

Análisis de la vulnerabilidad de inundación en los repartos colindantes al río Pochote de la ciudad de León, Nicaragua 2023

Flood Vulnerability Analysis in the Neighborhoods Adjacent to the Pochote River in the City of León, Nicaragua (2023)

Molina-Membreño, L. A.^{*1,2}, Lacayo-Martínez, L.^{1,2}, González-Quiroz, O.^{1,2}, Ruiz-Chávez, C. F.^{1,2}, Zapata-Zapata, M.^{1,2}, Alonso-Calderón, M. J. R.^{1,2}, Altamirano-Osorio, A. R.^{1,2}

- Molina-Membreño L. A.
lilam@ct.unanleon.edu.ni
- Lacayo-Martínez L.
leydi.lacayo@ct.unanleon.edu.ni
- González-Quiroz O.
oscar.gonzalez@ct.unanleon.edu.ni
- Ruiz-Chávez C. F.
cesar.chavez@ct.unanleon.edu.ni
- Zapata-Zapata M.
mario.zapata@ct.unanleon.edu.ni
- Alonso-Calderón M. J. R.
martin.alonso@ct.unanleon.edu.ni
- Altamirano-Osorio A. R.
alvaro@ct.unanleon.edu.ni.

*Autor de correspondencia: lilam@ct.unanleon.edu.ni

¹ Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León, Nicaragua.

² Centro de Investigación en Ciencias Ambientales (CICA)

Universitas (León)

Universitas (León) Revista científica de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León.

ISSN-e: 2311-6072

Periodicidad: Semestral

vol.16, núm.2, 2024

luis.blanco@cm.unanleon.edu.ni

Recepción: 01 Septiembre, 2024

Aprobación: 15 Diciembre, 2024

URL: <https://revistas.unanleon.edu.ni/index.php/revistauniversitaria/article/view/1196>

DOI: <https://doi.org/10.5377/ul.v16i2.20469>

Copyright © 2024 Revista Universitas (León): Revista Científica de la UNAN León. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua León. (UNAN-León). Dirección Académica. Departamento de Investigación. Unidad de Publicaciones y Eventos Científicos.



Esta obra está bajo una licencia internacional
Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0

Resumen

Se realizó este estudio, a lo largo de la ribera del Río Pochote, León, Nicaragua. Se tomó como unidad de estudio las personas, viviendo cercanas al río. Se utilizó metodología determinista, aplicable en áreas urbanas, se determinó índices de vulnerabilidad y se utilizó los Sistemas de Información Geográfica SIG. Como innovación, se elaboró aplicación móvil App, para monitorear niveles del río y que servirá de sistema de alerta temprana comunitaria. Se identificaron niveles de inundación y señalando puntos críticos, características propias del área, estado del bosque de galería y zonas de desbordamiento histórico, información útil, para medir niveles de vulnerabilidad que existe. Se hizo un análisis ambiental hasta lo estructural, identificando, los posibles entornos vulnerables de inundaciones. Se encuestaron 218 pobladores en igual número de viviendas, en 17 barrios y repartos, para valorar percepción sobre el riesgo de inundaciones. Obteniendo un total de 963 personas en las 218 viviendas; 312 niños menores de 15 años y 437 adultos mayores. Los índices de vulnerabilidad, por los tipos de materiales, antigüedad de las viviendas y tipos de suelos donde se construyen las viviendas, resultó un índice medio. En relación con distancia desde las viviendas, al cuerpo de agua, el índice de vulnerabilidad es muy alto. Los mapas de calor, por intensidad del color rojo, muestran los repartos con alto riesgo de inundación.

