

Sistemas de información geográfica para el análisis de riesgos ante inundación en área urbana del río Chiquito de la ciudad de León

Geographic Information Systems for Flood Risk Analysis in the Urban Area of the Chiquito River in the City of León

Molina-Membreño, L. A.^{*1,2}, Lacayo-Martínez, L.^{1,2}, González-Quiroz, O.^{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

*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: 09 Septiembre, 2024

Aprobación: 15 Diciembre, 2024

URL: <https://revistas.unanleon.edu.ni/index.php/revistauniversita/article/view/1195>

DOI: <https://doi.org/10.5377/ul.v16i2.20468>

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 No Comercial Compartir Igual 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Resumen

El Río Chiquito, pasa por el área urbana de la ciudad de León y en su ribera, se encuentran viviendo familias que cada año, sufren inundación, por el desbordamiento de su cauce principal. Esta investigación tiene el objetivo de analizar, puntos de mayor riesgo ante inundación en el área urbana de la ciudad de León. El área de estudio es la microcuenca del Río Chiquito, la unidad de estudio son los pobladores, que viven cercanos al cuerpo de agua. Se encuestaron 121 pobladores mayores de 14 años y se evaluó la vulnerabilidad en 28 puntos del río. Se utilizaron los Software SPSS y QGIS. Resultados; mapas de riesgo ante inundación, representando los lugares de mayor riesgo, con mayor intensidad del color rojo, el análisis geográfico de vulnerabilidad y análisis estadístico, mapas de simulación de inundación a 20 m de distancia desde el río, resultando 5 viviendas ubicadas en zona de riesgo y a 40 m, 27 viviendas. En alturas de 96.5 msnm, 34.6% de los pobladores reconoce la zona con riesgo de inundación, estando sus viviendas a una distancia promedio de 64.22 m del río; el resto que no reconoce el riesgo, están a 35.29 m. del río. En alturas menores a 90.5 msnm, 17.74% tienen conocimiento, de qué hacer en caso de inundaciones, estos resultados se presentaron a los pobladores participantes de esta investigación, Alcaldía Municipal de León (COMUPRED) y que servirán para elaborar políticas, que deberán traducirse en modificaciones de la situación actual, para beneficio de los pobladores.

Palabras claves: Gestión del Riesgo, vulnerabilidad, inundación, SIG.

Abstract

The River Chiquito flows through the urban area of the city of León, and along its banks, families reside who suffer flooding every year due to the overflow of the river's main channel. This research aims to analyze the areas of highest flood risk in the urban area of León. The study area is the micro-watershed of the Río Chiquito, and the study unit is the population living near the water body. A total of 121 residents over the age of 14 were surveyed, and vulnerability was assessed at 28 points along the river. SPSS and QGIS software were used. Results included flood risk maps highlighting the most vulnerable areas in deeper red tones, a geographic vulnerability analysis, and statistical analysis. Flood simulation maps at 20 meters from the river showed 5 houses located in risk zones, while at 40 meters, 27 houses were identified. At elevations of 96.5 meters above sea level, 34.6% of residents recognized their area as being at risk of flooding, with their homes located an average of 64.22 meters from the river; those who did not recognize the risk lived an average of 35.29 meters away. At elevations below 90.5 meters above sea level, only 17.74% of residents knew what to do in case of flooding. These findings were presented to the participating residents, the León Municipal Government (COMUPRED), and will serve to support the development of policies aimed at improving the current situation for the benefit of the local population.

Keywords: Risk Management, Vulnerability, Flooding, GIS.

