, contributing to mitigating the impacts of future extreme weather events.

Keywords: floods, vulnerability, geographic information systems, land-use planning, risk management.

Información del manuscrito:

Fecha de recepción: 16 de octubre de 2024.

Fecha de aceptación: 19 de diciembre de 2024.

Fecha de publicación: 10 de enero de 2025.



1. Introducción

Las inundaciones, exacerbadas por el cambio climático, se han vuelto más frecuentes y severas, como lo indica la literatura reciente. El calentamiento global aumenta la intensidad de las precipitaciones, la frecuencia de eventos extremos y el nivel del mar, incrementando el riesgo de inundaciones tanto en zonas costeras como interiores (Kundzewicz et al., 2014).

La creciente urbanización en zonas vulnerables, junto con la deforestación y la alteración de los ecosistemas, ha agravado la exposición de las comunidades al riesgo de inundaciones, destacando la necesidad de enfoques integrales para la mitigación y gestión del riesgo (Carvalho et al., 2022).

América Latina, caracterizada por su amplia diversidad geográfica y climática, enfrenta vulnerabilidades significativas a las inundaciones, exacerbadas por las desigualdades sociales y económicas. Estudios indican que esta región experimenta impactos severos en bienestar humano y desarrollo socioeconómico debido a eventos climáticos extremos, como

inundaciones, con los sectores más pobres y marginados siendo los más afectados (Nagy et al., 2018).

Países como Ecuador se ven particularmente afectados por fenómenos climáticos extremos relacionados con el evento El Niño, que genera lluvias torrenciales y desbordamientos de ríos. Investigaciones recientes han utilizado herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para identificar áreas vulnerables en la región, destacando la importancia de integrar datos geospaciales y sociodemográficos para planificar estrategias de adaptación y mitigación (Tauzer et al., 2019).

La provincia de Manabí, ubicada en la costa ecuatoriana, enfrenta inundaciones recurrentes durante la temporada de lluvias, las cuales son causadas por una combinación de factores climáticos, geográficos y humanos. Estas inundaciones afectan tanto a zonas urbanas como rurales, poniendo en riesgo la vida de miles de habitantes, así como la infraestructura y los medios de vida de la región. La región, además, experimenta un aumento en la intensidad y frecuencia de los eventos de inundación debido al

cambio climático, lo que exacerba la vulnerabilidad preexistente de las comunidades y genera desafíos significativos para la planificación y gestión territorial.

Estudios previos han evidenciado que la vulnerabilidad ante estos eventos es influenciada por factores como la exposición al riesgo, la sensibilidad del entorno y la capacidad adaptativa de las comunidades (Velez et al., 2021).

Dentro de la provincia de Manabí se encuentra el cantón Jipijapa, con una extensión territorial de 1.469 km², caracterizado por una topografía variada que incluye áreas montañosas, valles y zonas costeras. Además, presenta una distribución desigual de la población, con comunidades urbanas concentradas y poblaciones rurales dispersas, lo que complica las intervenciones de emergencia y las estrategias de mitigación. Identificar las zonas más vulnerables a las inundaciones en este territorio es fundamental para priorizar intervenciones preventivas y de mitigación.

En este sentido, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) han demostrado ser herramientas

efectivas para integrar datos vectoriales y ráster, lo que permite analizar las zonas de riesgo en relación con factores sociodemográficos, de densidad poblacional y características del terreno (Andrade & Szlafsztein, 2018).

La aplicación de SIG en Ecuador ha sido clave en estudios recientes, permitiendo combinar datos cuantitativos y cualitativos para generar mapas de vulnerabilidad que integran la percepción comunitaria y las capacidades locales. Estas herramientas han facilitado la identificación de áreas críticas al superponer variables como la cobertura del suelo, la densidad de población, la topografía y la exposición a eventos extremos. Los resultados de estos análisis han servido como base para la planificación de medidas de mitigación y adaptación, incluyendo la implementación de sistemas de alerta temprana y la construcción de infraestructura resiliente (Tauzer et al., 2019).

Adicionalmente, metodologías como el análisis multicriterio y la lógica difusa han refinado los modelos de predicción de riesgos, optimizando

las estrategias de gestión territorial y promoviendo un enfoque integral y basado en evidencia para la reducción del riesgo de desastres (Carvalho et al., 2022).

