

VULNERABILIDAD HUMANA EN EL DISTRITO LA FORTUNA DE SAN CARLOS, COSTA RICA

Juan Carlos Robles Rojas ¹ y Mario Fernández Arce ^{2*}

RESUMEN

Se estudió la vulnerabilidad humana en el distrito La Fortuna de San Carlos en Costa Rica, con base en el análisis de 12 indicadores cuantificables. En el trabajo se propone un índice de vulnerabilidad global, además de mapas complementarios. Los impactos de ciertas amenazas naturales han causado muertes en este distrito y sus alrededores, confirmando que ha habido asentamientos humanos expuestos a ellas y deficiencias que hacen más susceptibles a las personas ante los eventos adversos. El estudio genera resultados que contribuyen a una mejor zonificación de las áreas susceptibles al impacto de eventos adversos, que pueden servir para proteger vidas y evitar muertes. Se recurrió a trabajo de campo para cartografiar los asentamientos expuestos y se procesó la información de los indicadores a escala de la Unidades Geoestadísticas Mínimas. Los resultados sugieren que el indicador más influyente en la vulnerabilidad global del área estudiada es el de 'asentamientos humanos expuestos' y que la mayor vulnerabilidad está en la parte Oeste y Este de la zona de estudio. En general, la vulnerabilidad humana del distrito es baja.

PALABRAS CLAVES

Vulnerabilidad, Indicadores, Exposición, Amenazas, Costa Rica

HUMAN VULNERABILITY IN THE LA FORTUNA DE SAN CARLOS DISTRICT, COSTA RICA

ABSTRACT

Based on the analysis of 12 quantifiable indicators, an index and map were developed to study human vulnerability in the La Fortuna de San Carlos district, Costa Rica. The impacts of certain natural hazards have caused deaths in and near the district, establishing that there have been human settlements exposed to hazards as well as deficiencies that make people more susceptible to adverse events. The study generates results that contribute to zoning, especially to highlight areas susceptible to the impact of adverse events, and to protect lives and avoid casualties. Through fieldwork, the study mapped the exposed human settlements while the information of the indicators was processed at the level of the Minimum Geostatistical Units. The results suggest that the most influential indicator in the overall vulnerability of the studied area is 'exposed human settlements'. It is also point out that the highest vulnerability is in the western and eastern part of the studied area. Nevertheless, the district's human vulnerability is relatively low.

KEYWORDS

Vulnerability, Indicators, Exposure, Hazards, Costa Rica

1. Investigador independiente, San José, Costa Rica.

2. Escuela de Geografía, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

*Autor de correspondencia: mario.fernandezarce@ucr.ac.cr

Identificador:

<http://revistareder.com/handle-0719-8477-2020-074>

RECIBIDO

14 de agosto de 2020

ACEPTADO

26 de octubre de 2020

PUBLICADO

1 de enero de 2021

Formato cita

Recomendada (APA):

Robles Rojas J.C. & Fernández Arce, M. (2021). Vulnerabilidad Humana en el Distrito La Fortuna de San Carlos, Costa Rica. *Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres REDER*, 5(1), 87-95. <http://revistareder.com/handle-0719-8477-2020-074>



Todos los artículos publicados en REDER siguen una política de Acceso Abierto y se respaldan en una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional.

Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres (REDER)

Diseño: Lupe Bezzina

INTRODUCCIÓN

En esta investigación se estudió la vulnerabilidad humana (Reyes et al., 2014; Reyes y Fernández, 2015; Fernández y Reyes, 2013) en el distrito La Fortuna de San Carlos, Costa Rica (ver Figura 1), por medio del análisis de indicadores de vulnerabilidad física, social, económica y educativa (Wilchez, 1993). Lo realizado incluyó estudios de campo para conocer y cartografiar los asentamientos humanos expuestos. Con tales indicadores se elaboró un índice con el cual se hizo un mapa de la condición del distrito que hace más susceptible a las personas a ser impactadas por las amenazas.