Palabras claves: Inundación, riesgo, vulnerabilidad, monitoreo, SIG

Abstract

Given this situation, this study was conducted along the banks of the Pochote River in León, Nicaragua. The study population consisted of people living closest to the river. A deterministic or quantitative methodology applicable to urban areas was used to determine vulnerability indices, through the development of a parametric model and Geographic Information Systems (GIS), to analyze flood risk in the micro-watershed. As an innovation, a mobile application (App) was developed to monitor the situation. The river was surveyed, identifying flood levels and marking critical points, specific features of the area, the condition of the gallery forest, and historical overflow zones—information useful for measuring existing vulnerability levels. An environmental to structural analysis was carried out to identify potentially flood-prone environments. A total of 218 residents were surveyed, one per household, across 17 neighborhoods and sectors, to assess their perception of flood risk. A total of 963 people lived in the 218 surveyed homes, including 312 children under 15 years old and 437 elderly adults. The vulnerability indices—based on housing materials, age of the structures, and soil types on which the homes were built—resulted in a medium index. In terms of distance from homes to the river, the vulnerability index was very high. Heat maps, represented by the intensity of the red color, show the neighborhoods with the highest flood risk.

Keywords: Flooding, risk, vulnerability, monitoring, GIS.

Introducción

Cuantificar el riesgo por inundación, es una tarea compleja, por las variables involucradas y su estado evolutivo ([Hernández-Uribe, Barrios-Piña and Ramírez, 2017](#)). El surgimiento de urbanizaciones espontáneas, que carecen de planificación urbanística, motiva la existencia de grandes inundaciones, en cuanto se produce un episodio de lluvias torrenciales ([Lozano, 2008; SINAPRED, 2025](#)). Se deben atender situaciones vinculadas con el ordenamiento territorial, aún más en zonas de riesgos asociadas a la ribera de los ríos. En general, las metodologías de análisis de riesgo por inundación se pueden dividir en dos grupos: deterministas o cuantitativos, y paramétricos o cualitativos ([Balica et al., 2013](#)). Para ellos, es necesario la integración de indicadores más significativos ([BID, 2010](#)) que delimiten los grados de exposición, susceptibilidad y resiliencia a lo largo y ancho de la cuenca en estudio de una forma fácil de interpretar para los tomadores de decisiones ([Hernández-Uribe et al., 2017](#)).

La prevención de los riesgos y los desastres es responsabilidad de todos. Nicaragua ocupa un territorio donde la dinámica natural, física, social y económica, constituye estados de riesgos que, históricamente, la han llevado a frecuentes situaciones de desastres. Esta combinación de causas de fondo o vulnerabilidades con las amenazas afecta, en un círculo vicioso, los procesos de desarrollo, generando sufrimiento y deterioro en las condiciones de vida de la población ([SINAPRED, 2005](#)). De acuerdo con el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales ([INETER, 2001](#)), en la clasificación de Municipios según el nivel de amenaza por inundaciones, le corresponde a León un grado 9 en una escala de 1 a 10, el que es considerado como un rango alto, tomando como base la frecuencia de ocurrencia del fenómeno. La inundación o anegación se presenta en el municipio por un problema de drenaje pluvial de las vías de acceso, así como los asentamientos ubicados a orillas de cauce, ribera de ríos, caminos cauce y cañadas.

La ciudad de León se caracteriza en que conforme pasan los años, hay mayor expansión poblacional y pasan los ríos Chiquito y Pochote y en su microcuenca hay grupos poblacionales que han construido sus viviendas en zonas de riesgos y que año con año cuando llueve se inundan, causando daños materiales, además se generan mucha basura en dichos ríos, provocando ambientes con malos olores, plagas de roedores e insectos. Los pobladores cercanos a estos cuerpos de agua tienen problemas de enfermedades respiratorias y estomacales, principalmente por la gran contaminación de ambos ríos. En la presente investigación pretendemos aplicar una metodología determinista para el análisis de riesgo por inundaciones en microcuenca del río Pochote de la ciudad de León, Nicaragua. Los resultados ayudaran a fortalecer las medidas de prevención, mitigación y reducción efectiva, así como la aplicación de estrategias eficientes para salvaguardar y proteger la vida de manera prioritaria de los habitantes.

