

Capacidad de respuesta ante inundaciones en sectores con vulnerabilidad social de la delegación Félix Osores Sotomayor del municipio de Querétaro

Flood response capacity in socially vulnerable sectors of the Felix Osores Sotomayor delegation in the municipality of Queretaro

Martha Patricia Ruiz Magaña¹, María Fernanda Rivera Godínez¹, y Juan Alfredo Hernández Guerrero^{2*}

¹ Facultad de Ciencias Naturales, Campus Aeropuerto, Universidad Autónoma de Querétaro.

² Facultad de Ciencias Naturales, Campus Aeropuerto, Universidad Autónoma de Querétaro. Santiago de Querétaro, México. C.P. 76140.

Tel: 442 1921200, ext. 3247/65419. Correo electrónico: juan.hernandez@uaq.mx

*Autor de correspondencia

Resumen

Las recurrentes y peligrosas inundaciones en el municipio de Querétaro se acompañan de la respuesta del gobierno y población afectada, pero los esfuerzos no han logrado mitigar o solucionar el problema, especialmente en sectores socialmente vulnerables. El presente trabajo analiza la capacidad de respuesta ante inundaciones en sectores con vulnerabilidad social de la delegación Félix Osores Sotomayor del municipio de Querétaro. El procedimiento consistió en identificar zonas de inundación mediante recopilación documental, elaborar un índice de vulnerabilidad social con análisis multicriterio y determinar la capacidad de respuesta a través de una encuesta semiestructurada. En los resultados se identificaron 37 sitios inundables, así como tres zonas prioritarias con diferencias de vulnerabilidad social; además, la capacidad de respuesta se fundamenta en acciones y estrategias individuales y vecinales, mientras que el gobierno responde con asistencia transitoria y prevención discursiva. Se concluye con información para la toma de decisiones con el objeto de reducir el riesgo ante inundaciones.

Palabras clave: Vulnerabilidad social; respuesta; inundaciones; delegación administrativa.

Abstract

The recurrent and dangerous floods in the municipality of Queretaro are accompanied by the response of the government and the affected population, but such efforts have failed to mitigate or solve the problem, especially in socially vulnerable sectors. This paper analyzes the capacity to respond to floods in socially vulnerable sectors of the Felix Osores Sotomayor delegation of the municipality of Queretaro. The procedure consisted of identifying flood zones through documentary compilation, elaborating a social vulnerability index with multicriteria analysis, and determining the capacity to respond through a semi-structured survey. A total of 37 flood-prone sites and three priority zones with differences in social vulnerability were identified; moreover, it was found that the response capacity is based on individual and neighborhood actions and strategies, while the government responds with transitory assistance and discursive prevention. This study concludes with information for decision making to reduce flood risk.

Keywords: Social vulnerability; response; floods; administrative delegation.

Recibido: 01 de agosto de 2021

Aceptado: 09 de febrero de 2022

Publicado: 23 de marzo de 2022

Cómo citar: Ruiz Magaña, M. P., Rivera Godínez, M. F., & Hernández Guerrero, J. A. (2022). Capacidad de respuesta ante inundaciones en sectores con vulnerabilidad social de la delegación Félix Osores Sotomayor del municipio de Querétaro. *Acta Universitaria* 32, e3282. doi: <http://doi.org/10.15174/au.2022.3282>

Introducción

Las inundaciones en áreas urbanas son eventos complejos y multi-causales que destacan por su peligrosidad manifiesta en daños y pérdidas materiales y humanas (Hernández-Guerrero *et al.*, 2012). Garza & Schteingart (2010, citado en Sánchez & Chávez, 2016) señalan que esos eventos suelen acompañarse de modelos urbanos poco o nada planeados y la ocupación de sitios susceptibles a inundaciones por diversos grupos sociales. En tal caso, los grupos socialmente vulnerables presentan importantes desventajas (económicas, políticas, culturales y sociales) para enfrentar los perjuicios; además, cuando los impactos son recurrentes, su condición se transforma en crónica y afecta activos e intereses individuales y colectivos (Cutter *et al.*, 2003; Thomas, 2013).

Los individuos o grupos humanos no son estáticos y responden ante la mínima perturbación, pero los grupos socialmente vulnerables que son afectados por inundaciones y cuentan con escasa atención acentúan mecanismos derivados de las capacidades de respuesta, adaptación, persistencia y resistencia (Khajehei *et al.*, 2020; Tascón-González *et al.*, 2020; Torok, 2018). La capacidad de respuesta ya sea individual o colectiva, sobresale como una de las primeras opciones de actuación (intencional o incidental) para fortalecer la resiliencia (Pérez *et al.*, 2016; Sánchez & Chávez, 2016). La respuesta de las personas socialmente vulnerables se complejiza dadas las desventajas; por lo mismo, las acciones suelen ser poco o nada planeadas, frágiles y temporales, y no siempre contribuyen en la mitigación o solución de la formación de inundaciones o sus efectos (Anderson, 2020; Camus *et al.*, 2016; Mohanty *et al.*, 2019).

Si bien la respuesta individual o colectiva forma parte de las variables de la resiliencia y vulnerabilidad social (Paez & Ornes, 2019; United Nations International Strategy for Disaster Reduction [UNISDR], 2009), también lo es la asistencia pública, sea esta para reducir los impactos (daños y pérdidas), satisfacer necesidades básicas de los afectados y salvar vidas (UNISDR, 2009). En este sentido, la respuesta suele dividirse en externa e interna, donde la externa incluye la intervención del gobierno e instituciones, mientras que la interna se relaciona con las acciones a nivel individual o de una comunidad; en ambos casos los esfuerzos se destinan a la solución o mitigación de los eventos y sus afectaciones (Hernández *et al.*, 2012).

Por otro lado, Zhong *et al.* (2020) señalan que, aun cuando las características individuales y colectivas están involucradas en la respuesta, las acciones integrales sociedad-gobierno que se manifiesten en la interacción con el medio, organización, grupos vulnerables e intervención pública también juega un papel importante. Sin embargo, las respuestas del Estado ante inundaciones suelen ser focalizadas y relacionadas con la construcción de infraestructura, brindar mantenimiento y rectificación de canales y represas (Srinivasan *et al.*, 2010 citado en Sánchez & Chávez, 2016), pero no siempre toman en cuenta los estudios de las necesidades y condiciones individuales o colectivas de las comunidades afectadas.

A partir de lo mencionado, se conocen estudios para la identificación de la vulnerabilidad social ante inundaciones en áreas urbanas (Aroca-Jiménez *et al.*, 2017; Arteaga & San Juan, 2012; Fernandez *et al.*, 2016; Kablan *et al.*, 2017; Rana & Routray, 2018), así como análisis de vulnerabilidad social e inundaciones (Álvarez & Tuñón, 2016; Cruz-Bello & Alfie, 2018; Noriega *et al.*, 2011; Pérez *et al.*, 2016; Perles-Rosello, 2010; Thomas, 2013; Valdez *et al.*, 2017). No obstante, existen pocos trabajos que involucran de manera directa e indirecta la capacidad de respuesta en esos temas (Marfai *et al.*, 2015; Papagiannaki *et al.*, 2017; Reisinger *et al.*, 2017; Zúñiga, 2018), sin dejar de mencionar que, en ciudades con acelerado crecimiento, el tema cobra mayor relevancia debido a su dinámica de cambio e incremento de inundaciones y vulnerabilidad social, a la vez que la capacidad y los mecanismos de respuesta parecieran disminuir.

En México, la ciudad de Querétaro es un claro ejemplo de lo señalado hasta el momento, la cual presentó un importante crecimiento urbano en los últimos 30 años. Por ejemplo, en 1990 la ciudad contaba

con 579 597 habitantes y 108 972 viviendas particulares habitadas, y en el 2020 incrementó a 1 530 820 habitantes y 416 166 viviendas particulares habitadas (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 1990, 2020a). Adicional a lo anterior, se fomentó la superficie construida y la expansión física de la ciudad y esta, a su vez, en la ocupación de zonas susceptibles a la formación de inundaciones.

Cabe decir que el fenómeno de las inundaciones difiere en cada una de las delegaciones administrativas del municipio de Querétaro (Centro Histórico, Epigmenio González, Cayetano Rubio, Félix Osos Sotomayor, Felipe Carrillo Puerto, Josefa Vergara y Hernández y Santa Rosa Jáuregui), ya sea por sus características biofísicas, socioeconómicas y de infraestructura. La delegación Félix Osos Sotomayor destaca por contar con el mayor número de habitantes en el municipio de Querétaro: 284 936 habitantes, que equivale al 19% del total de la población de la ciudad (INEGI, 2020a). También, es una de las delegaciones que, desde la década de los ochenta, presenta problemas de inundaciones, pero no es sino hasta el Plan Maestro de Drenaje Pluvial del 2002, el Plan Parcial de Desarrollo Urbano del 2008 y el Atlas de Riesgos del Municipio de Querétaro del 2015 cuando destaca como una de las delegaciones con la mayor cantidad de colonias urbanas con riesgo a inundaciones (10 colonias en total) (Unidad Municipal de Protección Civil Querétaro [UMPCQ], 2015). En lo que corresponde a la vulnerabilidad social, el trabajo de Hernández & García (2020) representó sectores vulnerables en el municipio, donde la delegación sobresale entre las principales, aunque con una escala a nivel de manzana urbana el resultado arrojaría información con mayor detalle.