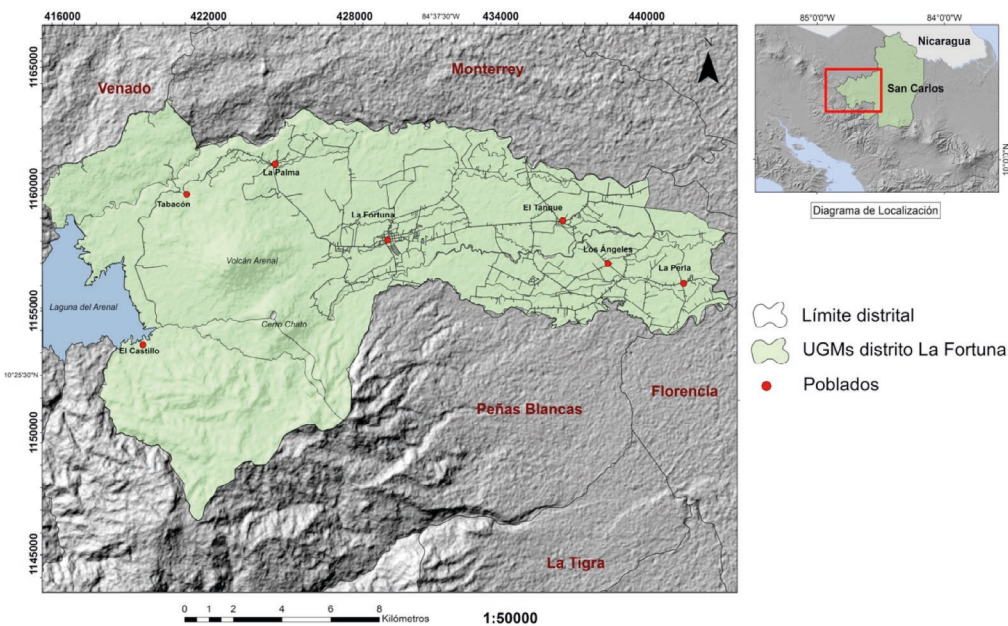


Figura 1. Área de Estudio
Fuente: Autores, 2021.

La vulnerabilidad humana de comunidades y sociedades se da a grandes rasgos por el desarrollo de asentamientos humanos en terrenos no aptos, la construcción de obras de poca calidad y resistencia y la falta de recursos económicos que permitan satisfacer las necesidades humanas, que deben incluir un hábitat adecuado y seguro. Los eventos naturales han causado muertes en el distrito y cerca de él, como sucedió en 1968 cuando el Volcán Arenal hizo una violenta erupción que quitó la vida a más de 70 personas y en 1998 cuando otra erupción generó una serie de avalanchas volcánicas las cuales descendieron a lo largo de 2 km por el río Tabacón y se detuvieron 160 m antes del balneario donde había más de 1000 turistas (Huapaya, 2013). Las muertes confirman que ha habido asentamientos expuestos al impacto de las amenazas y deficiencias que hacen más susceptibles a las personas a ser afectadas por los peligros. Esa exposición y esas condiciones que aumentan la vulnerabilidad deben ser estudiadas con el fin de conocer el riesgo al que están expuestos los habitantes del distrito La Fortuna.

Conociendo las áreas y los asentamientos humanos más susceptibles a ser impactados por las amenazas no solo es posible estimar con mayor precisión el riesgo sino que se puede reducir el mismo, lo cual busca evitar muertes. Para eso se hizo el estudio, con él se pretende zonificar la vulnerabilidad y generar un insumo para estimar el riesgo en todo el distrito.

El método para lograr el objetivo propuesto fue cartografiar los asentamientos expuestos durante visitas al campo, verificando que ellos estuvieran dentro del área de influencia de las amenazas. Con respecto a los indicadores usados, los datos correspondientes fueron procesados a escala de la unidad territorial más pequeña de Costa Rica, que se denomina Unidad Geoestadística Mínima (UGM), la cual utiliza el Instituto Nacional de Estadística y Censo para sus análisis espaciales. De tal proceso se obtuvo un índice para cada uno de tales indicadores que luego se sumaron para obtener un valor general en las mencionadas unidades (Collins et al., 2009; Reyes, 2012; Reyes et al., 2014a; Reyes et al., 2014b; Reyes y Fernández, 2015; Robles, 2016). El valor resultante fue usado para elaborar un mapa de vulnerabilidad del distrito.

De acuerdo con los resultados de este trabajo, el principal factor que aumenta la susceptibilidad de la población al impacto de las amenazas es la exposición física de los asentamientos, constituida por la ubicación de viviendas, comercios, hoteles en áreas con amenazas latentes, como en las faldas del Volcán Arenal, la ribera del río Peñas blancas o cerca de fallas activas. Las áreas más susceptibles están en la parte Oeste y Este de la zona de estudio. En general y con base en los indicadores y metodología utilizados en el presente artículo, la vulnerabilidad humana del distrito es baja.

METODOLOGÍA

Se revisaron trabajos previos para conocer metodologías ejecutadas en otros territorios y dar mayor rigurosidad a la investigación. También fue necesario revisar la información científica sobre la extensión territorial de las amenazas presentes en el distrito. Por ello, se consultaron libros (Alvarado, 2008), artículos científicos (Alvarado, 1997; Soto y Sjobohm, 2005; Climent et al., 2008), informes técnicos (Esquivel, 2004; CNE, 2010), tesis (Robles, 2016) y reportes periodísticos (La Nación, 2007; La Nación, 2008; La Nación, 2013) sobre los incidentes ocurridos en la zona de estudio. Un informe de gran relevancia para este estudio es el que se refiere a la restricción al uso de la tierra en la zona volcánica del Arenal (Esquivel, 2004).