Diseño Metodológico

En este estudio se analizó la microcuenca del río Pochote, donde se tomó en cuenta el área urbana, norte de la ciudad, desde la zona alta en el Reparto San Carlos hasta la baja que se localiza en Parque Arlen Siu ([Mapa 1 LOCALIZACIÓN DE LAS VIVIENDAS CERCANAS AL RÍO POCHOTE](#).) La población de estudio son todos los pobladores que tienen sus viviendas muy cercanas o dentro de la subcuenca del Río Pochote en 18 repartos de la ciudad de León: San Carlos, Chica Rica, San Felipe, Chilamate, Chingaste, Providencia, Roger Deshón, Maritza López, Santa Martha, Héroes y Mártires de Zaragoza, Anexo los Jardines, Las Mercedes, Anexo 2 Adiac, El Kilombo, El Zapote, Hugo Chávez y Las Vegas.

Se aplicaron encuestas a 218 personas que se encontraron en sus viviendas, ubicadas muy cerca al río Pochote, para valorar la percepción del riesgo ante inundaciones, solamente se quedaron si encuestar, aquellos, en los que, no se encontró persona alguna en la vivienda, pero, se tomaron los datos de localización de la vivienda, las características de las mismas y la información que el vecino facilitó de esa familia. Se recorrió el río Pochote para identificar los niveles de inundación, características propias del área y las zonas de desbordamiento que históricamente se ha tenido. Se hizo un análisis ambiental del bosque de galería hasta lo estructural, para identificar los posibles entornos vulnerables ante inundaciones. Se determinaron los índices de vulnerabilidad por medio del desarrollo del modelo paramétrico ([Balica et al., 2013](#)). Se hicieron los análisis de la percepción de la población en SPSS y con los Sistemas de Información Geográfica se Elaboraron los mapas de localización de las viviendas, se ubicaron los puntos de riesgo por inundación, para el Monitoreo mediante la App y mapas de calor, para representar los lugares con mayores riesgos de inundación.

Etapa I: Determinación del riesgo por inundación a través del modelo determinista

En QGIS se elaboraron los mapas, se realizó el mapa de localización de las Viviendas, a lo largo del Río Pochote y con esos valores se utilizaron para representar el mapa de calor, mediante en degradación de color rojo, indicando con el color más intenso los núcleos de viviendas con mayor riesgo de inundación. En el recorrido sobre el Río Pochote, se identificaron los lugares más vulnerables de inundación y aquellos puntos históricos de inundación. Estos puntos se representaron en un mapa, y éstos sirven de referencia en el monitoreo, que se hará del Río Pochote, en época de lluvia y que funcionará como un sistema de alerta temprana comunitario ante inundación, mediante la aplicación móvil Apps, que funcionará en dispositivos móviles Android y se representaran los niveles alto (rojo), medio (amarillo), bajo (verde), con los colores del semáforo, es un aspecto innovador del proyecto y seleccionados de acuerdo con los índices de marginación del INETER, se identificarán tres niveles en las zonas aledañas a los linderos del río Pochote: alto, medio y bajo.

Etapa II: Modelo paramétrico basado en índices de vulnerabilidad por inundación

La segunda etapa del estudio fue el desarrollo del modelo paramétrico para caracterizar la vulnerabilidad. La metodología adoptada fue la propuesta de [Balica et al., \(2013\)](#) para los cuatro componentes generales: social, ambiental y físico. La metodología considera tres escalas espaciales: cuenca, subcuenca y área urbana. Por las características de la microcuenca del río Pochote, la escala que se aplicó es la escala de área urbana. Se consideraron los tres conceptos fundamentales que definen la vulnerabilidad: exposición (E), susceptibilidad (S) y resiliencia (Res). Para conseguir la información necesaria, para los cálculos de estos índices, se plantearon preguntas en las encuestas, sobre los Materiales de construcción de las viviendas, Años de antigüedad de las viviendas, Tipo de suelo, Distancias de las viviendas del río, Canales de corriente natural del río, Características del tipo de vegetación y Tipo de Sedimentos. Información útil para medir los niveles de vulnerabilidad que existe, según este tipo de características, que servirán para con ello, identificar los niveles de mayor o menor vulnerabilidad en la que están las viviendas y sus habitantes. que nos indican el nivel de vulnerabilidad, a los cuales están expuestos los habitantes que están viviendo en las orillas del río Pochote o dentro de su cauce. Estos índices se calcularon en Excel, mediante cada función matemática, descritas a continuación.