El presente estudio tiene como objetivo analizar la vulnerabilidad a inundaciones en el cantón Jipijapa mediante el uso de herramientas SIG. Esta investigación combina datos geoespaciales y sociodemográficos para identificar áreas críticas y proponer medidas de gestión del riesgo que reduzcan los impactos negativos en las comunidades locales. Estas acciones, además de priorizar la protección de las zonas más vulnerables, contribuyen al fortalecimiento de las capacidades locales, promoviendo estrategias de desarrollo sostenible que consideren tanto las dinámicas ambientales como las necesidades de las poblaciones más afectadas (Pinos et al., 2020).

2. Materiales y métodos

Material

En este estudio se utilizaron los siguientes instrumentos y herramientas:

1. Instrumentos geoespaciales:

- Datos vectoriales proporcionados por la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (SNGR), en formato shapefile (.shp). Estos datos delimitan áreas propensas a inundaciones basadas en eventos históricos y modelos de riesgo.
- Datos ráster de densidad poblacional, obtenidos de fuentes abiertas como el Gridded Population of the World (GPW), en formato (.tif), que representan la distribución espacial de la población.
- Modelos Digitales de Elevación (MDE), descargados de plataformas como SRTM, utilizados para identificar las características del terreno que influyen en los flujos de agua durante eventos de inundación.

2. Fuentes de datos secundarios:

- Registros históricos de eventos de inundación proporcionados por la SNGR e INAMHI.
- Artículos científicos y literatura especializada que fortalecen la base teórica y metodológica del estudio.

3. Software y herramientas:

- QGIS, un software de código abierto especializado en Sistemas de Información Geográfica (SIG), utilizado para el procesamiento y análisis de los datos.

Métodos

Este trabajo se fundamentó en una combinación de fuentes secundarias y análisis geoespacial para estructurar y validar el marco metodológico. Las fuentes secundarias incluyeron:

1. Literatura científica:

Se revisaron libros, artículos científicos y reportes técnicos para establecer el marco teórico y contextualizar los resultados del análisis.

2. Análisis geoespacial mediante SIG:

- Carga y procesamiento de datos: Los datos vectoriales y ráster se importaron a QGIS para garantizar la coherencia en los formatos y unidades. El ráster de densidad poblacional fue recortado según los límites

administrativos del cantón Jipijapa.

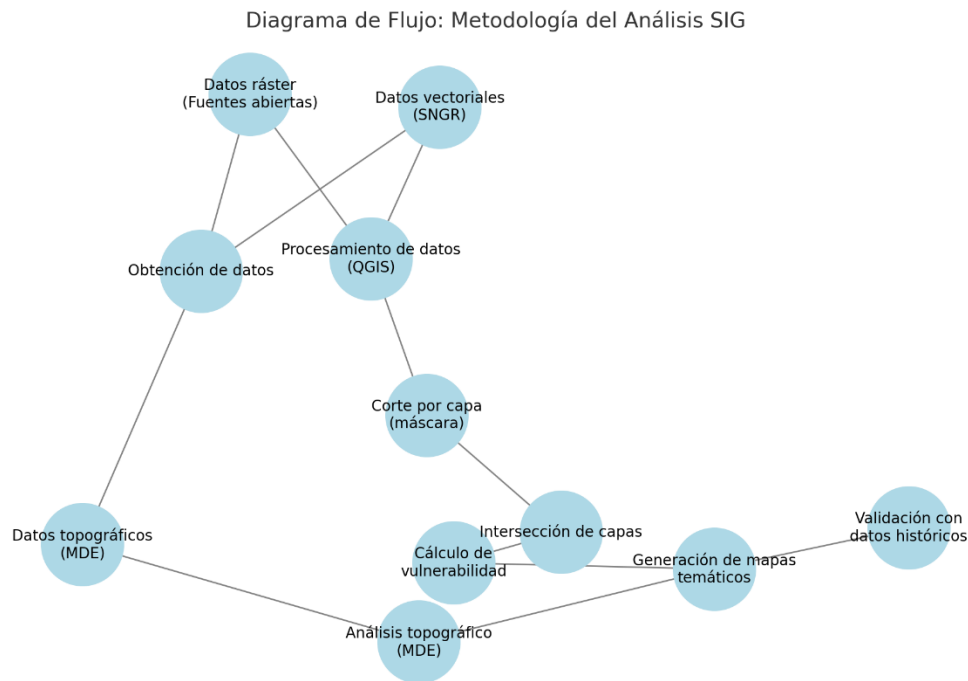
- Integración y análisis de capas: Se combinaron capas vectoriales de zonas inundables con ráster de densidad poblacional mediante la herramienta de "Intersección", identificando áreas críticas donde coinciden riesgos de inundación con alta densidad poblacional.
- Análisis topográfico: Se analizaron pendientes y rutas de flujo de agua mediante el MDE.
- Cálculo de vulnerabilidad: Se calcularon estadísticas poblacionales promedio y totales por zona inundable utilizando la herramienta "Zonal Statistics".
- Generación de mapas temáticos: Se elaboraron mapas que muestran las áreas prioritarias en términos de riesgo, densidad poblacional y exposición.
- Validación: Los resultados fueron contrastados con registros históricos de inundaciones y datos climáticos.