Se analizó el comportamiento de 12 indicadores de vulnerabilidad en cada Unidad Geoestadística Mínima del distrito La Fortuna, a saber: Asentamientos humanos expuestos; total de viviendas; tugurios; viviendas alquiladas; viviendas en mal estado; total de personas; total de personas entre 0-4 años; total de personas mayores de 60 años; personas sin seguro social; total de personas con primaria incompleta; total de personas que no tienen título educativo; y total de personas con discapacidad. Cada uno de estos indicadores aportan a la susceptibilidad de las personas a ser impactadas por las amenazas por cuanto le restan resistencia y habilidad para enfrentar los peligros y sus impactos. A manera de ejemplo, una persona con primaria incompleta tendrá más dificultad para leer y asimilar material educativo que le ayude a prepararse para enfrentar de manera correcta las situaciones amenazantes y proteger su vida. Si el nivel educativo de esta persona aumenta, es muy probable que mejore no solo su capacidad para manejar los riesgos de su entorno sino su actitud hacia ellos.

Los datos de 11 de las 12 variables seleccionadas provinieron del Censo de Población y Vivienda del año 2011, realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC). Mientras que los datos de Asentamientos Humanos Expuestos se obtuvieron en trabajo de campo. Este indicador no aparece en la información del INEC, por lo que fue necesario recopilar tal información de la manera mencionada. Para ello, se observó la condición de cercanía de los vecindarios al área de inundación de los ríos, a la alcanzada por anteriores y mortales flujos piroclásticos (delimitados en el mapa de uso del suelo del área volcánica del Arenal) y a las alcanzadas por ondas expansivas de eventuales explosiones en gasolineras, comprobando que comunidades o establecimientos importantes estaban al alcance de los eventos naturales y antrópicos. Esto demandó trabajo de campo (realizado en el 2015) en todo el distrito a fin de conocer con mayor detalle las áreas expuestas al impacto de los eventos naturales y antrópicos. Tal levantamiento permitió identificar el grado de exposición de los barrios en cada una de las UGM, lo cual hizo posible asignar un valor a cada indicador y cartografiar esas áreas propensas al impacto de los peligros.

Cada indicador constituyó una variable a la cual se le asignó un valor entre 0 y 1 en cada una de las 151 UGM del distrito. En dicho rango, 1 indica la vulnerabilidad más alta. Posteriormente, tales resultados fueron sumados y re-indexados en una nueva escala de 0 a 1.0, para obtener la vulnerabilidad total o global del distrito, con base en los mencionados indicadores. Los valores obtenidos fueron convertidos en una capa de información la cual fue importada a un Software de Información Geográfica (SIG). Los datos finales fueron estratificados utilizando el método de clasificación manual y mostrados en los mapas haciendo uso de una escala de colores (Reyes, 2012).

RESULTADOS

De los 12 indicadores analizados, el que más contribuye a la vulnerabilidad del distrito es el denominado Asentamientos Humanos Expuestos. Ello se debe a la ubicación de centros de población e infraestructura turística cerca del ámbito de acción de las amenazas. El volcán Arenal, por su gran atractivo, provocó un desmedido desarrollo turístico-hotelerero en zonas de

alto y moderado riesgo por flujos piroclásticos e influencia de erupciones volcánicas plinianas (CNE, 2010). Fuera del área volcánica, se reconocieron pequeños poblados ubicados en las márgenes de los ríos Arenal, Burío, Fortuna y principalmente, Peñas blancas. Como tales ríos discurren por zonas planas, su potencial de inundación es relevante. Además, se identificaron elementos expuestos a potenciales ondas expansivas por incidentes en gasolineras como centros comerciales, restaurantes, bancos, farmacias y hoteles. Este indicador obtuvo el mayor puntaje de todos, variando entre 0,8 y 1 en algunas unidades geoestadísticas.

El análisis del indicador Total de Viviendas generó valores de vulnerabilidad bajos cuya máxima magnitud fue 0,25. Este resultado no sorprende porque el distrito es eminente rural y de poco desarrollo urbano. El único centro de población importante es La Fortuna, que se ubica hacia el centro del territorio distrital. En cuanto a la cantidad de personas que viven en la zona de estudio, la densidad de población es baja y al igual que en el indicador anterior, la única concentración relevante está en La Fortuna; por lo anterior, el valor máximo del indicador de vulnerabilidad por total de personas es muy bajo y de magnitud 0.20.