Índice de Vulnerabilidad (FVI)

En cada Factor de Índice de Vulnerabilidad (FVI) se consideran los tres conceptos fundamentales que definen la vulnerabilidad: exposición (E), susceptibilidad (S) y resiliencia (Res), se calculan a través de las siguientes expresiones ([Hernández, Barrios & Ramírez, 2017](#)), Ecuaciones: [1](#),[2](#), [3](#), [4](#), [5](#)

$$FVI_{Social} = \frac{P_{fa}, U_a, disc, C_m}{P_e, AP, C_{pr}, W_s, E, HDI} \quad (1)$$

$$FVI_{Físico} = \frac{T_p_r}{\frac{E_v}{Rainfull} \cdot \frac{D_{sc}}{V_{year}} \cdot D_i} \quad (2)$$

$$FVI_{Económico} = \frac{L_u, U_m, I_{neq}, U_a}{L_{ei}, F_i, A_{minv}, \frac{D_{sc}}{V_{year}}, P_e} \quad (3)$$

$$FVI_{Ambiental} = \frac{U_g, Rainfall}{E_v, L_u} \quad (4)$$

$$FVI = \frac{FVI}{\max_{i=1}^n (FVI_i)} \quad (5)$$

Resultados y discusión

Se encuestaron 218 personas en 17 barrios y repartos que se localizan a lo largo del río Pochote ([Mapa. 2 MAPA DE CALOR DE ZONAS DE ALTO RIESGO POR INUNDACION](#).) Se determinó que, la población total en las 218 viviendas es de 963 personas, de las cuales 312 son niños y 437 adultos mayores. La mayoría de los encuestados corresponden al sexo femenino (64.7%). El 50.4% ha finalizado sus estudios de secundaria, siendo las mujeres con el mayor porcentaje (30.7%). Solo 6% tiene estudios universitarios. El 8.6% es analfabeto. El 97.2% refirieron tener servicio público de energía y agua potable. Solamente el 2.8% no tienen esos servicios y se encuentran en los repartos: Las Mercedes, Anexo los Jardines, Róger Deshon, El Zapote, Anexo 2 Adiac, Héroes y Mártires de Zaragoza y San Carlos. En cuanto al servicio de recolección de basura, el 72.5% describieron que en algunos sectores el camión recolector de basura no llega, principalmente asociado a malas condiciones de acceso.

En cuanto a la distribución espacial, enfocado a la distancia de las viviendas al canal principal, El Reparto Héroes y Mártires de Zaragoza, donde el 24.3% de las viviendas encuestadas se ubicaban cercanas al río, inclusive con viviendas dentro de su cauce y con pendiente muy pronunciadas, expuestos, a riesgo ante inundación y deslizamientos. El 16,51% de los encuestados, han tenido que desalojar su vivienda, principalmente asociados a viviendas que se localizan a menos de 10 m de distancia del cauce principal del río. En los repartos Chica Rica y Roger Deshón se identificaron viviendas a dos metros de distancia de la ribera de río, implicando mayor exposición de los habitantes ante un desastre natural.

El 23.4% de los encuestados han sido afectados por inundaciones en distintos momentos, siendo el huracán Mitch el que causó el mayor daño en el río Pochote. Por estas experiencias negativas, el gobierno de Nicaragua ha implementado estrategias de prevención y preparación ante inundaciones. Este hecho se refleja en que el 72.5% de los encuestados saben qué hacer en caso de una inundación. 16.1% de los jóvenes saben qué hacer en caso de este tipo de fenómeno, en comparación con los adultos con 83.9 % mayor que los jóvenes. Existe una capacidad de respuesta ante inundaciones activa (37.2%), seguida de modera (36,2%) y por última lenta con el 26,6%. Esta última asociada a las personas que hasta el momento no tienen conocimiento de que hacer ante una inundación o no conocen los planes estratégicos del SINAPRED.