Diagrama del proceso metodológico

El proceso metodológico descrito se resume gráficamente en la Figura 1. Este diagrama ilustra las

interacciones entre las etapas clave de obtención, procesamiento e integración de datos, junto con los pasos finales de análisis y validación.

Figura 1. Diagrama de flujo del proceso metodológico.



Fuente: Elaboración propia con base en datos de la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (SNGR) e Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), 2024.

Este diagrama detalla las etapas del análisis SIG realizado en el presente estudio.

Este diagrama resume las etapas clave del análisis realizado en el presente estudio, desde la obtención de datos vectoriales, ráster y topográficos, hasta la integración de estos datos en un entorno SIG utilizando QGIS. Además, detalla los pasos específicos de

procesamiento, análisis y generación de mapas temáticos, junto con la validación de los resultados con datos históricos. La representación gráfica facilita la comprensión de las interacciones entre las diferentes fases metodológicas y su contribución al análisis de vulnerabilidad en el cantón Jipijapa.

3. Resultados y discusión

El análisis determinó que varias zonas del cantón Jipijapa combinan altos niveles de riesgo de inundación con una elevada densidad

poblacional. Para ilustrar los principales hallazgos, se presenta en la Tabla 1 la densidad poblacional en las áreas críticas identificadas, acompañada de observaciones específicas sobre su vulnerabilidad.

Tabla 1. Densidad poblacional en las principales áreas críticas

Área crítica	Densidad poblacional (hab/km²)	Observaciones
Vía Montecristi – La Cadena	143,428	Mayor densidad poblacional y alta exposición.
Vía Jipijapa – Noboa	120,678	Alta vulnerabilidad debido a riesgos combinados.
Vía Choconcha – El Laurel	98,564	Flujo constante de personas y actividades económicas.

Fuente: Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (SNGR), 2024.

Además, para comprender mejor las diferencias en las características y necesidades entre las zonas urbanas y rurales del cantón, se presenta en la Tabla 2 una

comparación que destaca las principales disparidades en términos de densidad poblacional, infraestructura y accesibilidad.

Tabla 2. Comparación entre zonas urbanas y rurales

Característica	Zonas urbanas	Zonas rurales
Densidad poblacional	Alta (>100,000 hab/km²)	Baja (<30,000 hab/km²)
Infraestructura	Más desarrollada	Limitada
Accesibilidad	Buena	Restricciones en épocas de lluvias.
Necesidades prioritarias	Mejora de drenaje y sistemas de alerta	Refugios temporales y capacitación comunitaria.

Fuente: Elaboración propia con datos de SNGR e INAMHI.

Discusión

Principales hallazgos

Las tablas presentadas muestran una marcada diferencia entre las áreas urbanas y rurales en términos de densidad poblacional, infraestructura y vulnerabilidad. Las zonas urbanas, como la vía Montecristi – La Cadena, enfrentan mayores riesgos debido a la concentración de población y actividad económica, mientras que las rurales enfrentan desafíos relacionados con la falta de infraestructura básica y accesibilidad durante épocas de lluvias intensas.

Relación con investigaciones previas

Estos resultados coinciden con los estudios de Sánchez y López (2019), quienes destacan que las zonas urbanas con alta densidad poblacional y desarrollo acelerado suelen coincidir con áreas de mayor riesgo de inundación debido a una planificación urbana inadecuada. Además, los hallazgos también reflejan la perspectiva de UNU-EHS y REDES (2015), que subraya las diferencias en la vulnerabilidad entre zonas urbanas y rurales, resaltando la importancia de enfoques

diferenciados para la mitigación de riesgos.

Implicaciones prácticas

Los datos destacan la necesidad de:

1. En zonas urbanas:

Implementar sistemas de drenaje eficientes, construir diques en áreas críticas y desarrollar sistemas de alerta temprana para reducir la vulnerabilidad.

2. En zonas rurales:

Fortalecer la infraestructura básica, establecer refugios temporales estratégicamente ubicados y promover la capacitación comunitaria en gestión de riesgos.