Por otro lado, se desconoce la respuesta de la población ante inundaciones, mientras que la respuesta del gobierno municipal pareciera no ser la adecuada, pues año con año continúa el problema en los mismos sectores, además de que se han desarrollado nuevos sitios inundables (Oreano, 2020). Si bien se cuenta con asistencia de salud, protección civil y seguridad pública, las acciones preventivas no han sido suficientes (refugios temporales, barreras con costales, limpieza de drenes), al tiempo que los discursos, en la mayoría de las ocasiones, favorecen espacios que son focos de atención para los medios de comunicación (Michel & Hernández, 2019). Con los argumentos señalados surgen las siguientes preguntas: ¿cuál es la distribución espacial de los sectores con vulnerabilidad social afectados por inundaciones en la delegación Félix Osos Sotomayor? y ¿cómo responden los habitantes de esos sectores para enfrentar y afrontar inundaciones?

El objetivo del presente trabajo fue analizar la vulnerabilidad social y la capacidad de respuesta ante el riesgo de inundaciones en la delegación Félix Osos Sotomayor del municipio de Querétaro. El trabajo cuenta con una estructura en seis secciones. La primera sección es la introducción, la cual incluye la teoría, los antecedentes, el problema y el objeto a investigar. La segunda sección describe las características del estudio de caso. La tercera sección corresponde a la descripción de los métodos y herramientas que se utilizaron para recabar información, procesar y analizar los datos. La cuarta sección corresponde al análisis de los resultados sobre los sitios inundables, la distribución de la vulnerabilidad social y la capacidad de respuesta ante inundaciones. La quinta sección refiere a la discusión, en la cual se reflexionó y se contrastaron resultados. Finalmente, en la sexta sección se concluye el estudio a través de los argumentos generales de la capacidad de respuesta de los sectores vulnerables afectados por inundaciones.

Área de estudio

El trabajo se llevó a cabo en el municipio de Querétaro, específicamente en la delegación administrativa Félix Osos Sotomayor (Figura 1). La delimitación de la delegación se presentó en el año 1994 como parte de la división administrativa del municipio de Querétaro. Cuenta con una altitud promedio de 1830 m.s.n.m., la pendiente del relieve oscila entre 10% y 15%, el clima es semiseco-cálido con una precipitación anual de 545 mm y temperatura promedio de 18.8 °C (Secretaría de Desarrollo Sustentable [Sedesu], 2008). Además, pertenece a la región hidrológica Lerma-Santiago y la cuenca del Río Laja (INEGI, 2010).

La delegación Félix Osores Sotomayor cuenta con 284 936 habitantes y una superficie de 40 km², donde la superficie construida es de 30 km², la cual corresponde al 75% del área de la delegación. El 51% de la población son mujeres, el 55% es población económicamente activa, el 83% es derechohabiente a servicio de salud, el 68% de los hogares es de jefatura masculina y el 4% de la población presenta algún tipo de discapacidad visual o motriz (INEGI, 2020a).

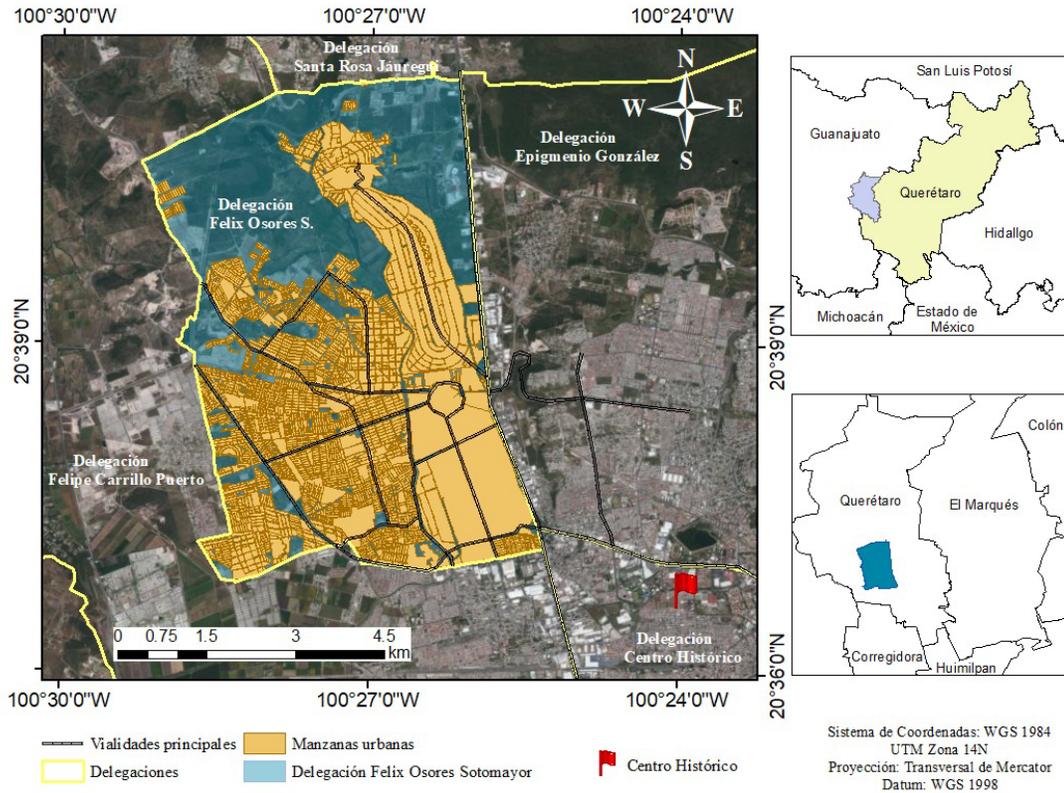


Figura 1. Localización de la zona de estudio. Delegación Félix Osores Sotomayor.
Fuente: Elaborado con información del INEGI (2020b).

La delegación al año 2020 estaba constituida por 138 colonias urbanas y fraccionamientos, 10 de ellos son considerados con nivel alto de riesgo a inundaciones (Municipio de Querétaro, 2019; UMPCQ, 2015). Asimismo, entre los principales usos de suelo destaca el urbano (57%) y la agricultura de temporal (20%) (INEGI, 2017, 2020b). Cabe señalar que, desde la década de los ochenta, parte de la delegación asumió el papel de área industrial y habitacional para los trabajadores, por lo mismo, cuenta con tres vialidades de importante conexión: Avenida 5 de febrero, Avenida de la Luz y el Acceso 1 (Sedesu, 2008).

Materiales y métodos

Los métodos utilizados derivan del análisis del riesgo desde un enfoque socioespacial, por ello se utilizó sistemas de información geográfica (SIG), así como datos de tipo cualitativos y cuantitativos. Por lo tanto, el objetivo se contestó con un procedimiento en tres fases: a) identificación de las zonas de inundación con base en recopilación documental, b) elaboración de un índice de vulnerabilidad social con análisis multicriterio y SIG, y c) determinación de la capacidad de respuesta a través de la aplicación de una encuesta semiestructurada.

Zonificación de inundaciones

La información para identificar zonas de inundación se elaboró a partir de la búsqueda y recopilación de documentos como el Atlas de Riesgo Municipal (UMPCQ, 2015), el Plan Parcial de Desarrollo Urbano (Sedesu, 2008), el Plan Maestro Pluvial (Universidad Autónoma de Querétaro [UAQ], 2009) y los estudios de tesis de Peña-Díaz (2017) y Oreano (2020). De forma complementaria, se llevó a cabo la búsqueda de información hemerográfica correspondiente al período 2000-2020, periodo que corresponde a la formación de recurrentes y peligrosas inundaciones en la ciudad. Cabe decir que la búsqueda de información se realizó en siete meses, pero solo el trabajo hemerográfico requirió de cuatro meses, pues consistió en indagar eventos de inundaciones en secciones específicas de periódicos locales, por lo mismo, la búsqueda se centró en la delegación, los meses de la temporada de lluvias (mayo a octubre) y el periodo de 20 años.

Una vez que la información fue recopilada, se elaboró la base de datos, misma que contó con el sitio donde se presentó la inundación, pérdidas o daños y atención brindada. Después, con la información del sitio inundable se elaboró una capa (*layer*) de puntos georreferenciados para ser utilizados en el SIG. Este ejercicio inició en *Google Earth*, y fue necesario realizar dos procesos para georreferenciar los sitios: a) los puntos se georreferenciaron a partir de la información específica, esto es, calles o elementos de referencia derivados de las noticias y b) otros puntos se georreferenciaron con base en el centroide de la colonia urbana o fraccionamiento, ya que la información recopilada era general. Una vez obtenidos todos los puntos georreferenciados en *Google Earth*, se exportó la información al programa ArcGis (Economic and Social Research Institute [ESRI], 2013), y con ayuda de las herramientas *KML To Layer* se obtuvo la capa de puntos de inundación en formato vectorial.

Índice de vulnerabilidad social

La elaboración del índice de vulnerabilidad social se llevó a cabo con un método geoestadístico. El procedimiento inició con la determinación de 27 variables correspondientes al Censo de Población y Vivienda 2020 (INEGI, 2020a) y disgregadas a nivel de manzana urbana (2812 manzanas urbanas para la delegación). Cabe recalcar que la definición de las variables se fundamentó en los trabajos de Cutter *et al.* (2003), Pérez *et al.* (2016), Thomas (2013), Álvarez & Tuñón (2016) y Cardona *et al.* (2014). Una vez definidas las variables, se construyeron 14 tasas con base en los trabajos de Hernández & García (2020) y Suárez *et al.* (2020), esto con el fin de homogeneizar la información a través de porcentajes (Tabla 1). Las tasas disgregadas por manzanas urbanas se dispusieron en una base de datos mediante una hoja de cálculo, en la cual se agregó una clave para compatibilizar la información con la cartografía urbana.