Análisis de vulnerabilidad

• *Materiales de construcción de las viviendas:*

En el área de estudio se analizaron 218 viviendas, de las que se obtuvieron los siguientes niveles de vulnerabilidad. De acuerdo con el tipo de material de construcción, las viviendas tienen muy alta vulnerabilidad. El 60.5% están construidas de ripios, madera, plástico y otros y un 13. 76% tendrán una vulnerabilidad alta, el 8.72 % vulnerabilidad media y el 16.97% es de vulnerabilidad baja. El índice de vulnerabilidad global de estas viviendas resultó de 0.42 el cual nos indica que tienen una vulnerabilidad media.

• *Años de antigüedad de las viviendas*

Al realizar los cálculos según la antigüedad en la que están construidas las 218 viviendas se pudo encontrar que tienen una vulnerabilidad media, dado que 58.73% de ellas están construidas desde hace 3 años a 19 años, el 17.43% tendrán una vulnerabilidad alta, el 12.84 % tiene una vulnerabilidad baja y el 11.01% es de vulnerabilidad muy alta, el índice de vulnerabilidad global de estas viviendas según la antigüedad de las viviendas es de 0.40 el cual nos indica que tienen una vulnerabilidad media.

• *Tipo de suelo*

Al realizar los cálculos según el tipo de suelo en el que están construidas las 218 viviendas o están asentadas, se pudo encontrar que se tiene una vulnerabilidad alta donde el 37.61% de ellas están construidas en suelos de depósitos finos y áreas de gran espesor, el 27.06% tienen una vulnerabilidad baja, están ubicadas en suelos rocosos, el 22.94% tiene una vulnerabilidad muy alta, esto es debido en que están localizados en suelos depósitos marino, pantanos y rellenos y el 12.39 % tienen una vulnerabilidad media, después de obtener estos niveles se calculó el índice de vulnerabilidad global de 0.28 en esta categoría, calificado con Vulnerabilidad Media.

• *Distancias de las viviendas desde el río*

Al realizar los cálculos según las distancias de las 218 viviendas con respecto al río, se encontró que se tiene una vulnerabilidad muy alta, donde el 84,40 % de ellas están construidas a una distancia de 1 a 75 metros del río, el 12,39 % tendrán una vulnerabilidad alta, y están a una distancia entre 76 a 150 metros, el 1,83 % tienen una vulnerabilidad media, están localizados entre 151 a 225 metros.

- **Canales de corriente natural del río**

Al realizar el análisis según el canal de corriente natural del río, se encontró que el 36.24% de ellas están con arbustos muy altos y presencia de sinuosidad tiene una vulnerabilidad muy alta, el 27.52% tienen una vulnerabilidad alta, donde existen arbustos de tamaño medio y baja sinuosidad, el 21.10% tiene una vulnerabilidad baja, esto es debido el canal está limpio, tiene escasa pendiente y la mínima cantidad de desperdicios o basura, y 15.14% tiene vulnerabilidad media, hay presencia de canal parcialmente desnudos, después de obtener estos niveles, se obtuvo el índice de vulnerabilidad global de esta categoría de 0.27, siendo este calificado de vulnerabilidad media.

- **Características del tipo de vegetación**

Al realizar análisis del tipo de vegetación que existe en el río, se encontró que se tiene una vulnerabilidad muy alta, donde el 33% están con bosque de galería denso, gran parte de riveras sin vegetación, el 29% tienen una vulnerabilidad alta, donde existen bosques de galerías menos densos con árboles poco viejos, el 20% tiene una vulnerabilidad baja, esto es debido a la presencia de matorrales y ausencia de bosque de galería y el 18 % tiene muy baja vulnerabilidad, donde hay bosque de galería muy joven y gran presencia de matorrales, después de obtener estos niveles se obtuvo un índice de vulnerabilidad global de 0.27 de esta categoría, calificado de Vulnerabilidad media.