Introducción

Los fenómenos hidrometeorológicos, entre los que destacan las inundaciones, han ocasionado en años recientes los desastres con mayor impacto en cuanto a la pérdida de vidas humanas ([Guha-Sapir et al., 2015](#)) y altos costos económicos. Algunas inundaciones están relacionadas con el aumento en la intensidad de los ciclones tropicales (CT) que, a su vez, tienen relación con el cambio climático (CC). En Nicaragua la temática de desastres recibió, después del impacto del huracán Mitch, ocurrido en 1988, un conveniente tratamiento legislativo con la aprobación de la Ley 337, en marzo del año 2000, que sustituyó la Ley de Defensa Civil de Nicaragua, vigente desde mayo de 1976. El enfoque de la nueva ley es sistémico, considerando el Estado y la ciudadanía como un solo organismo, articulado en subsistemas, que debe reaccionar y coordinar acciones unitarias y coherentes frente a los desastres. Para cumplir esa función, se ha creado el Sistema Nacional para la Prevención, Mitigación y Atención de Desastres (SINAPRED).

Posteriormente a la ley mencionada, ha sido aprobado el correspondiente reglamento (Decreto 53/2000, aprobado el 12 de junio de 2000), donde se definen roles y atribuciones de las diferentes instituciones del Estado en relación a los desastres. ([Gobierno de Nicaragua, 2017](#)). Los Comités Territoriales forman la base del funcionamiento del SINAPRED desde los niveles comunitarios, a través de todas las estructuras locales hasta el nivel nacional. Es así que, el Comité Nacional de Prevención, Mitigación y Atención de Desastres tiene instancias similares a nivel Regional, Departamental y Municipal. Los Comités en el territorio están integrados y conformados por los representantes de las instituciones del estado que cuenten con presencia en el territorio, por miembros de organismos no gubernamentales que tengan incidencia importante en los mismos y miembros de la sociedad civil y la empresa privada para el trabajo de prevención, mitigación y atención de desastres. Los COMUPRED, coordinados por el Alcalde Municipal, deben trabajar en coordinación con las demás autoridades locales: los Comités Regionales (CORPRED) son los de las Regiones Autónomas del Atlántico Norte y Sur respectivamente y es presidida por el Coordinador del Gobierno.

Los Comités Departamentales (CODEPRED) están coordinados por el Delegado de Gobernación, quien sustituye funcionalmente, en el contexto actual a los Secretarios de Gobierno mandatados en la Ley 337 ([Álvarez & Vásquez, 2008](#)). La ciudad de León, cuando llueve sufre inundaciones, por diferentes causas, hay puntos donde las inundaciones, afectan la movilidad de los pobladores, por su área urbana, pasan dos ríos; El Río Chiquito, que atraviesa toda la ciudad y el Pochote, por la parte norte de la ciudad. En esta investigación, se analiza solamente la cuenca del Río Chiquito, que representa importantes zonas de riesgo por influencia de fenómenos naturales.

Por sus características de relieve en las partes media y alta, presenta predisposición de los terrenos a deslizamientos de tierra en época de lluvia, inundaciones fuertes y alto grado de sedimentación en la parte baja. La guía para la gestión de riesgos de inundaciones en las ciudades, aboga a favor de un enfoque integrado con contenido estratégico y colaborativo para el manejo del riesgo de inundaciones, que combina medidas estructurales y no estructurales, siempre en vista del bien vivir y de manera segura. Las herramientas o técnicas para reducir el riesgo de inundaciones deben ser aquellas que extrapolen las tendencias actuales hacia el futuro, para evaluar escenarios alternativos y para conseguir estrategias y enfoques integrados, al no tomar medidas preventivas, esto puede causar desastres para el presente y el futuro ([Álvarez & Vásquez, 2008](#)).