En el área de estudio son muy pocas las casas de habitación que se pueden catalogar como tugurios y las que eventualmente se podrían considerar como tal, normalmente se ubican en zonas de baja exposición física y baja amenazas. Por ello, el índice de vulnerabilidad máximo por tugurios para el distrito es 0.03. En lo que respecta a la condición de las viviendas, algunas de ellas presentan un estado bastante deficiente en sus estructuras pero que aún no llegan a considerarse como viviendas de tugurios. Las viviendas que presentan estas características son en mayoría las que se utilizan para la habitación de peones agrícolas, ganaderos y jornaleros contratados por los dueños de las fincas grandes de la zona (INEC, 2011). La realidad indica que son pocas las casas que se encuentran en este estado y así lo muestra el máximo resultado del indicador de vulnerabilidad por Viviendas en Mal Estado cuya magnitud es 0.12.

En relación con viviendas alquiladas, la mayoría de personas que rentan casas en la zona son trabajadores del área del turismo y principalmente trabajadores de los grandes hoteles del distrito. Por tanto, la mayor cantidad de viviendas alquiladas se encuentran justamente en el centro del distrito y el valor máximo del indicador de vulnerabilidad por alquiler de vivienda es 0.46.

El porcentaje de población, tanto en edades avanzadas como en edades tempranas es muy bajo por lo que, de acuerdo con este indicador, la vulnerabilidad máxima es sumamente baja. El valor máximo del indicador de vulnerabilidad por Personas sin Seguro Social es 0.22 y las personas que carecen de tal servicio generalmente son trabajadores agrícolas. En materia de educación, el indicador Personas sin Título Educativo tiene como valor máximo valor 0.22 y la población que lo representa está en el sector central del distrito. Finalmente, el máximo valor de indicador Personas con Discapacidad es 0.19, lo cual es bastante bajo.

Al procesar los datos de los indicadores en cada una de las Unidades Geoestadísticas Mínimas se obtuvo el mapa de vulnerabilidad total o global de la zona de estudio que se muestra en la Figura 2 y como se puede apreciar, sus máximos valores se ubican en la parte Oeste del distrito, donde el índice varía entre 0.8 y 1.

La alta vulnerabilidad en las faldas del volcán se debe a la exposición de la infraestructura turística (Alor y Caballero, 2004), la cual incluye hoteles de lujo, balnearios, zonas de recreación, Spa (espacio de descanso y restauración de la salud) y otras actividades turísticas. En el sector suroeste del distrito también hay un alto valor del índice el cual se debe a la presencia de personas con discapacidades y familias que no se encuentran cubiertas por el régimen de seguridad social, personas que no tienen educación primaria y que además habitan en viviendas alquiladas. Cerca de la ciudad La Fortuna hay un alto índice que podría deberse a exposición física por la presencia de gasolineras y a los valores del indicador Viviendas Alquiladas.

En la parte Este y Sureste la magnitud del índice de vulnerabilidad también tiene valores altos (ver Figura 2). Estas son zonas con un par de poblados en las riveras de dos de los ríos con potencial de inundación, entre ellos el poblado de Bonanza, que prácticamente es inundado anualmente por el río Peñas Blancas (ver Figura 3). De acuerdo con los vecinos, el desbordamiento llega hasta la plaza y la escuela del pueblo.