- **Tipo de Sedimentos**

Por el tipo de sedimentos que existe en el río, se encontró que se tiene una vulnerabilidad alta, donde el 35.78% de ellas están con poca cantidad de sedimentos, el 23.39% tienen una vulnerabilidad muy alta, donde existen mayor cantidad de sedimentos, el 28.90% tiene una vulnerabilidad media esto es debido a la presencia de mínima cantidad de sedimentos y solo el 11.93 % tiene baja vulnerabilidad donde no hay nada de sedimentos, después de obtener estos niveles se obtuvo un índice de vulnerabilidad global de esta categoría de 0.28, calificado con Vulnerabilidad Media.

Índice General de vulnerabilidad ante inundación

Al realizar el análisis del indicador general de la investigación; tomando en cuenta los índices calculados anteriormente de las características de viviendas, el tipo de suelo, los canales de corriente natural, la sedimentación, el tipo de vegetación y la distancia de las viviendas en relación al río, después de haber calculado y obtenido estos índices se calculó un índice de vulnerabilidad general de esta categoría dando un valor de 0.44, siendo este calificado como Vulnerabilidad Media.

Característica	Índice
Material	0.42
Antigüedad de la Vivienda	0.40
Tipo de Suelo	0.28
Canales de Corriente	0.27
Sedimentos	0.28
Tipo de Vegetación	0.27
Distancia de las Viviendas al Río	0.72
Índice General	0.44

Al realizar el análisis según el canal de corriente natural del río, se encontró que el 36.24% de ellas están con arbustos muy altos y presencia de sinuosidad tiene una vulnerabilidad muy alta, el 27.52% tienen una vulnerabilidad alta, donde existen arbustos de tamaño medio y baja sinuosidad, el 21.10% tiene una vulnerabilidad baja, esto es debido el canal está limpio, tiene escasa pendiente y la mínima cantidad de desperdicios o basura, y 15.14% tiene vulnerabilidad media, hay presencia de canal parcialmente desnudos, después de obtener estos niveles, se obtuvo el índice de vulnerabilidad global de esta categoría de 0.27, siendo este calificado de vulnerabilidad media.

Conclusiones

- Las inundaciones es unos de los principales antecedentes de riesgo, que las personas han vivido y lo asociaron al Huracán Mitch, ocurrido en 1998.
- Existe una apropiación sobre las medidas a tomar ante un eventual riesgo que amanece la vida de las personas a lo largo del río Pochote.
- La mayoría de las viviendas están construidas de ripios, lo cual aumenta en nivel de vulnerabilidad ante inundaciones por crecidas del río Pochote.
- La población considera importante que se elaboren planes de evacuación, principalmente asociados con rutas, en caso de inundación.
- Los indicadores medidos sobre los materiales de construcción, antigüedad de las viviendas, el tipo de suelo, canales de corrientes, sedimentos, tipos de vegetación y distancia al río, representan un riesgo medio.
- Si se analiza solamente el índice de la distancia de las viviendas al río, el riesgo es alto, lo que hace a este factor, muy importante a tomar en cuenta, ante una inundación provocada por el río Pochote.
- Del análisis geográfico se observa que; las viviendas que están a una distancia de 10 metros desde el río, son las más vulnerables ante inundación del Río Pochote y están localizadas en los repartos San Carlos, Chica Rica, Roger Deshon, donde se afectarían 11 viviendas con un nivel alto de vulnerabilidad en las que habitan 44 personas, 17 niños y 11 adultos mayores.
- Aquellas viviendas que están a 40 metros del río, la inundación afectaría a 312 personas, 103 niños y 127 adultos mayores, éstas viviendas se encuentran localizadas en los repartos; San Carlos, Chica Rica, San Felipe, Chilamate, Róger Deshon, Héroes y Mártires de Zaragoza, Anexo Los Jardines, Las Mercedes y El Zapote.