En época de lluvia, las comunidades próximas a la ribera del Río Chiquito, son vulnerables ante inundación, para dar respuesta a dificultades sentida y problemática de la Alcaldía Municipal de León (COMUPRED), presentamos esta investigación, que tiene como objetivo: Analizar los puntos de mayor riesgo ante inundación, en el área urbana de la ciudad de León. Usando GPS para Georreferenciar y el QGIS para hacer los análisis geográficos, con los puntos críticos ante inundación y hacer Mapas de Riesgos ante inundación. Con el software SPSS para la Base de datos, obtener resultados y hacer el análisis estadístico. El uso del SIG según, [Alvarado-Bello, \(2014\)](#), para combinar información sobre peligros naturales, recursos naturales, población e infraestructura puede ayudar a los planificadores a identificar áreas menos expuestas a los peligros y más aptas para actividades de desarrollo, áreas que requieren evaluación adicional de los peligros, y áreas donde se deberían priorizar las estrategias de mitigación, ([Rodríguez & Olivella 2009](#)).

En cuanto a los Objetivos del Desarrollo Sostenible, aunque esta investigación puede asociarse a más de uno de los objetivos (ODS: 03, 11, 13, 17); en específico y de manera primordial se relaciona al objetivo 13, Acción por el clima, busca adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos. En lo que respecta al entorno urbano y el accionar humano, todo lo que se realice, se hace con especial cuidado por la naturaleza, colaborando e impulsando iniciativas ecológicas y medioambientales. Dentro de los ejes del programa nacional de Desarrollo Humano, de Nicaragua. 2018-2021. Este trabajo se enmarca en el Eje XV. DESARROLLO URBANO, donde se señala, que se debe actualizar las cartografías de suelo, uso potencial y uso actual de la tierra, como base para reducir vulnerabilidades y potenciar el desarrollo de los territorios. El Eje XVI. GESTIÓN DE RIESGO FRENTE A DESASTRES Y CALAMIDADES y XVIII. CAMBIO CLIMÁTICO ([Gobierno de Nicaragua, 2017](#)).

Los beneficiarios directos de este proyecto son: los pobladores que habitan en los lugares próximo del Río Chiquito con mayor riesgo ante inundación, en el mapa creado podrán identificar aquellos lugares con mayor riesgos y tomar medidas preventivas como comunidad y la Alcaldía Municipal de León, que tendrá un mapa actualizado de Riesgo, que les permita tomar decisiones para eliminar riesgos ante inundación para la población y otras alcaldías e instancias locales (rurales o urbanas) que pudieran implementar de forma sistemática los procesos metodológicos realizados en el presente estudio. La Gestión de Riesgos comprende, tanto las acciones de prevención, mitigación, preparación, respuesta, rehabilitación y reconstrucción. Aunque las acciones de prevención y mitigación están estrechamente ligadas y es casi imposible mencionar una de ellas, sin asociarla con la otra.

En nuestro caso, la hipótesis de investigación, parte del hecho que, la forma del relieve y geografía caracterizan al entorno con sus procesos naturales e interactúan de forma dinámica y espontánea con y sin intervención humana; en la ocupación del territorio, las personas tienden a establecer su comunidad cerca de las fuentes naturales de agua, y ubicarse en planicies y lugares que le brindan cierta accesibilidad al desarrollo de sus actividades, aunque esto no sea adecuado ni planificado. El presente estudio, presupone que el establecimiento de asentamientos humanos en la microcuenca del Río Chiquito no es conveniente, creando un ambiente de riesgo.

La problemática de ésta situación, se incrementa, por el aumento de la población que ocupa zonas de riesgo, dicha población, está caracterizada principalmente por bajos recursos económicos, un grado alto de marginación que, al ubicarse en zonas propensas a inundaciones, su estado de vulnerabilidad aumenta, haciéndolos más susceptibles a recibir daños y pérdidas al ocurrir procesos o fenómenos hídricos y meteorológico. (Olin, 2017).

El estudio sobre la vulnerabilidad ante inundaciones de Balica et al. (2009). Estos autores ofrecen una metodología para evaluar la vulnerabilidad a nivel cuenca, subcuenca y a nivel urbano, también llamado: un estudio a diferentes escalas de espacio con indicadores locales. Es preciso destacar que en este estudio se estableció que, las variables debían ser accesibles, cuantificables e interpretables. También señalan que la vulnerabilidad es geográfica y socialmente diferenciada. Sugieren que los resultados deben hacerse llegar tanto a los tomadores de decisiones locales, los organismos internacionales y a los pobladores.