El siguiente paso fue el procesamiento de los datos, para ello se tomó el método de Hernández & García (2020), el cual consistió en llevar la base de datos al programa SPSS, donde se aplicó la prueba de *Kaiser-Mayer-Olkin*, misma que osciló entre 0.78 y 0.80, y con ello se determinó la buena relación de las tasas y, por ende, se aplicó análisis factorial a través de un análisis de componentes principales (ACP). Después de aplicar el ACP fue importante verificar que la mayor parte de las correlaciones entre tasas fuera

mayor al 0.55 y el porcentaje de varianza acumulada fuera superior al 50% (Alvarado *et al.*, 2008). Al aplicar el ACP, también se obtuvieron los factores de correlación para cada manzana urbana, por lo mismo, con el factor 1 se determinaron clases (o rangos) con una técnica estándar de máximos y mínimos.

La definición de las clases se facilitó con la técnica de Hernández & García (2020), misma que consistió en aplicar la ecuación condicionante SI en el *software* Excel, y con ella la definición de cinco clases: Muy Bajo, Bajo, Medio, Alto y Muy Alto, donde Muy Bajo indica que no presenta consideraciones significativas de vulnerabilidad social, mientras que Muy Alto significa que presenta desventajas en la mayoría de las tasas. Finalmente, la base de datos con las tasas y las clases de vulnerabilidad social fueron incluidos en el programa ArcGis (ESRI, 2013) para representar la distribución espacial de la vulnerabilidad social por manzanas urbanas en la delegación Félix Osores Sotomayor.

Tabla 1. Tasas para la construcción del índice de vulnerabilidad social.

| Clave | Tasa | Fórmula |
|-------|---|---|
| DD | Dependencia demográfica (+) | $\frac{((\text{Población de 0 a 14 años} + \text{Población mayor a 65 años}) / \text{Población de 15 a 64 años}) * 100}{}$ |
| PI | Población infantil (+) | $(\text{Población de 0 a 14 años} / \text{Población total}) * 100$ |
| P65+ | Población mayor a 65 años (+) | $(\text{Población de 65 años y más} / \text{Población total}) * 100$ |
| PD | Población desocupada (+) | $\frac{(\text{Población desocupada} / \text{Población económicamente activa}) * 100}{}$ |
| PII | Población de instrucción insuficiente (+) | $\frac{((\text{Población de 15 años y más analfabeta} + \text{Población de 15 años y más sin escolaridad}) / \text{Población de 15 a 64 años}) * 100}{}$ |
| PSSS | Población sin derechohabiencia a servicios de salud (+) | $\frac{(\text{Población sin derechohabiencia a servicios de salud}) / (\text{Población total}) * 100}{}$ |
| V2C | Viviendas particulares con dos cuartos (-) | $(\text{Viviendas con dos cuartos} / \text{Total de Hogares}) * 100$ |
| VNC | Viviendas particulares habitadas que no disponen de computadora (-) | $(\text{Viviendas sin computadora} / \text{Total de Hogares}) * 100$ |
| VNT | Viviendas particulares habitadas que no disponen de teléfono fijo (-) | $(\text{Viviendas sin teléfono fijo} / \text{Total de Hogares}) * 100$ |
| VNL | Viviendas particulares habitadas que no disponen de lavadora (-) | $(\text{Viviendas sin lavadora} / \text{Total de Hogares}) * 100$ |
| VNR | Viviendas particulares habitadas que no disponen de refrigerador (-) | $(\text{Viviendas sin refrigerador} / \text{Total de Hogares}) * 100$ |
| PDisc | Población con discapacidad (+) | $\frac{((\text{Población con discapacidad para caminar+ver+hablar+oír+vestirse+recordar+con algún problema o condición mental}) / \text{Población total}) * 100}{}$ |
| PF | Población femenina (+) | $(\text{Población femenina} / \text{Población total}) * 100$ |
| HJF | Hogares con jefatura femenina (+) | $\frac{(\text{Hogares censales con persona de referencia mujer}) / (\text{Total de hogares censales}) * 100}{}$ |

Fuente: Elaboración con información de INEGI (2020a) y métodos de Hernández & García (2020), Alvarado *et al.* (2008) y Suárez *et al.* (2020).

Determinación de la capacidad de respuesta

La información sobre la capacidad de respuesta de la población se obtuvo a través de una encuesta autoadministrada en línea (Díaz, 2012), pues ante la situación que se presentó en los años 2020 y 2021 por el SARS-CoV-2 (2019-2021), se acataron las medidas sanitarias y de contingencia, por lo mismo, el uso de las encuestas por internet fue el procedimiento adecuado para obtener la información. Así, el cuestionario se elaboró con las plantillas de *Google Forms* debido a su fácil manejo para construir las preguntas y respuestas, así como la sencillez de la interfaz para visualizar los resultados y la familiaridad con medios digitales. La encuesta fue semiestructurada, mientras que en la plantilla digital se manejó un formato estructurado, esto es, secciones con opciones dirigiendo al encuestado en una sola dirección.

En la redacción y diseño de las preguntas se tomó de base el estudio de Peña-Díaz (2017). En total fueron 37 preguntas divididas en ocho secciones: a) la introducción al cuestionario, misma que explica el objetivo y la justificación de la encuesta; b) las preguntas filtro, esta es muy importante, ya que, al ser una encuesta aplicada por internet, se pueden tener sesgos importantes al no tener las respuestas específicas para el caso de estudio; c) la información general del encuestado, pero se mantuvo el anonimato del encuestado al no solicitar datos personales como nombre de la persona, correos o direcciones domiciliarias, así también se mantuvo el anonimato de los encuestadores; d) la información de la vivienda; e) la percepción sobre inundaciones; f) la información de la capacidad de respuesta; g) el riesgo y comunidad; y h) comentarios adicionales.

La aplicación de la encuesta inició con una prueba piloto a 10 personas escogidas al azar. Ese ejercicio permitió corroborar, modificar o adicionar preguntas. Una vez obtenida la encuesta final, se definió el muestreo virtual en línea a través de una bola de nieve virtual (González *et al.*, 2019). Finalmente, se envió el enlace a través de redes sociales como *Facebook*, *Twitter*, *Instagram* y *Whatsapp*. El enlace permaneció abierto durante dos meses.

Resultados

Zonificación de inundaciones

Derivado de la búsqueda de información sobre inundaciones, se pudo identificar 14 sitios en la delegación Félix Osores Sotomayor. Los sitios donde se forman esos eventos coinciden con niveles medio y alto de concentración poblacional, esto es, entre 206 habitantes/ha y 409 habitantes/ha, respectivamente (Figura 2a). La representación de la información permitió determinar tres zonas de recurrente formación de inundaciones. La zona 1 se encuentra al noreste de la delegación (Figura 2b), cuenta con cuatro sitios inundables, 10 647 habitantes y 43 manzanas urbanas, mientras que la pendiente del terreno oscila entre 5%-15%, y el 82% de la superficie tiene cobertura urbana (habitacional, comercial e industrial) (INEGI, 2017; Sedesu, 2007, 2008). La zona 2 se encuentra al centro y oeste de la delegación (Figura 2c), presenta seis sitios inundables, 48 478 habitantes y 82 manzanas urbanas, la pendiente del terreno oscila entre 0%-2%, y el 87% de la superficie tiene cobertura urbana (habitacional y comercial) (INEGI, 2017; Sedesu, 2007, 2008). La zona 3 se encuentra al sur de la delegación (Figura 2d), cuenta con cuatro sitios inundables, 15 238 habitantes, 57 manzanas urbanas, presenta una pendiente que oscila entre 2%-5%, y el 96% de la superficie tiene cobertura urbana (habitacional, comercial e industrial) (INEGI, 2017; Sedesu, 2007, 2008).

Con base en lo anterior, las tres zonas presentan baja pendiente y coberturas de suelo que no permiten una adecuada infiltración de agua hacia el subsuelo. Además, se acompaña de escasa y deficiente infraestructura hidráulica y de mantenimiento, episodios de precipitación intensa y mal uso de presas reguladoras cuenca arriba; por lo tanto, se fomenta la retención y elevación de la lámina de agua y, por

consiguiente, se forman encharcamientos (elevación de la lámina de agua entre 5 cm y 15 cm en sitios focalizados) e inundaciones.

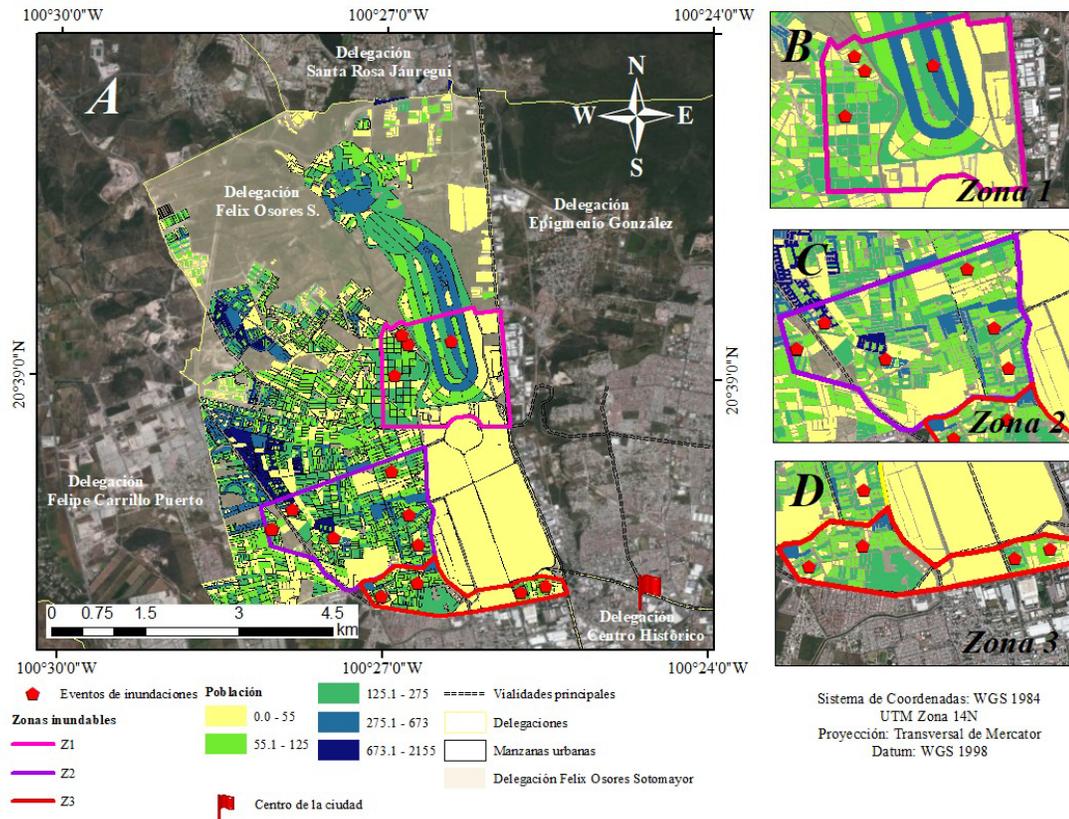


Figura 2. Inundaciones y población en la Delegación Félix Osores Sotomayor.