Limitaciones y oportunidades para investigaciones futuras

Aunque este estudio incorporó un análisis exhaustivo de datos geoespaciales y sociodemográficos, futuras investigaciones podrían integrar modelos climáticos predictivos para anticipar cambios en los patrones de riesgo debido al cambio climático y evaluar la efectividad de las medidas implementadas en las zonas críticas.

Pruebas que respaldan las conclusiones

Los mapas generados y validados con datos históricos de inundaciones confirman la precisión de las áreas identificadas como críticas. Esto resalta la utilidad de los SIG como herramienta para la planificación y gestión del riesgo en el cantón Jipijapa, promoviendo intervenciones basadas en evidencia.

4. Conclusiones

El presente estudio evidenció que las zonas de mayor vulnerabilidad en el cantón Jipijapa combinan riesgos físicos de inundación con una alta densidad poblacional, lo que incrementa significativamente la exposición de las comunidades afectadas. Las principales áreas críticas, como las vías Montecristi – La Cadena, Jipijapa – Noboa y Choconcha – El Laurel, concentran tanto población como infraestructuras esenciales, subrayando la urgencia de implementar medidas de mitigación y planificación estratégica.

La integración de datos vectoriales y ráster mediante Sistemas de

Información Geográfica (SIG) demostró ser una herramienta eficaz para identificar áreas críticas de riesgo y priorizar intervenciones. Este enfoque permitió no solo delimitar zonas vulnerables, sino también cuantificar la población expuesta, proporcionando una base sólida para decisiones informadas.

Entre las principales implicaciones del estudio se destacan:

- **Priorización de áreas críticas:** Las zonas urbanas y principales corredores viales deben recibir atención inmediata a través de medidas como la mejora de sistemas de drenaje, la construcción de diques y la implementación de infraestructuras resilientes.
- **Planificación diferenciada:** Las áreas rurales, aunque menos densas, enfrentan desafíos relacionados con la accesibilidad y la falta de sistemas de alerta temprana. Estas zonas requieren soluciones adaptadas a su realidad, como refugios estratégicos y capacitación comunitaria en gestión de riesgos.
- **Importancia de los datos geoespaciales actualizados:**

Este estudio subraya la necesidad de contar con datos actualizados de densidad poblacional, topografía y eventos hidrológicos para mejorar la precisión del análisis y anticipar cambios en los patrones de riesgo debido al cambio climático o la expansión urbana.

- **Integración de comunidades en la gestión del riesgo:** Es crucial fomentar la participación activa de las comunidades locales en la identificación de riesgos y en la implementación de medidas de mitigación, promoviendo una cultura de prevención que minimice el impacto de futuros eventos de inundación.

El uso de SIG y la combinación de datos vectoriales y ráster ofrecen un enfoque innovador y efectivo para la gestión del riesgo de inundaciones en el cantón Jipijapa. La adopción de medidas preventivas basadas en los resultados de este estudio no solo reducirá la vulnerabilidad de las áreas identificadas, sino que también contribuirá a fortalecer la resiliencia de la población ante eventos climáticos extremos.

Recomendaciones

Con base en los resultados obtenidos, se proponen las siguientes recomendaciones para reducir los impactos de las inundaciones en el cantón Jipijapa:

Medidas estructurales

- Construcción y mejora de infraestructuras de drenaje: Diseñar y construir sistemas de drenaje eficientes en las zonas críticas, como las vías Montecristi – La Cadena, Jipijapa – Noboa y Choconcha – El Laurel, para evitar la acumulación de agua durante las lluvias intensas.
- Fortalecimiento de diques y barreras naturales: Implementar diques en áreas vulnerables y rehabilitar barreras naturales, como manglares o vegetación ribereña, que actúan como amortiguadores frente a inundaciones.
- Creación de refugios estratégicos: Establecer refugios en zonas elevadas y accesibles, equipados con suministros básicos para atender a las comunidades rurales y urbanas en caso de emergencias.

Medidas no estructurales

- Sistemas de alerta temprana: Instalar sensores de nivel de agua y estaciones meteorológicas automatizadas para monitorear en tiempo real las condiciones climáticas y emitir alertas oportunas a las comunidades en riesgo.
- Planes de evacuación: Diseñar y socializar rutas de evacuación seguras para las comunidades ubicadas en las áreas críticas, asegurando que estén señalizadas y accesibles en caso de emergencia.
- Gestión del uso del suelo: Incorporar mapas de riesgo en la planificación territorial para evitar construcciones en zonas propensas a inundaciones y promover usos del suelo que reduzcan la vulnerabilidad, como la creación de áreas verdes absorbentes.