Son cuatro las categorías que consideran Balica et al. (2009) para el análisis de la vulnerabilidad: social, económica, física y ambiental. Las variables de cada una de las categorías de la vulnerabilidad ante inundaciones difieren de acuerdo con el lugar y el objetivo del estudio; no obstante, siempre deben comprender y considerar las características: ambientales, físicas, económicas, administrativas, sociales e institucionales.

Materiales y Métodos

Esta investigación de tipo: Mixto-Descriptiva, se considera el área de estudio, a la microcuenca del Río Chiquito, que se ubica en la parte urbana de la ciudad León, departamento de León. Las unidades de estudio son; los pobladores y viviendas, ubicados en la ribera del Río Chiquito, se aplicó una encuesta a 121 pobladores ubicados en esos sectores, se buscaron todas aquellas viviendas más cercanas al río y se encuestó a la persona más adulta, con el objetivo de valorar la percepción del riesgo ante inundaciones, se excluyeron aquellas viviendas, donde no se encontró persona alguna. En distintos puntos del río, se caracterizó la vulnerabilidad, uso de suelo, estado de la vegetación, también se solicitó al COMUPRED de la Alcaldía Municipal de León, información sobre la microcuenca de Río Chiquito. Se utilizaron el Software estadístico SPSS para realizar; las Bases de Datos y el Análisis Estadístico, las viviendas se georreferenciaron con GPS, también los puntos críticos existentes, previamente percibidos por la población que habita en la ribera del Río Chiquito, en el Software QGIS se hicieron los diferentes mapas; como el de riesgo ante inundaciones, que reflejan su ubicación y permiten identificar los niveles de riesgos ante inundaciones que tienen las viviendas y sus pobladores.

Se utilizó la metodología de Peck et al. (2007), en su estudio, tienen como objetivo analizar el riesgo de inundación considerando tres elementos: 1. amenaza, 2. exposición y 3. Vulnerabilidad (Cajigal & Maldonado, 2019). Con el fin de crear conocimiento sobre el riesgo de inundación en localidades específicas. Este estudio fue dirigido a los tomadores de decisiones, para fundamentar la elaboración de nuevos planes de desarrollo, la fabricación de elementos físicos que brinden protección ante inundaciones y las estrategias de respuesta. Peck et al. (2007) contemplan en el diseño de su metodología los altos niveles de precipitación de los ciclones tropicales en los últimos años, así como las proyecciones que afirman que se incrementarán tales niveles aún más. Su metodología de análisis del riesgo se basa en la fórmula: $\text{Riesgo de Inundación} = \text{Amenaza} \times \text{Vulnerabilidad} \times \text{Exposición}$. Descrita en la Figura 1.