Fuente: Elaborado con información de la UMPCQ (2015), Sedesu (2008), UAQ (2009), INEGI (2020b) e información hemerográfica.

Índice de vulnerabilidad social

El análisis de componentes principales presentó cuatro componentes que, conjuntamente, explican el 50% de la varianza total. La Tabla 2 muestra el resultado de los componentes principales, donde los indicadores están ordenados según el valor absoluto de correlación, mientras que los valores señalados en color naranja corresponden a los que presentaron mayor correlación. En el componente 1 la mayor correlación se presentó entre las tasas de VNL, VNC y VNT, por ello, la carencia de bienes básicos en el hogar como lavadora, computadora y teléfono demostraron ser factores importantes en la vulnerabilidad social. En el componente 2, la tasa de P65+, es decir los adultos mayores, sobresalen como indicativo de la vulnerabilidad social. En el componente 3 destacó el género, pues la tasa de PF fue determinante en el aumento de la vulnerabilidad social. Finalmente, en el componente 4, se acentúan las tasas relacionadas con deficiencias de empleo, pues al no tener un empleo para sustentar gastos económicos causados por inundaciones puede incrementar la vulnerabilidad social.

Los resultados también mostraron que las correlaciones significativas entre tasas, en su mayoría, fueron positivas (Tabla 3). Las tasas de vivienda como VNR y VNL fueron las que obtuvieron mayor correlación (0.528), mientras que las otras tasas con correlación positiva y significativa también corresponden a tasas de vivienda (VNT y VNC). Estos resultados sugieren la posibilidad de que existan varias carencias dentro de la misma vivienda, por lo mismo, refuerza lo encontrado en el componente 1

señalado anteriormente; donde al no tener lo básico en la vida diaria, se puede tener una mayor probabilidad de aumentar la vulnerabilidad social.

Tabla 2. Matriz de correlaciones y varianza total de los componentes.

| Tasas | Sigla | Componente | | | |
|---|-------|------------|--------|--------|--------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Viviendas particulares habitadas que no disponen de lavadora | VNL | 0.753 | -0.200 | 0.139 | 0.006 |
| Viviendas particulares habitadas que no disponen de computadora | VNC | 0.740 | 0.043 | -0.009 | -0.022 |
| Viviendas particulares habitadas que no disponen de teléfono fijo | VNT | 0.735 | -0.280 | -0.097 | 0.017 |
| Viviendas particulares habitadas que no disponen de refrigerador | VNR | 0.625 | -0.149 | 0.241 | -0.051 |
| Viviendas particulares con dos cuartos | V2C | 0.475 | -0.095 | -0.348 | -0.077 |
| Dependencia demográfica | DD | 0.420 | 0.501 | -0.247 | -0.347 |
| Población sin derechohabencia a servicios de salud | PSSS | 0.419 | 0.207 | 0.252 | 0.156 |
| Población de instrucción insuficiente | PII | 0.413 | 0.339 | 0.365 | -0.051 |
| Población infantil | PI | 0.131 | 0.138 | -0.538 | 0.395 |
| Hogares con jefatura femenina | HJF | 0.094 | 0.490 | -0.228 | 0.072 |
| Población desocupada | PD | 0.061 | 0.215 | 0.111 | 0.770 |
| Población con discapacidad | Pdisc | 0.050 | 0.504 | 0.279 | 0.243 |
| Población femenina | PF | -0.159 | -0.282 | 0.446 | -0.008 |
| Población mayor a 65 años | P65+ | -0.165 | 0.742 | 0.133 | -0.309 |
| % de la varianza | | 20.90 | 12.84 | 8.30 | 7.95 |

Fuente: Elaboración propia a partir del análisis de componentes principales.

Tabla 3. Matriz de correlaciones.

| | DD | PI | P65+ | PD | PII | PSSS | V2C | VNC | VNT | VNL | VNR | Pdisc | PF | HJF |
|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| DD | 1.000 | 0.112 | 0.321 | 0.012 | 0.173 | 0.151 | 0.177 | 0.264 | 0.226 | 0.165 | 0.130 | 0.076 | -0.161 | 0.136 |
| PI | 0.112 | 1.000 | - | 0.062 | 0.017 | 0.017 | 0.054 | 0.094 | 0.054 | 0.023 | 0.012 | 0.038 | - | 0.059 |
| P65+ | 0.321 | - | 1.000 | 0.037 | 0.115 | 0.017 | - | - | - | - | - | 0.215 | - | 0.160 |
| PD | 0.012 | 0.062 | 0.037 | 1.000 | 0.042 | 0.084 | - | 0.031 | 0.001 | 0.022 | 0.000 | 0.109 | - | 0.056 |
| PII | 0.173 | 0.017 | 0.115 | 0.042 | 1.000 | 0.207 | 0.091 | 0.309 | 0.129 | 0.180 | 0.172 | 0.136 | - | 0.089 |
| PSSS | 0.151 | 0.017 | 0.017 | 0.084 | 0.207 | 1.000 | 0.050 | 0.212 | 0.194 | 0.234 | 0.173 | 0.050 | - | 0.099 |
| V2C | 0.177 | 0.054 | - | - | 0.091 | 0.050 | 1.000 | 0.317 | 0.249 | 0.263 | 0.163 | - | - | 0.073 |
| VNC | 0.264 | 0.094 | - | 0.031 | 0.309 | 0.212 | 0.317 | 1.000 | 0.500 | 0.410 | 0.308 | 0.066 | - | 0.067 |
| VNT | 0.226 | 0.054 | - | 0.001 | 0.129 | 0.194 | 0.249 | 0.500 | 1.000 | 0.510 | 0.343 | - | - | - |
| VNL | 0.165 | 0.023 | - | 0.022 | 0.180 | 0.234 | 0.263 | 0.410 | 0.510 | 1.000 | 0.528 | 0.003 | - | - |
| VNR | 0.130 | 0.012 | - | 0.000 | 0.172 | 0.173 | 0.163 | 0.308 | 0.343 | 0.528 | 1.000 | - | - | - |
| Pdisc | 0.076 | 0.038 | 0.215 | 0.109 | 0.136 | 0.050 | - | 0.066 | - | 0.003 | 0.001 | 1.000 | - | 0.123 |
| PF | -0.161 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1.000 | -0.121 |
| HJF | 0.136 | 0.059 | 0.160 | 0.056 | 0.089 | 0.099 | 0.073 | 0.067 | - | - | - | 0.123 | -0.121 | 1.000 |

Fuente: Elaboración propia a partir del análisis de componentes principales.

Con base en la información anterior, se obtuvo el mapa de vulnerabilidad social para la delegación Félix Osores Sotomayor (Figura 3). En el mapa se observan cinco categorías, así como una categoría especial sin datos que, comúnmente, corresponde a zonas industriales o de algún otro dominio que no es registrado en el censo de población y vivienda. La información representada señala que el 72.5% de la superficie de la delegación Félix Osores Sotomayor tiene un nivel muy bajo de vulnerabilidad social; por el contrario, el nivel muy alto presentó el 0.14% de vulnerabilidad social (solo cuatro manzanas urbanas). En general, la vulnerabilidad social en la delegación se encuentra entre los niveles medio a muy bajo, pero en los sitios de inundación es de media a alta vulnerabilidad, a lo cual los habitantes no podrían sufragar pérdidas y daños por inundaciones. Además, la recurrencia y la magnitud de los impactos en las tres zonas

determinadas (Figura 3, secciones b, c y d) podrían incidir en el aumento de la vulnerabilidad social, donde la capacidad de respuesta se vea alterada por un nuevo evento (continuidad en los impactos).