Participación comunitaria

- Capacitación en gestión de riesgos: Implementar programas educativos para las comunidades locales sobre cómo actuar antes, durante y después de un evento de inundación.

- Simulacros regulares: Realizar simulacros de evacuación en las zonas identificadas como de alto riesgo para preparar a la población ante posibles desastres.
- Fomentar la colaboración comunitaria: Promover la creación de comités locales de gestión del riesgo que participen en la planificación y supervisión de las medidas de mitigación.

Recolección y uso de datos

- Actualización periódica de datos geoespaciales: Recolectar y actualizar constantemente los datos vectoriales, ráster y topográficos para reflejar los cambios en la densidad poblacional, expansión urbana y patrones climáticos.
- Modelos de simulación de escenarios futuros: Utilizar herramientas como HEC-RAS o SWAT para modelar diferentes escenarios de inundación bajo condiciones climáticas extremas, anticipando riesgos futuros y planificando medidas adecuadas.
- Colaboración interinstitucional: Fortalecer la colaboración entre instituciones locales,

provinciales y nacionales para compartir datos y recursos técnicos que mejoren la gestión integral del riesgo.

Implementación prioritaria

1. Mejorar los sistemas de drenaje en las vías Montecristi – La Cadena y Jipijapa – Noboa.
2. Implementar sistemas de alerta temprana en áreas críticas.
3. Realizar simulacros de evacuación en las comunidades más vulnerables.

Bibliografía

Andrade, M., & Szlafsztein, C. (2018). Vulnerability assessment including tangible and intangible components in the index composition: An Amazon case study of flooding and flash flooding. *The Science of the Total Environment*, 630, 903–912. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.02.271>

Carvalho, R. de C. F., Moreira, T. R., Souza, K. B. D., Costa, G. A., Zanetti, S. S., Barbosa, K. V., ... & Gandine, S. M. S. (2022). GIS-based approach applied to study of seasonal rainfall influence over flood vulnerability. *Water*, 14(22), 3731.

<https://doi.org/10.3390/w14223731>

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). (2024). Datos históricos de inundaciones y condiciones climáticas en el cantón Jipijapa. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, Ecuador.

Kundzewicz, Z. W., Kanae, S., Seneviratne, S., Handmer, J., Nicholls, N., Peduzzi, P., Mechler, R., Bouwer, L., Arnell, N., Mach, K., Muir-Wood, R., Brakenridge, G., Kron, W., Benito, G., Honda, Y., Takahashi, K., & Sherstyukov, B. (2014). Flood risk and climate change: Global and regional perspectives. *Hydrological Sciences Journal*, 59(1), 1–28. <https://doi.org/10.1080/02626667.2013.857411>

Nagy, G., Filho, W., Azeiteiro, U., Heimfarth, J., Verocai, J., & Li, C. (2018). An assessment of the relationships between extreme weather events, vulnerability, and the impacts on human wellbeing in Latin America. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15, 1802. <https://doi.org/10.3390/ijerph15091802>

Pinos, J., Orellana, D., & Timbe, L. (2020). Assessment of microscale economic flood

- losses in urban and agricultural areas: Case study of the Santa Bárbara River, Ecuador. *Natural Hazards*, 1–15.
<https://doi.org/10.1007/s11069-020-04084-8>
- Sánchez, P., & López, M. (2019). Gestión del riesgo de inundaciones en las cuencas hidrográficas de la costa ecuatoriana. *Revista de Geografía y Medio Ambiente*, 12(2), 45–61.
- Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (SNGR). (2024). Datos vectoriales sobre áreas propensas a inundaciones en el cantón Jipijapa. Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, Ecuador.
- Tauzer, E., Borbor-Cordova, M., Mendoza, J., De la Cuadra, T., Cunalata, J., & Stewart-Ibarra, A. M. (2019). A participatory community case study of periurban coastal flood vulnerability in southern Ecuador. *PLoS ONE*, 14(10), e0224171.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0224171>
- UNU-EHS & REDES. (2015). Evaluación del riesgo de inundación en Ecuador: Un marco que integra peligro, exposición y vulnerabilidad. Universidad de las Naciones Unidas. Recuperado de https://collections.unu.edu/eserv/UNU:8434/VALE_Flood_Risk_Assesment_Report_Ecuador_SPA_FINAL_META.pdf
- Velez, R., Calderon, D., Carey, L., Aime, C., Hultquist, C., Yetman, G., ... & Chen, R. (2021). Advancing data for street-level flood vulnerability: Extraction of variables from Google Street View in Quito, Ecuador. *ArXiv*, abs/2108.05489.
<https://doi.org/10.1109/ojcs.2022.3166887>