Recomendaciones

- Ejecutar un plan de capacitación para la prevención ante una inundación.
- Elaborar un plan específico de evacuación ante posible aumento del caudal de río que amenace llegar hasta las viviendas.
- Crear estrategias de alerta temprana ante posibles inundaciones, utilizando los sistemas de información geográficos.
- Mantener los cause cercanas a las viviendas limpia de desechos.
- Si habitan cerca de laderas o barrancas, elaborar un plan de evacuación e identificar los lugares seguros.
- Desarrollar proyectos, que se enfoquen, en generar herramientas tecnológicas comunitarias, para crear poblaciones comunicacionales y con visión de mitigación ante las amenazas que existan en su comunidad.
- Generar planes y mapa de riesgo locales ante inundaciones y otras amenazas, en las que siempre sean incluidos los pobladores que sean afectados directa e indirectamente.
- Que los comunitarios, estén atentos cuando llueva intensamente, para el monitoreo del estado de crecida del Río Pochote y hagan uso, de la plataforma que se instalará en el dispositivo móvil.
- Entregar a los líderes comunitarios y COMUPRED de la Alcaldía municipal de León, la lista de las viviendas y personas que están en alto riesgo de inundación, según resultados del estudio.

Agradecimientos

Agradecemos a la Vicerrectoría de Investigación Innovación y Emprendimiento VRIIE de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León, por el premio otorgado, para ejecutar este Proyecto con fondos institucionales del Programa de Pequeñas Ayudas a la Investigación PAI2023 y a los estudiantes y profesores de las carreras de Estadística, Matemática, de Biología y de Ing. En Sistemas, que hicieron posible la realización de este proyecto.

Declaraciones

Conflicto de intereses

Los autores declaran que No se revelaron intereses contrapuestos o declaran que no tienen conflictos de intereses.

Fondos

Este estudio no fue financiado externamente. Se ejecutó con fondos de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León, asignados a la Investigación.

Cumplimiento de estándares éticos: N/A

Contribuciones de autor:

LAMM conceptualización, metodología, redacción, borrador original, revisión y edición, supervisión, LLM, conceptualización, metodología, cálculos y análisis, OGQ conceptualización, metodología, redacción, borrador original, revisión, elaboración de mapas, CFRCh redacción, borrador original, MZZ redacción, borrador original, MJRAC, cálculos y análisis redacción, borrador original, ÁRAO redacción, borrador original, elaboración de aplicación móvil.

Disponibilidad de datos: El conjunto de datos analizados en el presente estudio no son de acceso público, pero están disponibles a través del autor correspondiente previa solicitud razonable.

Referencias bibliográficas

- [1] Balica, S. F., Popescu, I., Beevers, L., and Wright, N. G. (2013). Parametric and physically based modelling techniques for flood risk and vulnerability assessment: A comparison. *Environmental Modelling and Software*, 41, 84–92. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2012.11.002>
- [2] BID. (2010). Indicadores de Riesgo de Desastre y de Gestión de Riesgos.
- [3] Hernández-Uribe, R. E., Barrios-Piña, H. and Ramírez, A. I. (2017). Análisis de riesgo por inundación: Metodología y aplicación a la cuenca Atemajac. *Tecnología y Ciencias Del Agua*, 8(3), 5–25. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2017-03-01>
- [4] Lozano, M. A. (2008). El riesgo de inundacionesy la vulnerabilidad en áreas urbanas. Análisis de casos en España. *Estudios Geograficos*, 69(265), 385–416. <https://doi.org/10.3989/estgeogr.0417>
- [5]INETER. (2001). “Amenazas Naturales de Nicaragua”. Obtenido de Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales, Managua.: <https://ineter.gob.ni/boletin/2006/anual/proyectos2006.htm>
- [6] SINAPRED. (2005). Guía Nacional para el Funcionamiento de los Comités Municipales para la Prevención, Mitigación y Atención a Desastres (COMUPRED). Obtenido de https://www.preventionweb.net/files/15491_guiafuncionamiento_comupred.pdf.

ANEXOS

MAPA 1 LOCALIZACIÓN DE LAS VIVIENDAS CERCANAS AL RÍOPOCHOTE, LEÓN



MAPA 2 MAPA DE CALOR DE ZONAS DE ALTO RIESGO POR INUNDACION