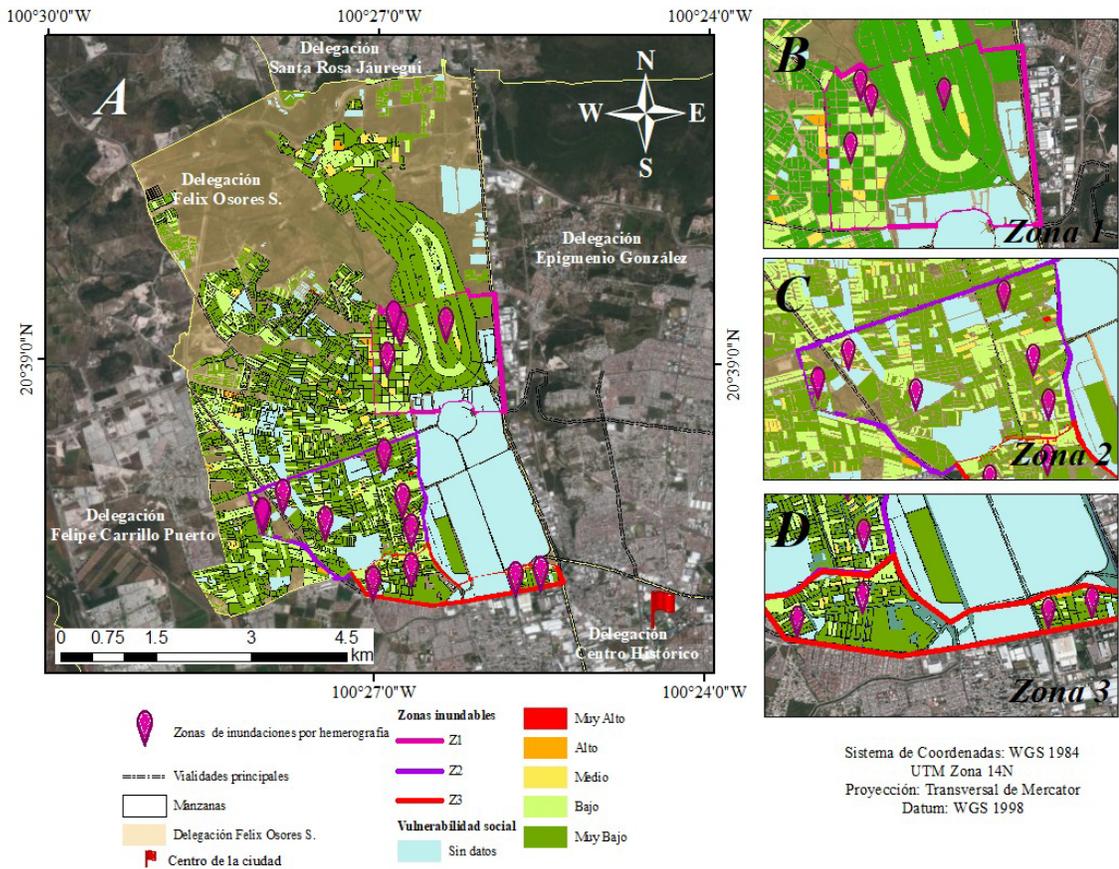


Figura 3. Vulnerabilidad social y zonas de inundación en la Delegación Félix Osores Sotomayor.
Fuente: Elaborado con información de INEGI (2020a, 2020b) e información hemerográfica.

Capacidad de respuesta

Derivado de la aplicación de la encuesta, se obtuvieron 118 respuestas para la delegación Félix Osores Sotomayor. Del total de las encuestas, el 69% fue contestado por mujeres, donde el 47% son adultos mayores de 60 años. Otra característica importante es que el 71% de los encuestados han vivido, como mínimo, siete años dentro en la delegación, y el 86% del total de los encuestados ha sufrido o sufre perjuicios por inundaciones. Ante estos datos, aunque el 96% cuenta con servicios médicos, el 78% no cuenta con un salario fijo que sirva de apoyo para solventar los gastos mayores que se podrían generar en un evento de inundación. A continuación, se especifican las respuestas por cada sección de la encuesta.

Inundaciones. Las respuestas proporcionaron la localización específica de sitios inundables a través del nombre de las vialidades o lugares donde los encuestados han observado la formación de esos eventos. Los resultados permitieron identificar 23 sitios inundables adicionales a los 14 sitios mencionados anteriormente, producto de la búsqueda de información documental. La zona 1 presentó solo dos sitios adicionales, mientras que la zona 2 presentó seis sitios y en la zona 3 se identificaron tres sitios adicionales (Figura 4). De igual manera, cabe mencionar que, fuera de las zonas predeterminadas, también se contabilizaron un total de seis sitios inundables.

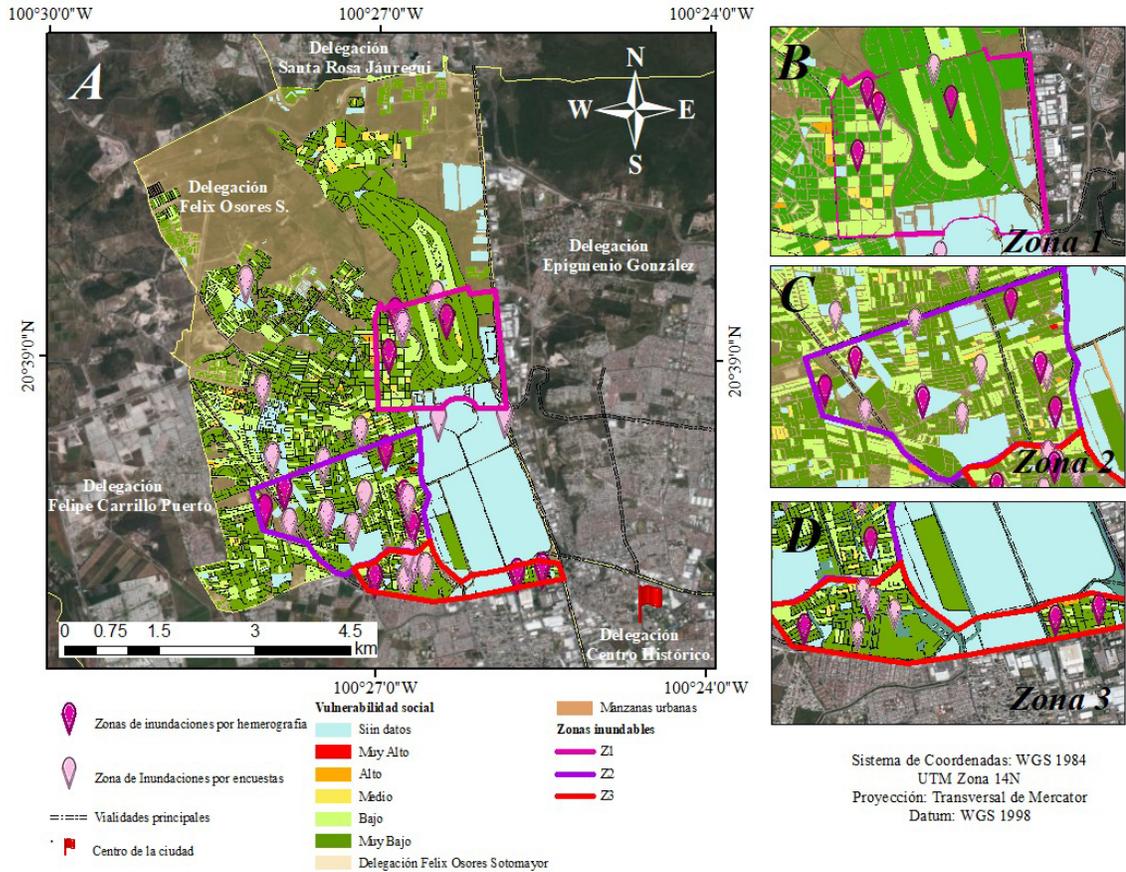


Figura 4. Vulnerabilidad social y zonas inundables actualizadas en la Delegación Félix Osores Soyomayor.
Fuente: Elaborado con información de INEGI (2020a, 2020b), UMPCQ (2015), Sedesu (2008), UAQ (2009), información hemerográfica y encuestas.

Dentro de los eventos que comúnmente se forman cuando llueve, se mencionaron inundaciones y encharcamientos por problemas con el drenaje o alcantarillado (Figura 5). Los dos últimos años que recordaron los encuestados con afectación de inundaciones en su comunidad fueron 2017 y 2020, pero el 24% de los encuestados coincidieron en que llevan más de 10 años padeciendo frecuentes inundaciones. El 23% de los encuestados consideran que las inundaciones son causadas por problemas en la infraestructura de protección, el 20% señalaron que son productos de fenómenos naturales y el 15% mencionaron que la basura contribuye al desarrollo de los eventos inundables. Por otro lado, el 42% reconoce que las decisiones que toma el gobierno al respecto, como los cambios de uso de suelo, son factores que aumentan la problemática de inundaciones en los lugares donde ellos viven y afirman que los daños causados pueden ser evitables si brindan mejor mantenimiento a la infraestructura hidráulica.

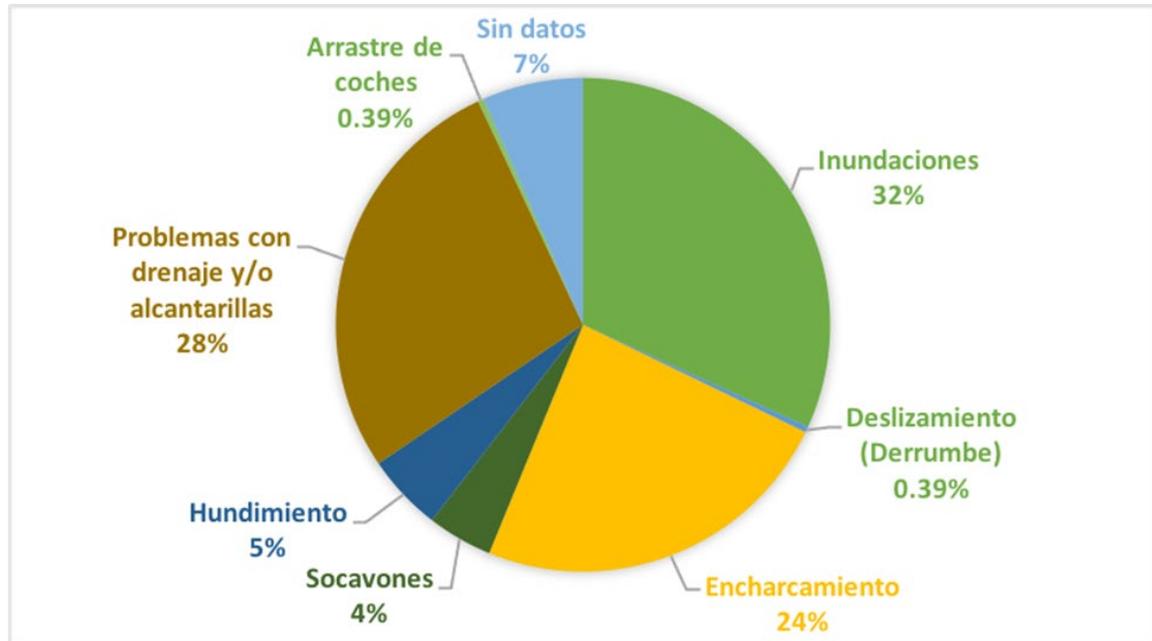


Figura 5. Eventos formados después de un evento de lluvia.
Fuente: Resultados de la aplicación de la encuesta.