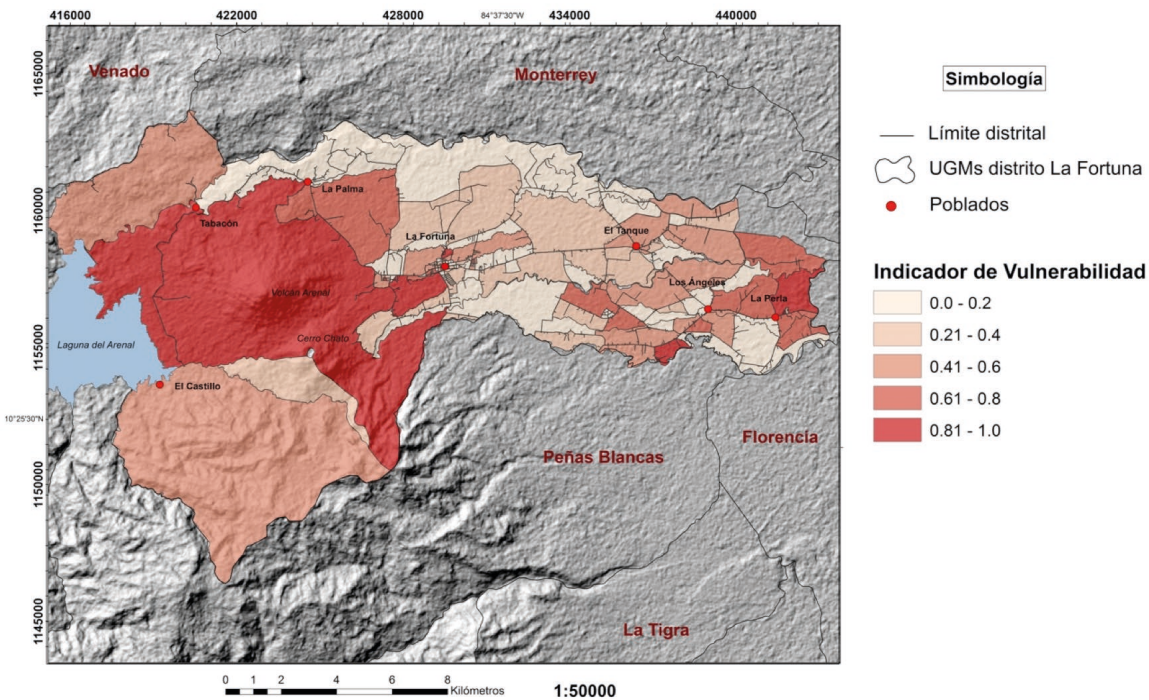


Figura 2. Índice de vulnerabilidad global del distrito La Fortuna de San Carlos
Fuente: Autores, 2021, adaptada de Robles (2016).

Según los puntajes de la mayoría de los indicadores, la vulnerabilidad del distrito La Fortuna de San Carlos es baja (la mayoría de ellos no supera el valor 0.2). No obstante, la exposición física sí influye significativamente en ella. Lo anterior por la existencia de mucha actividad turística cerca de un volcán y de asentamientos humanos en las orillas de los ríos. En el año 2006 se actualizó la restricción del uso del suelo en el área volcánica pero algunos de los hoteles de renombre quedaron dentro de la zona de mayor riesgo.



Figura 3. Río Peñas Blancas. Vista del río Peñas Blancas desde el patio de una vivienda en el poblado de Bonanza
Fuente: Autores, 2021.

Reducción de la Vulnerabilidad

Como se indicó previamente, en el año 2001 se dio un paso muy importante hacia la reducción de la vulnerabilidad en la zona de estudio, ya que se elaboró un mapa de la restricción del uso del suelo para el área volcánica (Esquivel, 2004). En dicha obra se delimitaron las áreas de riesgo por erupciones del Arenal, con sus debidas recomendaciones. Tal instrumento, que se actualizó en el 2006, regula el uso de la tierra alrededor del volcán y contribuyó con la reducción de la exposición física derivada de la actividad turística.

Por esos tiempos el área de esparcimiento del Hotel Los Lagos se extendía prácticamente hasta la base del volcán, donde había una zona para acampar a orillas de un lago natural formado por el represamiento de flujos de agua que fueron intersectados por coladas de lava. Tal zona incluía cabañas, una ermita y una especie de atracadero de lanchas de pedal en las que el visitante podía hacer un recorrido por el embalse natural.

Por la restricción al uso de la tierra antes mencionada y por la ocurrencia de flujos piroclásticos que descendieron el 23 de agosto del 2000 y causaron la muerte a algunas personas que estaban en la zona volcánica (La Teja, 2017), los dueños del hotel tomaron la decisión de cerrar esa área y no permitir el acceso a la misma. La acogedora zona de acampar desapareció y hoy día solo quedan ruinas en el sitio (ver Figura 4). Conforme pasa el tiempo la vegetación gana terreno y pronto ya no habrá huellas de lo que en otro tiempo fue una zona turística muy visitada.



Figura 4. Áreas turísticas abandonadas. Restos del área para acampar del Hotel Los Lagos en el 2015
Fuente: Autores, 2021.

DISCUSIÓN

Los diferentes tipos de vulnerabilidad (Wilches, 1993), que hacen más susceptible a las personas al impacto de las amenazas, son identificables mediante indicadores. El Marco de Acción de Sendai (UNISDR, 2015), el instrumento mundial para el manejo del riesgo, estableció como prioridad comprender el riesgo de desastre y propuso que para lograr tal objetivo es necesario evaluar periódicamente los riesgos de desastres, la vulnerabilidad, la capacidad, el grado de exposición, las características de las amenazas y sus efectos sobre los ecosistemas. En concordancia con el Marco de Sendai, tanto la Política como el Plan Nacional de Gestión de Riesgo de Costa Rica promueven la reducción de la vulnerabilidad mediante ejes de acción y lineamientos (CNE, 2015 y 2016). Por ello, se decidió calcular el aporte de indicadores físicos, sociales, económicos, educativos y técnicos cuantificables a la vulnerabilidad global del distrito La Fortuna.