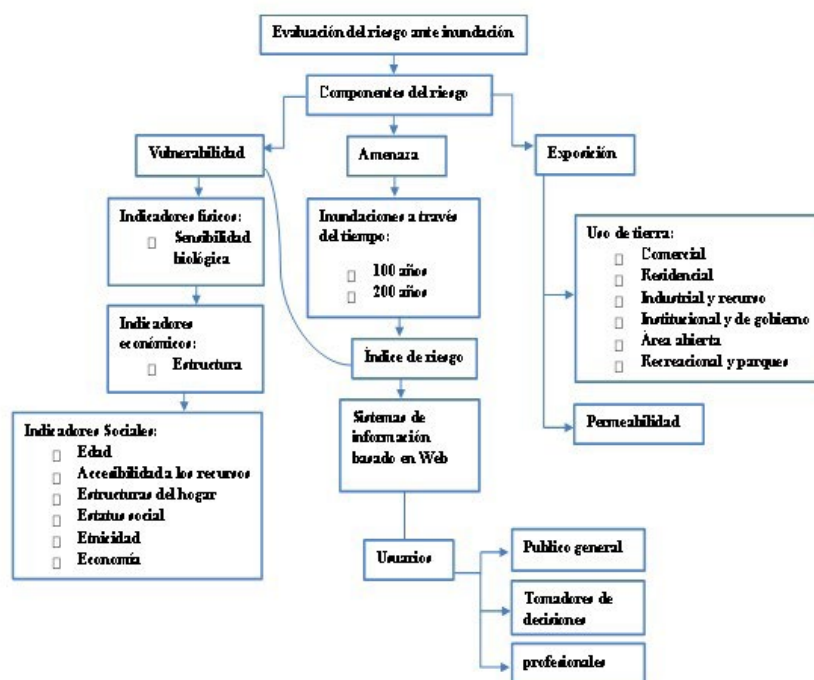


Figura 1. Mapa de la metodología de Peck et al. (2007)

Resultados

Se encuestaron 121 personas, 57% del sexo Femenino y 43% masculino, con nivel educativo desde iletrados a todos los niveles educativos, la mayoría de ellos, tienen educación primaria, secundaria y universitarios. Se identificaron 12 barrios, el 67% de las personas encuestadas, identifica que la zona donde viven es de inundación, el 83% saben qué hacer ante inundación, el 34% han tenido que evacuar, el 74% saben que, en su barrio, existe un lugar seguro donde refugiarse, el 50% que existen rutas de evacuación, el 24% han recibido capacitación sobre inundación, la mayoría recuerda la inundación ocurrida el 1998, por el Huracán Mitch.

La cercanía de la vivienda al río presenta en promedio un riesgo considerado como alto, seguido de riesgo comunitario y percepción percibida, el riesgo de Licuefacción es considerado moderado. [Figura 2.](#)

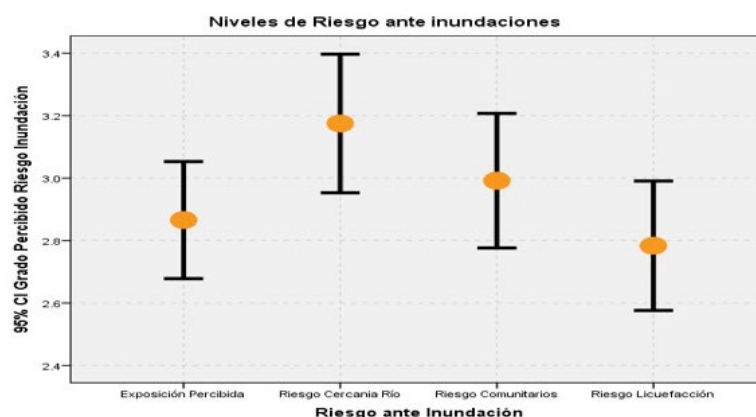


Figura 2. Niveles de Riesgo ante inundaciones

En cuanto a la vulnerabilidad ante inundación, son: La articulación con organismos y la defensa civil, las que se perciben con grado de regular a malo. [Figura 3.](#)

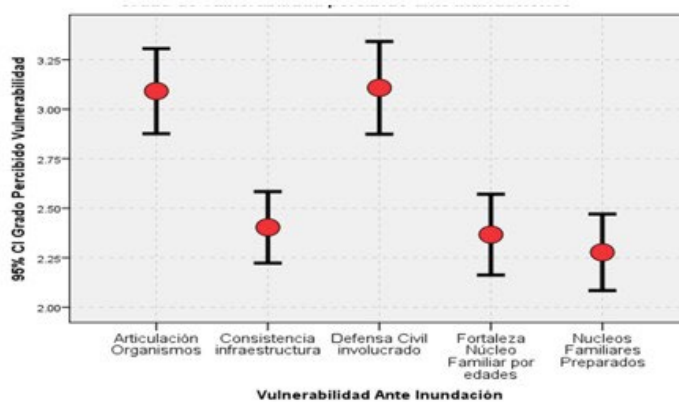


Figura 3. Grado de Vulnerabilidad ante inundación percibido por las personas encuestadas