Vivienda. En las características de la vivienda como el piso, pared y techo, los encuestados señalaron que los principales materiales de construcción utilizados en la vivienda para el piso fue el mosaico/azulejo (38%), para la pared es el ladrillo (49%) y para el techo fue concreto (66%). Además, el 97% de los encuestados señalaron que las casas son utilizadas exclusivamente para uso habitacional, solo el 3% de los encuestados mencionaron que utilizan una sección de la vivienda para actividades económicas como jardinería, carpintería u oficina.

Respuesta. El 66% de los encuestados conocen y están conscientes que viven en un lugar susceptible a la formación de inundaciones. Sin embargo, todos los encuestados desconocen los sitios de resguardo, mientras que el 2% mencionó las zonas altas dentro de su vivienda, siendo la azotea o un segundo piso. También, se encontró que el 50% de los encuestados no realizaron acciones antes de una inundación, ya que se pensó que no ocurriría, o bien, no tuvieron tiempo para hacerlas. Por otro lado, el 27% de los encuestados que sí realizaron alguna acción fue a través de reforzar, modificar o asegurar la vivienda, mientras que el 6% trabajaron entre grupos vecinales para prevenir y combatir las inundaciones. Los encuestados reportaron que las afectaciones propiciadas por inundaciones han sido daños materiales y económicos (16%), daños o pérdida del automóvil (11%) y daños a los aparatos domésticos (9%). Cabe señalar que el 5% de los encuestados mencionaron problemas de movilidad para salir y entrar a sus viviendas, colonias o fraccionamientos; también esta situación propició la suspensión laboral.

Por otro lado, la respuesta antes, durante y después de una inundación fue heterogénea (Figura 6). Antes de un evento de inundación, el 40% de los encuestados mencionaron que no recibieron ayuda de ninguna persona o instancia, mientras que el 12% señaló haber recibido ayuda de familiares o vecinos. Durante una inundación, el 30% de los encuestados no tuvieron ayuda de ninguna instancia o persona, mientras que otro 30% señaló recibir apoyo de familiares o vecinos. Por último, después de una inundación se mencionaron varios apoyos, sea el caso de protección civil (7%), gobierno (1.5%), policía (0.75%) e iglesia (0.75%), así como familiares o vecinos (31%). Al respecto, el 42% considera que el gobierno no utiliza adecuadamente los recursos materiales, humanos y económicos para evitar

inundaciones y atender los sectores afectados; el 14% mencionó que solo realizan visitas esporádicas y el 7% que destinan el recurso en pláticas preventivas.

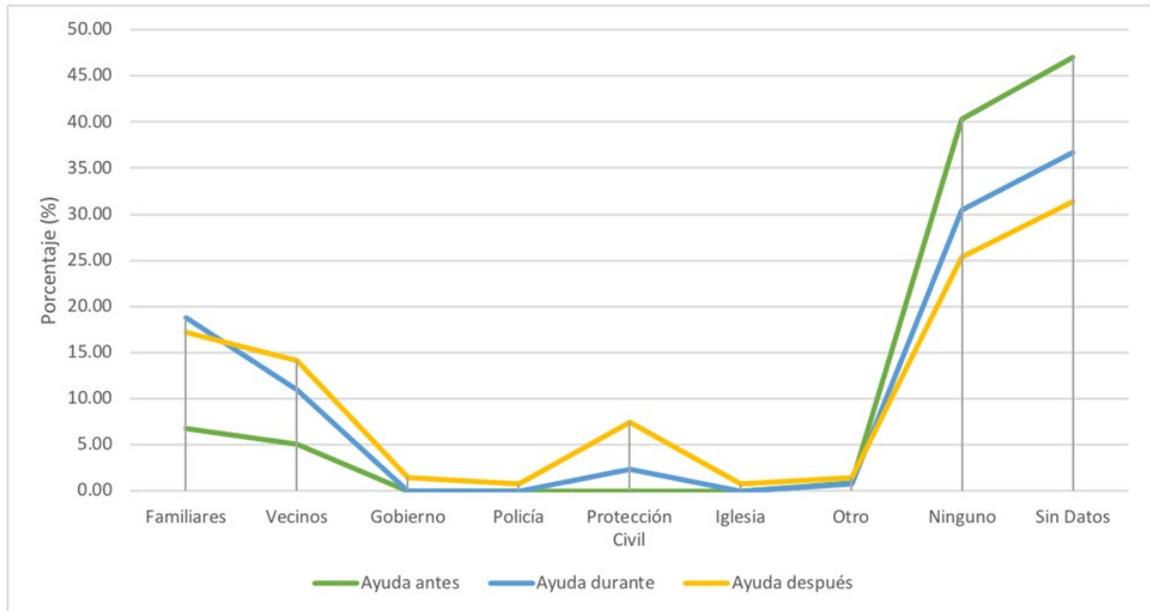


Figura 6. Ayuda recibida antes, durante y después de un evento de inundación.
Fuente: Resultados de la aplicación de la encuesta.

El 28% de los encuestados indicaron que las estrategias de respuesta que logran realizar derivan de la experiencia de otras inundaciones, el 19% lo relacionan con el conocimiento del entorno y el 18% a través del diálogo con la comunidad. Respecto a los ajustes que el gobierno implementa con obras de mantenimiento, el 30% de los encuestados señaló que se realiza limpieza de canales y vías de comunicación, el 23% indicó el mejoramiento en la infraestructura hidráulica y un 19% mencionó la modificación de canales. Al interior de la vivienda, el 15% de los encuestados colocan barreras de contención para evitar que el agua se adentre en sus hogares y el 14% elevan la vivienda; sin embargo, el resto de los encuestados no realizan acción alguna, provocando el aumento de su vulnerabilidad social y reduciendo la respuesta ante las inundaciones. Por último, se identificó que las redes sociales (41%) es el primer medio de comunicación para enterarse y organizarse, seguido de la comunicación directa con familiares y vecinos (18%).

Discusión

La zonificación de inundaciones en la delegación Félix Osores Sotomayor permitió obtener una importante proximidad con la realidad, pues no solo se identificaron aquellos sitios susceptibles a la formación de inundaciones que se tienen documentados, sino que también se complementó con información hemerográfica y la experiencia de los habitantes encuestados. Adicional a ello, también se relacionaron condiciones del lugar, sea la pendiente del terreno relativamente plana (promedio del 7%) y la cobertura del suelo mayoritariamente urbana, la cual promueve la impermeabilidad. Además, estos argumentos coinciden con los trabajos de Oreano (2020) y Peña-Díaz (2017), pues los escurrimientos de la microcuenca Santa Rosa Jáuregui y la microcuenca San José el Alto depositan sus aguas en la zona 1, zona 2 y zona 3 señaladas en el presente trabajo; por ende, se favorecen avenidas súbitas, estancamientos y las consecuentes inundaciones.

Al respecto, las inundaciones en la delegación no son un problema reciente, la información hermerográfica demostró que la recurrencia de los eventos se acompaña de la ocupación de sitios inundables, que son producto del cambio de uso de suelo a urbano entre las décadas de los ochenta y finales de los noventa. En ese periodo se fomentó el uso comercial y habitacional, este último caracterizado por vivienda autoconstruida; pero a inicios de la década del 2000, se incentivó la construcción de vivienda en serie, comúnmente dirigida por constructoras/inmobiliarias que deberían de estar sujetas a la normativa, planes y programas de crecimiento urbano del municipio de Querétaro (Arvizu, 2005; Hernández *et al.*, 2016).

En el año 2002, con la elaboración del Plan Maestro del Drenaje Pluvial para la ciudad de Querétaro y Zona Conurbada (UAQ, 2009), diversos sitios de la delegación se incluyeron dentro de las zonas inundables de la ciudad de Querétaro. En años posteriores, en el plan parcial de desarrollo urbano (PPDU) del año 2008 (Sedesu, 2008) se incluía información de sitios susceptibles a la formación de inundaciones para apoyar el encausamiento del crecimiento urbano; además, se realizó un diagnóstico de aptitud territorial para el desarrollo urbano de la delegación, donde la superficie de aptitud baja equivalía al 54.15% y se encontraba ubicada al norponiente y a lo largo del arroyo Jurica (oeste de la delegación), mientras que la superficie de aptitud no apta (2.12%) se localizaba al norte del pueblo de Jurica (norte de la delegación) en el escurrimiento de la presa del cajón. No obstante, en la carta urbana del municipio de Querétaro (Sedesu, 2007), las áreas con aptitud baja y no apta aparecen con usos de suelo habitacional y de preservación ecológica, respectivamente, lo que implica contradicciones y la posibilidad de ser ocupadas. Además, en la actualización del plan maestro pluvial, en el Atlas de Riesgos del Municipio de Querétaro y en el reciente Q-500 (Gobierno Municipal de Querétaro, IMPLAN & ONU-Hábitat, 2018) se representan sitios inundables que, de igual forma, son parte de los insumos que se pueden consultar para la determinación de sitios aptos y no aptos para ser ocupados. Sin embargo, a pesar de la información, el fenómeno sigue evolucionando en complacencia de autoridades, iniciativa privada y necesidades de la población.