Un Indicador de vulnerabilidad física es la existencia de asentamientos humanos expuestos. Este indicativo es uno de los que más contribuye con la vulnerabilidad global de un territorio y consiste en la ubicación de centros poblacionales en las áreas de mayor impacto de las amenazas. En el distrito La Fortuna se debe a la presencia de comunidades en las faldas de un volcán activo (volcán Arenal) y al desmedido desarrollo turístico-hotelerero en zonas de alto riesgo por flujos piroclásticos y caída de productos volcánicos como ceniza, bombas y bloques de entre 6-30 cm (CNE, 2010). También se debe a la existencia de pequeños poblados del distrito ubicados en las márgenes de ríos cuyo potencial de inundación es de cuidado y a la exposición de elementos del espacio a potenciales ondas expansivas, incluyendo centros comerciales, restaurantes, bancos, farmacias y hoteles. Es importante aclarar que, por una limitación metodológica, la extensión de este indicador en el mapa de vulnerabilidad estimado en este trabajo está sobredimensionada. Ello se debe a que la unidad geoestadística mínima que abarca el área en la que se ubica el volcán Arenal es relativamente grande y cubre hasta el Parque Nacional Volcán Arenal. El INEC creó las UGM para hacer censos de población, en ellas agrupa viviendas que deben ser censadas y estas áreas son muy grandes en zonas rurales donde las viviendas son más escasas.

Dentro de los indicadores económicos se incluyen los asentamientos marginales o ilegales, también conocidos como tugurios, viviendas alquiladas y personas sin seguro social. La existencia de asentamientos marginales es un aspecto relevante en materia de vulnerabilidad de un espacio porque indica la falta de capacidad económica de una familia para construir su casa (Sandoval & Sarmiento, 2018). Al no tener capacidad económica, muchas familias no tienen más alternativa que construir ilegalmente en zonas de alto riesgo y con ello se tornan vulnerables. El alquiler de vivienda generalmente indica que una persona o familia no puede adquirir su propia casa por falta de recursos económicos y no tener seguro social es otro signo de falta de capacidad económica. Esto último se comprueba en el estudio realizado porque se supo que las personas sin seguro social del área de estudio suelen ser inmigrantes o trabajadores de fincas ganaderas o de zonas de cultivos agrícolas (INEC, 2011). Los patronos erróneamente buscan reducir sus costos no otorgando el pago de un seguro y así, en caso de accidente o cualquier otra situación legal, poder desligarse del empleado con mayor facilidad.

Indicadores sociales son cantidad de viviendas, total de personas, personas mayores de 60 años, personas menores de 4 años y número de personas con discapacidad. El primer indicador se refiere a la condición de susceptibilidad a la que podrían estar sometidos asentamientos que poseen alta densidad de viviendas, pues al haber mayor cantidad, el potencial daño provocado por una amenaza sería mayor. De igual manera, una zona es más vulnerable a sufrir impactos negativos de un evento peligroso si tiene muchos habitantes que estén, además, expuestos a alguna amenaza. Los grupos etarios pueden influir en el nivel de vulnerabilidad de un territorio. Los adultos y los niños en teoría son más vulnerables a sufrir consecuencias negativas, tanto físicas como sociales-económicas, debido a que sus capacidades para responder ante un evento adverso son en teoría menores que la de los individuos de los restantes grupos de población. El indicador personas con discapacidad se refiere al grupo de personas que no posee la totalidad de sus capacidades físicas-mentales al 100%, las que son más vulnerables al impacto de las amenazas por las limitaciones mencionadas.

La educación es relevante no solo para reducir la vulnerabilidad sino para atender adecuadamente las emergencias generadas por las amenazas, ella puede hacer la diferencia entre la vida y la muerte durante la manifestación de un evento natural o antrópico. Las personas y comunidades más preparadas no solo entienden mejor su riesgo sino que hacen un mejor manejo de él. Los indicadores de vulnerabilidad educativa estimados en este trabajo son personas con primaria incompleta y personas sin título educativo. En relación con lo anterior, la mayoría de las personas que se dedican a labores del campo y reciben tratos salariales y sociales desiguales, son justamente aquellas que no poseen la educación básica primaria completa o un título educativo, por lo cual no lograron adquirir empleos que satisfagan adecuadamente sus necesidades. Indebidamente algunos patronos se aprovechan de esta condición para contratarlos sin sus debidas garantías sociales. Usualmente, las prioridades y necesidades de las personas con bajo nivel educativo no incluyen la capacitación y preparación para un mejor manejo del riesgo. Precisamente por eso, tales grupos humanos son más vulnerables ante las amenazas.