En cambio, la consistencia de la infraestructura, fortaleza y preparación de los núcleos familiares, los que se perciben de muy buena viven donde, es área de inundación, sus viviendas están a mayor distancia desde el río, que los que dicen que no. [Figura 4.](#)

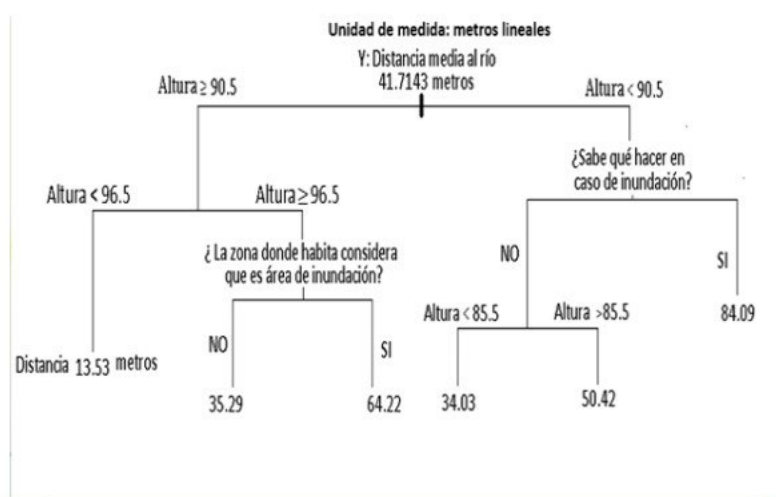


Figura 4. Árbol de clasificación

De la Vulnerabilidad ante inundaciones, al incluir cinco ítems de asociación, dicotómicos resultan significativos: ¿Sabe qué hacer en caso de inundación? y, ¿La zona donde usted habita, considera que es área de inundación? y las variables numéricas: Distancia al río y Altura (ambas en metros). Los encuestados que tienen sus viviendas ubicadas a: menos de 90.5 m de altura sobre el nivel del mar y que no saben qué hacer ante una inundación, están a una distancia del río menor que los que respondieron que sí saben qué hacer. Y a una altura mayor de 90.5 m y menor de 96.5 m sobre el nivel del mar, sus viviendas están a menor distancia del río (13.53 m), sin haber asociación significativa con aquellas dos dicotómicas. Y aquellos, que sus viviendas están, a una altura mayor que 96.5 m sobre el nivel del mar y responden que la zona. Se observa en color rojo intenso que, en el centro de la ciudad de León, hay más población y viviendas cercanas a la Ribera del Río Chiquito, con riesgo ante inundación. Las otras áreas más pobladas con riesgo ante inundación, están en la parte noreste y suroeste de la ciudad. [Figura 5.](#)



Figura 5. Mapa de Riesgo ante inundación Río Chiquito de León

El estudio que realizaron [Peck et al. \(2007\)](#), fue dirigido a los tomadores de decisiones, para fundamentar la elaboración de nuevos planes de desarrollo, la fabricación de elementos físicos que brinden protección ante inundaciones y las estrategias de respuesta. En cambio, esta investigación está dirigida a los pobladores que viven en lugares de mayor riesgo ante inundación, se tomó en cuenta la cercanía de las viviendas a un cuerpo de agua, con el objetivo de medir la percepción que tienen los pobladores con relación al riesgo ante inundación, se valoró la vulnerabilidad en distintos puntos del río, se observó la vegetación, uso de suelo, ubicación de las viviendas, cercanía al río.