Por lo tanto, en la delegación continúa la formación de inundaciones en los mismos sitios desde hace más de 30 años, a la vez que el área construida sigue en aumento y, con ello, la formación de nuevas zonas de riesgo, donde se destaca la ocupación con vivienda autoconstruida y vivienda en serie. Así, los resultados del presente estudio identificaron que, en la zona inundable 1, los sitios susceptibles están ocupados, en su totalidad, por vivienda autoconstruida, mientras que en la zona inundable 2 los sitios susceptibles están ocupados con 90% de vivienda autoconstruida y 10% de vivienda en serie. Y finalmente, en la zona inundable 3, los sitios susceptibles están ocupados con 87% de vivienda autoconstruida y 13% con vivienda en serie.

Por otro lado, los costos económicos para atender inundaciones en la delegación son variados; por ejemplo, los resultados de la base de datos hermerográfica demostraron que el apoyo económico para algunas personas afectadas ha sido entre \$3000 y \$15 000 pesos mexicanos. Por su parte, el gobierno del municipio de Querétaro destinó para la delegación, entre los años 2018 y 2021, aproximadamente \$125 000 000 de pesos mexicanos para obra y mantenimiento, sea desazolve y limpieza de drenes, ampliación de colectores y una planta de emergencia en cárcamo de bombeo. También, se destinaron \$10 443 923 de pesos mexicanos para otras variables de la gestión del riesgo (conocer, prevenir, anticipar, atender y mitigar), como la implementación de talleres y cursos de capacitación, atención a emergencias y contingencias, monitoreo y campañas de prevención (Gobierno Municipal de Querétaro, 2021).

Cabe señalar que no se tiene una cifra clara del costo económico por los daños ocasionados por inundaciones, así como el costo que conlleva atender cada evento; sin embargo, con la recopilación de información del presente estudio se puede inferir que el costo ocasionado por inundaciones oscila entre los \$300 000 hasta más de \$1 000 000 de pesos mexicanos. En este mismo sentido, el municipio a través de Protección Civil destinó entre 2018 y 2021 de \$70 000 a \$600 000 pesos mexicanos para desplegar brigadas,

apoyar a población afectada, implementar programas y limpiar drenes o viviendas. En suma, es un presupuesto limitado para los elevados costos que conlleva atender todas las aristas de la gestión del riesgo, por tal motivo, comprender la vulnerabilidad social tiene un mayor sentido, pues las susceptibilidades individuales y colectivas juegan un papel importante en la toma de decisiones políticas, económicas y sociales ante estos eventos perjudiciales.

El índice de vulnerabilidad social está integrado por el análisis de componentes principales con una varianza apenas del 50%. Si bien no es una varianza excelente, los resultados sí se aproximan a la realidad de la delegación. Al respecto, se realizaron diferentes ejercicios de extracción o adición de tasas para la elaboración del índice de vulnerabilidad social; sin embargo, se decidió mantener 14 tasas, ya que eso permitió una mayor heterogeneidad entre las 27 variables de los grupos sociodemográfico, económico y de vivienda, las cuales son indispensables en la identificación de vulnerabilidad social, como lo señalan Cutter et al. (2003), Hernández & García (2020) y Suárez et al. (2020). Además, al disgregar la información por manzana urbana, se mejoró el resultado del estudio de Hernández & García (2020) y se podrá denotar la especificidad al momento de la toma de decisiones sobre gestión del riesgo en la ciudad de Querétaro. Al respecto, las condiciones de la presente delegación se asimilan a las presentadas en delegaciones como Santa Rosa Jáuregui o Epigmenio González, en las cuales también año con año presentan inundaciones y se caracterizan por un nivel de vulnerabilidad social media y alta en algunos sitios inundables, pero la presente delegación sobresale porque tiene la mayor concentración poblacional y, después de la delegación Centro Histórico, es una de las que mayor tiempo tiene presentando inundaciones en la municipio de Querétaro.

Por otro lado, en los resultados del estudio de Vásquez & Salgado (2009), distintos grupos socioeconómicos presentaron niveles de vulnerabilidad social semejantes a los expuestos en esta investigación, pero la diferencia radicó en la capacidad de acceso a bienes, servicios e infraestructura para prevenir o protegerse de la amenaza. Por su parte, en el estudio de Noriega et al. (2011), el indicador educativo influyó para que las comunidades registraran niveles de alta vulnerabilidad social, a lo cual, en este trabajo la variable educativa no presentó relevancia, pero es una variable que debe mantenerse, porque se relaciona con otros indicadores como derechohabencia a servicios de salud, empleo, vivienda y servicios básicos. Lo anterior significa que el resultado del presente índice presentó resultados óptimos y no se tuvieron niveles demasiado bajos, aunque sí destacó en el índice la presencia de bienes y el empleo; este último influye en cubrir gastos y en el tiempo de recuperación. Por esa razón, al no contar con un empleo que solvante esas pérdidas, la recuperación puede ser prolongada, o bien, podría ser crónica.

En lo que respecta al resultado de las encuestas, cabe decir que coincide con el índice de vulnerabilidad social, pues los materiales de la vivienda y el ingreso promedio mensual no eran del todo inadecuados para recuperarse de las afectaciones. Eso se debe a que el 95% de las encuestas contestadas fueron en secciones de la zona 1 y zona 2 de la delegación, mismas que cuentan con un estatus económico medio-alto; por tanto, no necesariamente refleja a la mayoría de los habitantes de la delegación, pero sí donde año con año se forman inundaciones, y su vulnerabilidad social se caracteriza por las desventajas políticas. El 6% de las encuestas contestadas corresponden a secciones de la zona 1, zona 2 y zona 3 donde la vulnerabilidad social se caracteriza por las desventajas económicas, políticas y sociales.

Por otro lado, el 69% de las encuestas fueron contestadas por mujeres; esto es congruente con el total de la población en la delegación, pues el 51% son mujeres (INEGI, 2020a). Este escenario también involucra un aspecto importante en la vulnerabilidad social, donde Cotarelo (2015) señala que la escasa participación social, inseguridad, dependencia, carga familiar y violencia de riesgo incrementan la vulnerabilidad en las mujeres antes, durante y después de un desastre natural. Además, Kumar-Range (2001) y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD, 2011) mencionan que las mujeres,

después de ser afectadas, incrementan sus funciones de cuidado y actividades no remuneradas. Ante esas actividades, se disminuye el acceso a los recursos para su recuperación.

Otra situación que se encontró tiene que ver con la edad, pues el 8% de la población de la delegación son personas mayores de 60 años (INEGI, 2020a), mientras que el 47% de los encuestados pertenecen a ese grupo de edad. En este escenario, las personas mayores suelen presentar desafíos por problemas de salud, movilidad, recursos financieros, entre otros (Henderson et al., 2010). También, la exclusión social y la desigualdad son condiciones que las personas mayores llegan a exhibir, y esto a su vez aumenta la vulnerabilidad ante situaciones de emergencia (Chávez-Alvarado & Sánchez-González, 2016). Por ello es importante conocer el contexto social para generar estrategias que hagan frente a las dificultades sociales e individuales de las personas mayores y disminuir su situación de riesgo (Campos & Fuentes, 2019).

En lo que respecta a la capacidad de respuesta, el gobierno municipal ha respondido de diferentes formas antes, durante y después de los eventos. Antes de las inundaciones, se suelen realizar acciones de desazolve y limpieza de canales pluviales, limpieza de rejillas y anuncios en medios de comunicación. Durante el evento, se suele entregar costaleras y paquetes de limpieza, habilitar refugios temporales y asistencia de servicios de salud, protección civil y seguridad pública. Después de los eventos, la respuesta se centra en revisar y registrar daños o pérdidas, pero sobresalen los discursos sobre la solución o mitigación del problema. En general, los encuestados señalaron la ineficiencia del gobierno con el uso de sus recursos para resolver estos problemas dentro de la misma delegación. Lo anterior concuerda con lo manifestado por Marfai et al. (2015), donde el discurso sobrepasa de la actuación, y cuando se actúa es durante el evento, mismo que atrae la atención de medios de comunicación y que, en algunos casos, deriva en un ardid político.

Los encuestados están conscientes de que habitan zonas inundables, pero la mitad de ellos no realiza acciones previas, ya sea por falta de tiempo o porque no creen que serán afectados. La otra mitad de los encuestados realizan acciones en las viviendas (modificación y reforzamiento, en algunos casos se compran seguros ante desastres naturales), o bien, existe apoyo entre familiares y vecinos. Es importante señalar que la comunicación ha sido parte fundamental en la respuesta para la preparación, organización y atención colectiva, en este caso, destacaron las redes sociales por su eficacia y rapidez, pues se utilizan para la organización, información y actuación.