Por vulnerabilidad técnica se entiende construir sin las técnicas requeridas para hacer una obra segura. Una vivienda bien construida, hecha de materiales resistentes y con adecuada red eléctrica es una morada segura que difícilmente se deteriore al grado de poner en peligro la vida de quienes la habitan. El mal estado de una obra no solo puede reflejar deficiencias constructivas sino que aumenta la vulnerabilidad humana por cuanto es menos resistente y por tanto, protege menos a sus moradores. Por el contrario, estructuras fuertes y muy bien construidas pueden resistir el embate de las grandes fuerzas de la naturaleza y constituir refugio seguro para el ser humano. A manera de ejemplo, los terremotos por sí mismos no matan a las personas pero si sacuden, a veces violentamente, las estructuras y si estas son débiles pueden colapsar, caer encima de la gente y matarla. Entre mejor sea la condición de una vivienda menos vulnerables serían las personas que la habitan.

Los indicadores usados en la investigación que generó este artículo dan una idea clara de la vulnerabilidad global del distrito La Fortuna la cual, dicho sea de paso, siendo la exposición física del ser humano y la infraestructura a diversos procesos del volcán Arenal un factor fundamental. Cabe mencionar que en las faldas de este aparato volcánico hubo muertes por la violenta erupción y flujos piroclásticos de 1968. Por lo anterior, los resultados de este trabajo concuerdan plenamente con los antecedentes históricos.

Los resultados obtenidos podrían mejorar con la ponderación de los indicadores para darle más peso a los que más aportan a la vulnerabilidad total del área de estudio y dividiendo UGMs de gran tamaño para que la distribución de cualquier valor dentro de ella sea más acorde con la realidad. Se recuerda que la cantidad de viviendas es un criterio usado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos para asignar tamaños a las Unidades Geoestadísticas Mínimas, de manera que donde haya pocas viviendas, la UGM tiende a ser más grande y eso podría de alguna forma afectar el resultado, aunque sea levemente.

Un estudio sobre el proceso educativo para el manejo de los riesgos, que incluya las acciones realizadas por el gobierno local, las instituciones públicas, en particular las educativas y los comités locales de emergencia para capacitar y preparar a la población en el tema en cuestión, sería de gran ayuda para conocer mejor la vulnerabilidad desde una perspectiva educativa. De igual manera, podría ser de mucha utilidad diseñar un instrumento para conocer la percepción de las amenazas y la vulnerabilidad desde una perspectiva cultural, ya que el distrito es muy visitado por turistas.

Se ha planificado que los resultados de este estudio sea conocidos por las autoridades locales del Cantón San Carlos y que forme parte además de una plataforma local para la gestión de riesgos. Se espera que los resultados de este artículo puedan servir a los gestores locales de riesgos para priorizar sus acciones y centrar los esfuerzos en las zonas de mayor vulnerabilidad.

CONCLUSIONES

La vulnerabilidad física es de gran importancia en la zona estudiada. Esto se debe a la exposición de los asentamientos humanos y obras civiles al impacto de las amenazas, principalmente, al de las erupciones volcánicas, inundaciones y terremotos. Los indicadores sociales y económicos se concentran en las pocas áreas urbanas del distrito pero influyen poco en la condición global que aumenta la susceptibilidad de la población a ser impactada por las amenazas.

En general, la vulnerabilidad global del distrito es 'baja', pues con excepción del alto grado de exposición física de algunos asentamientos humanos en la parte Oeste y Este, el resto del territorio es poco susceptible al impacto de las amenazas. Los valores de mayor índice de vulnerabilidad varían entre 0,81 y 1. En el área volcánica se han realizado buenas prácticas que han conducido a la reducción de la exposición física, como lo son la restricción al uso de la tierra y el cierre de un área turística ubicada cerca de la base del volcán Arenal.

Pese a lo anterior, es igualmente necesario un plan de manejo de riesgo para reducir la vulnerabilidad de los asentamientos expuestos a las amenazas, especialmente la infraestructura turística y los centros de población cercanos a los ríos caudalosos. Futuras obras deben respetar la restricción al uso de la tierra en la zona del volcán Arenal. Los resultados de este estudio podrían también mejorar haciendo un profundización sobre el proceso educativo para la gestión de riesgos del distrito, ponderando los indicadores, delimitando Unidades Geoestadística de gran tamaño y midiendo indicadores no cuantificados de vulnerabilidad, como son aquellos relacionados a la cultura e ideologías. Con todo, este trabajo puede constituir un valioso insumo para la gestión local del riesgo a cargo de las autoridades municipales.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen a los revisores anónimos por sus valiosos aportes que enriquecieron y mejoraron el artículo.