En ambas investigaciones se considera que los componentes que generan inundación están enfocados en amenaza, vulnerabilidad y exposición. En esta investigación se encontró la Exposición: localización de las viviendas, la distancia de viviendas a la cercanía del río, población, la edad, el nivel académico. La Vulnerabilidad: como el tipo de vivienda, tipos de suelo, uso del suelo y la Amenaza como los árboles grandes, que caen sobre el Río Chiquito, que pueden ocasionar desborde, por obstruir el paso de agua o caer sobre las viviendas, ocasionando daños en la infraestructura. Que son indicadores del riesgo ante inundación. El estudio sobre la vulnerabilidad ante inundaciones de [Balica et al. \(2009\)](#). Estos autores ofrecen una metodología para evaluar la vulnerabilidad a nivel cuenca, subcuenca y a nivel urbano, de forma similar esta investigación se realiza la investigación de Vulnerabilidad a nivel urbano, en donde pasan ríos. Al igual que [Balica et al. \(2009\)](#), que consideraron que las variables debían ser accesibles, cuantificables e interpretables. También señalan que la vulnerabilidad es geográfica y socialmente diferenciada.

En esta investigación, se logró contar con variables de fácil acceso y que se pudieron analizar de forma estadística y Geográfica. Donde se considera la importancia del uso de los SIG, para representar mediante mapas los lugares que están en riesgo ante inundación, que al presentarse a los tomadores de decisión pueden identificar, cuántas viviendas y personas, se encuentran en riesgo ante inundación, como lo toma en cuenta ([Alvarado-Bello, 2014](#)), donde considera el uso del SIG para combinar información sobre peligros naturales, recursos naturales, población e infraestructura, puede ayudar a los planificadores a identificar áreas menos expuestas a los peligros y más aptas para actividades de desarrollo, áreas que requieren evaluación adicional de los peligros, y áreas donde se deberían priorizar las estrategias de mitigación, ([Rodríguez & Olivella, 2009](#)).

Conclusiones

A la altura de las viviendas a menos de 90.5 m sobre el nivel del mar, las viviendas de los encuestados que no sabe qué hacer ante una inundación, están a una distancia menor, que los que respondieron que sí saben qué hacer. Y a una altura mayor de 90.5 m y menor de 96.5 m desde el nivel del mar, las viviendas están a una distancia de 13.2 m y aquellos, que sus viviendas están, a una altura mayor que 96.5 m y responden que donde viven, no es zona de inundación, sus viviendas están a 35.2 m de distancia desde el río, menor, que la distancia de las viviendas de los responden que si viven en zona de inundación. Los pobladores perciben, el riesgo de licuefacción y la exposición percibida, como bajo y de moderado a alto el riesgo comunitario y riesgo cercanía al río. En cuanto al Grado de vulnerabilidad ante inundación, percibido por las personas encuestadas, la consistencia de infraestructura, fortaleza familiar y la preparación de sus núcleos familiares, es muy buena y no hay buena articulación entre organismos, defensa civil involucrados.

En el mapa de Riesgo, se observan tres zonas de afectación: la zona con más viviendas y personas en riesgo ante inundación se presenta en el centro de la ciudad, donde está localizada la Zona Patrimonial de la ciudad de León. Al hacer los cálculos de inundación a 20 m, en ambos lados del río, se observa que, 6 viviendas quedan en alto riesgo ante inundación y a una distancia de 40 m quedan 27 viviendas. Los resultados fueron presentados a los tomadores de decisiones COMUPRED de la ciudad de León, para fundamentar la elaboración de nuevos planes de desarrollo, la fabricación de elementos físicos que brinden protección ante inundaciones y las estrategias de respuesta.

Se llegó a la conclusión de que esta metodología, en el área de estudio, que es el Río Chiquito, es coincidente con la del estudio de [Peck et al. \(2007\)](#) dado que, evidentemente los resultados encontrados sí son indicadores de vulnerabilidad ante inundación.