REFERENCIAS

- Aguilar, N. & Hernández, C. (2007, 7 de Nov.). Emergencia por inundaciones en Upala y San Carlos. La Nación [Periódico]. http://www.nacion.com/ln_ee/2007/noviembre/07/sucesos1307535.html
- Alor, J. & Caballero, J. (2004). Los Sistemas Hidrotermales y el origen de la vida. *Ciencias*, 75, 15-22.
- Alvarado, G. (1997). *Los peligros Volcánicos del Arenal*. Boletín OSIVAM.
- Alvarado, G. (2008). *Los Volcanes de Costa Rica: geología, historia, riqueza natural y su gente*. San José: UNED.
- Climont, A., Rojas, W., Alvarado, G. & Benito, B. (2008). *Evaluación de la Amenaza Sísmica en Costa Rica. Proyecto Resis II. Red Sísmológica Nacional RSN:ICE-UCR*. Escuela Centroamericana de Geología (UCR), Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) & Universidad Politécnica de Madrid.

- Corrales, G. (2013, 28 de Jul.). Erupción del Volcán Arenal en 1968: La tragedia de los voluntarios. La Nación [Periódico]. http://www.nacion.com/ocio/revista-dominical/Erupcion-Arenal-tragedia-voluntarios_o_1356464358.html
- Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias de Costa Rica CNE. (2010). *Mapa de amenazas potenciales en el cantón de San Carlos*. CNE.
- CNE. (2015). *Política Nacional de Gestión del Riesgo 2016-2030*, CNE.
- Collins, T., Grinesky, S., Romo, L. (2009). Vulnerability to environmental hazards in Ciudad Juárez (Mexico) - El Paso (USA). A model for spatial risk assessment in transnational context. *Applied Geography*, 29, 448-461. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2008.10.005>
- Esquivel, L. (2004). *Restricción del uso del suelo en áreas bajo amenaza volcánica: el caso del Arenal*. CNE.
- Fernández, M. & Reyes, J., (2013). Determinación del Riesgo de Desastre en Santo Domingo de Heredia. En *Memorias IV Coloquio Mesoamericano Gestión de Riesgos y Cambio Climático*, México, 11-15 Noviembre.
- Hernández, C. (2008, 4 de Ene.). Fuertes vientos e inundaciones golpean a poblados sancarleños. La Nación [Periódico] http://www.nacion.com/ln_ee/2008/enero/04/sucesos1371920.html
- Huapaya, A. (2013). *Recorrido a través del tiempo Geológico de Costa Rica (Jurásico-Holoceno). Proyectando a los desafíos de Costa Rica, Ministerio de ambiente y energía*. Departamento de Geología y Minas de Costa Rica.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censo INEC. (2011). *Censo de Población y vivienda*. INEC.
- Poltronieri, M. (2017, 28 de Mayo). La Muerte bajo del coloso. La Teja [Periódico]. <https://www.lateja.cr/sucesos/la-muerte-bajo-del-coloso/J3Q5TG7MUJB3XGORVZLV4RQERO/story/>
- Reyes, J. (2012). Determinación de riesgo de desastre en el cantón Santo Domingo de Heredia mediante sistemas de información geográfica [Tesis de Maestría]. Escuela de Geografía, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Reyes, J., Fernández, M. (2015). Máxima Vulnerabilidad Humana en Santo Domingo de Heredia. *Reflexiones*, 94(1), 37-47.
- Reyes, J., Fernández, M., Grinesky, S. & Collins, T. (2014a). Spatial Analysis of Disaster Risk in Santo Domingo De Heredia, Costa Rica, Central America. *Journal of Geography and Geology*, 6(3), 123-132. <http://dx.doi.org/10.5539/jgg.v6n3p123>
- Reyes, J., Fernández, M., Solís, D. & Bolaños, R. (2014b). Assessment of Physical Vulnerability in Santo Domingo de Heredia, Costa Rica, Central America. *World Journal of Engineering and Technology*, 2, 78-84. <http://dx.doi.org/10.4236/wjet.2014.23B012>
- Robles, J.C. (2016). Análisis espacial de amenazas y vulnerabilidades en el distrito La Fortuna de San Carlos [Tesis de Licenciatura]. Escuela de Geografía, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Sandoval, V. & Sarmiento, J.P. (2018). Una mirada sobre la gobernanza del riesgo y la resiliencia urbana en América Latina y El Caribe: Los asentamientos informales en la Nueva Agenda Urbana. *Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres REDER*, 2(1), 38-52. <http://revistareder.com/handle-0719-8477-2018-011>
- Soto, G. & Sjobohm, L. (2005). Sobre el mapeo de riesgos volcánicos del Arenal (Costa Rica) como una herramienta para la planificación del uso del suelo y la mitigación de desastres. En *Memoria VIII Seminario de Ingeniería Estructural y Sísmica* (p.26). ACIES.
- United Nations Office for Disaster Risk Reduction UNISDR. (2015). *Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030*. UN.
- Wilchez, G. (1993). Vulnerabilidad Global. En Maskrey, A. (Ed.), *Los Desastres no son Naturales* (pp. 11-41). LA RED & Tercer Mundo.