La importancia de considerar el uso herramientas Estadísticas, para hacer análisis estadísticos de los datos, conocer cómo percibe la población el riesgo ante inundación mediante indicadores, las relaciones con organismos, grados de conocimiento sobre estos temas y de los SIG para combinar información sobre peligros naturales, recursos naturales, población e infraestructura, puede ayudar a los planificadores a identificar áreas menos expuestas a los peligros y más aptas para actividades de desarrollo, áreas que requieren evaluación adicional de los peligros, y áreas donde se deberían priorizar las estrategias de mitigación.

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 con fondos externos. Para su ejecución la universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León, asignó fondos a la Investigación.

Cumplimiento de estándares éticos: N/A

Contribuciones de autor:

LAMM Conceptualización, Metodología, Redacción, Borrador Original, Revisión y Edición, elaboración de análisis estadísticos, Supervisión; LLM Conceptualización, metodología, elaboración de indicadores; Oscar González-Quiroz, redacción, borrador original, revisión y edición, elaboración de mapas.

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] Alvarez, M. E., & Vásquez, R. E. (2008). Guía para el funcionamiento de los Comités Municipal para prevención, mitigación y atención de desastres COMUPRED. Sistema Nacional para la Prevención, Mitigación y Atención de Desastres SINAPRED, Managua (Nicaragua). Secretaría Ejecutiva. https://www.preventionweb.net/files/15491_guiadefuncionamientocomupred.pdf
- [2] Alvarado-Bello, S. A. (2014). Uso de un sistema de información geográfica para el análisis de amenaza por inundaciones en la cuenca alta del río Bogotá, municipio de Cota, límites localidad de Suba. Trabajo de Grado. Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Civil. Bogotá, Colombia. URI <http://hdl.handle.net/10983/1800>
- [3] Balica, S., Douben, N. y Wriqth Nigel, G. (2009), "Flood vulnerability indices at varying spatial scales", Water Science & Technology, 60 (10), Londres, Inglaterra, IWA Publishing, pp. 2571-2580. [Links] https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_nlinks&pid=S1405-8421201900030054300003&lng=en
- [4] Gobierno de Nicaragua. (2017). EJES DEL PROGRAMA NACIONAL DE DESARROLLO HUMANO 2018-2021. <https://www.el19digital.com/app/webroot/tinymce/source/2018/00-Enero/Del22al28Enero/Viernes26Enero/EJES%20DEL%20PROGRAMA%20NACIONAL%20DE%20DESARROLLO%20HUMANO.pdf>. 26/02/2021
- [5] Guha-Sapir, D., Hoyois, P. y Below, R. (2015), Annual Disaster Statistical Review 2014 The numbers and trends, Bruselas, Bélgica, Centre for Research on the Epidemiology of Disasters. [Links] https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_nlinks&pid=S1405-8421201900030054300016&lng=en
- [6] Olín Fabela, L. A. (2017), Vulnerabilidad social por inundaciones. (Tesis monográfica): Universidad Autónoma del Estado de México. <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/79908/Olin%20fabela%20Luis%20Alberto.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- [7] Cajjal Molina, Erick. & Maldonado González, Ana Lucía. (2019). Metodología para el análisis de vulnerabilidad ante inundaciones. Un ejercicio emergente ante el cambio climático. Economía, sociedad y territorio, 19(61), 543-574. Epub 26 de mayo de 2020. <https://doi.org/10.22136/est20191342>
- [8] Peck, A., Karmakar, S. y Simonovic, S. (2007), Physical, economical, infrastructural and social flood risk - vulnerability analyses in GIS, Ontario, Canadá, The University of Western Ontario.
- [9] Rodríguez, J. & Olivella, R. (2009). Introducción a los sistemas de información geográfica. Recuperado de: <http://www.openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/53645/1/introducci%C3%B3n%20a%20los%20sistemas%20de%20informaci%C3%B3n>, 2.