La respuesta ante inundaciones que se observó en los encuestados coincide con lo señalado en el estudio de Hernández-Guerrero et al. (2012), donde las estrategias y acciones no son integrales (gobierno y población); el gobierno continúa con discursos preventivos, y en caso de implementar una obra, esta es focalizada para solventar momentáneamente el problema. En el otro caso, las personas responden según sus necesidades y oportunidades, por ello los grupos socialmente más vulnerables responden con menores argumentos y posibilidades, y en la mayoría de las ocasiones son temporales. En este contexto, la capacidad de respuesta debe direccionarse desde una perspectiva integral, pues, como dice De Alba y Castillo (2014 citado en Sánchez & Chávez, 2016), las acciones políticas en colaboración con la comunidad es la mejor estrategia de respuesta no solo para mitigar daños materiales, sino también para evitar pérdidas humanas.

Con base en los argumentos antes señalados, el presente estudio recomienda incluir equipos de monitoreo para medir niveles de altura de la lámina del agua y caudal, esto en el Dren El Arenal o Arroyo Jurica. También se recomienda fortalecer el equipo de monitoreo climático para contar con información de precipitación pluvial *in situ*, así como mejorar la infraestructura hidráulica, especialmente la red pluvial y sanitaria, pues en algunos lugares de Jurica terminan por ser una sola red. Por otro lado, es necesario que continúen los talleres y cursos por parte de Protección Civil, así como el uso de redes sociales y la aplicación digital con la que se cuenta, pero también que se realicen actividades de memoria del riesgo para infundir mayor preparación. Finalmente, es importante que se trabaje a multiescala, ya que

la formación de las inundaciones tiene su origen aguas arriba, pues las presas reguladoras no se manejan adecuadamente; además, los intereses particulares de construcción han modificado los usos y coberturas de suelo que, acompañados de planeación inadecuada, modifica los causes y propician nuevos sitios inundables o acentúan los que ya presentan problemas. Por lo tanto, entre los muchos factores de respuesta para disminuir la vulnerabilidad social en la delegación, es necesario el trabajo integral, donde autoridades, iniciativa privada y población sean partícipes, a la vez que este tema sea una prioridad en la agenda económica del municipio de Querétaro.

Conclusiones

En la delegación Félix Osores Sotomayor del municipio de Querétaro se identificaron 37 sitios inundables, de los cuales 23 no se encuentran registrados en los documentos oficiales. Asimismo, se determinaron tres zonas prioritarias de atención para la mitigación de inundaciones, las cuales están compuestas aproximadamente por 74 000 habitantes, de los cuales 47% se encuentran en sitios con alta susceptibilidad a ser afectados por inundaciones.

La vulnerabilidad social en la delegación se caracteriza por los niveles medio y muy bajo, esto quiere decir que pueden contar con algunos recursos económicos y sociales para enfrentar los problemas; sin embargo, al ser afectados por recurrentes inundaciones, los habitantes pasan de una vulnerabilidad social media a alta de manera temporal, especialmente cuando los impactos derivan en daños a las viviendas, pérdidas materiales y limitaciones para acudir a las labores cotidianas. Adicional a lo anterior, los indicadores de bienes, género, edad y empleo sobresalen para aumentar o disminuir la vulnerabilidad social.

La capacidad de respuesta ante inundaciones en sectores con vulnerabilidad social se relaciona con respuesta interna, esto es, acciones y estrategias individuales (personales y familiares) y colectivas de la comunidad (grupos vecinales), las cuales se manifestaron a través de la modificación y reforzamiento de viviendas, así como la colocación de barreras de contención en calles. Además, se implementó un sistema para monitorear el peligro de inundaciones y se lleva a cabo una constante comunicación a través de redes sociales. Así, la respuesta individual y colectiva se realiza, principalmente, antes y durante el temporal de lluvias. En el caso de la respuesta externa, comúnmente se presenta antes y durante la temporada de lluvias. De esta manera, antes de los eventos se suele implementar mantenimiento a la infraestructura existente (el discurso sobresale después del temporal de lluvias), mientras que durante una inundación se brinda el apoyo de protección civil, seguridad pública y seguridad médica; además, según la magnitud del evento, se dispone de refugios temporales, entrega de costales y, en algunos casos, alimentos.

El proceso empleado puede ser extrapolada a otras áreas urbanas de similares características, mientras que los resultados incluyen información inédita, representación espacial de los fenómenos y, al ser incluidos en sistemas de información geográfica, facilita su manejo y actualización. Un aspecto que puede fortalecer futuros trabajos en esta delegación o lugares similares es la valuación, esto es, incidir en pérdidas y daños materiales, reducción de actividades laborales, costos en infraestructura y servicios públicos, costo de la atención de emergencias, rentabilidad del suelo susceptible a inundaciones en el periurbano, así como costo/beneficio para las instancias constructoras/inmobiliarias y gubernamentales.

Finalmente, el presente trabajo brinda, de manera sencilla y sin omitir el rigor científico, conocimiento adicional a los afectados y tomadores de decisiones, con lo cual se pretende apoyar en la determinación de acciones y estrategias para la reducción del riesgo ante inundaciones.

Agradecimientos

El presente artículo forma parte de la colaboración interinstitucional entre dos proyectos de la UAQ y la UNAM, a través del proyecto de investigación Cambio de Uso de Suelo y Riesgo por Inundaciones en el Periurbano de la Ciudad de Querétaro (FONDEC-UAQ) y el proyecto de investigación Nuevas Geografías de la Urbanización en México: Transformaciones Territoriales y Medios de Vida de Sectores Sociales Vulnerables en las Periferias de Ciudades Medias (PAPIIT-UNAM).

Referencias

- Alvarado, C., Vieyra, A., & Hernández, J. (2008). Diferenciación socio-residencial en el área urbana de la Ciudad de Cuernavaca, Morelos. *Investigaciones Geográficas*, (66), 135-152.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112008000200009
- Álvarez, G., & Tuñón, E. (2016). Vulnerabilidad social de la población desplazada ambiental por las inundaciones de 2007 en Tabasco (México). *Cuadernos de Geografía. Revista Colombiana de Geografía*, 25(1), 123-138.
doi: <https://doi.org/10.15446/rcdg.v25n1.52591>
- Anderson, A. (2020). Expressions of resilience: Social media responses to a flooding event. *Risk Analysis*, 41(9), 1600-1613. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/risa.13639>
- Aroca-Jiménez, E., Bodoque, J. M., Garcia, J. A., & Diez-Herrero, A. (2017). Construction of an integrated social vulnerability index in urban areas prone to flash flooding. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 17, 1541-1557. doi: <https://doi.org/10.5194/nhess-17-1541-2017>
- Arteaga, A., & San Juan, G. A. (2012). Metodología para obtener un índice de vulnerabilidad social. El caso del municipio de La Plata. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 16, 129-137.
<http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/27714>
- Arvizu, C. (2005). *Evolución urbana de Querétaro (1531-2005)*. Tecnológico de Monterrey.
- Campos, M., & Fuentes, M. (2019). Análisis socio-espacial de riesgo de inundación y sus implicaciones en las personas mayores: Caso de estudio Naucalpan Estado de México. *Proyección Estudios Geográficos y de Ordenamiento Territorial*, 3(26), 60-86.
<https://revistas.uncu.edu.ar/ojs3/index.php/proyeccion/article/view/2838>
- Camus, P., Arenas, F., Lagos, M., & Romero, A. (2016). Visión histórica de la respuesta a las amenazas naturales en Chile y oportunidades de gestión del riesgo de desastre. *Revista de Geografía Norte Grande*, 64, 9-20. doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022016000200002>
- Cardona, D., Agudelo, M. A., Restrepo, L., & Segura, A. M. (2014). Índice de vulnerabilidad de la población en situación de discapacidad en Medellín. *Revista de Salud Pública*, 16(1), 1-13.
doi: <http://dx.doi.org/10.15446/rsap.v16n1.23110>
- Chávez-Alvarado, R., & Sánchez-González, D. (2016). Envejecimiento vulnerable en hogares inundables y su adaptación al cambio climático en ciudades de América Latina: El caso de Monterrey. *Papeles de población*, 22(90), 9-42. doi: <https://doi.org/10.22185/24487147.2016.90.033>
- Cotarelo, L. (2015). Vulnerabilidad de las mujeres frente a la violencia de género en contexto de desastres naturales en Latinoamérica y Caribe. *Trabajo Social Hoy*, 76, 7-34. doi: <http://dx.doi.org/10.12960/TSH.2015.0013>
- Cruz-Bello, G., & Alfie, M. (2018). Environmental perceptions: Participatory methodologies for the assessment of Social Vulnerability to floods in two communities in Mexico. En L. Antronico & F. Marincioni (eds.), *Natural hazards and disaster risk reduction policies* (pp. 16-35). Il Sileno Edizioni.
- Cutter, S. L., Boruff, B. J., & Shirley, W. L. (2003). Social vulnerability to environmental hazards. *Social Science Quarterly*, 84(2), 242-261. doi: <https://doi.org/10.1111/1540-6237.8402002>
- Díaz, V. (2012). Ventajas e inconvenientes de la encuesta por Internet. *Papers: Revista de Sociología*, 97(1), 193-223. doi: <https://doi.org/10.5565/rev/papers/v97n1.71>
- Economic and Social Research Institute (ESRI). (2013). *Software ArcGis* (versión 10.0) [Software de Computación]. ESRI.

- Fernandez, P., Mourato, S., & Moreira, M. (2016). Social vulnerability assessment of flood risk using GIS-based multicriteria decision analysis. A case study of Vila Nova de Gaia (Portugal). *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 7(4), 1367-1389. doi: <https://doi.org/10.1080/19475705.2015.1052021>
- Gobierno Municipal de Querétaro, IMPLAN & ONU-Hábitat (2018). *Q-500. Estrategia de territorialización del índice de prosperidad urbana en Querétaro*. Gobierno Municipal de Querétaro, IMPLAN y ONU-Hábitat. <https://publicacionesonuhabitat.org/onuhabitatmexico/Q500.pdf>
- Gobierno Municipal de Querétaro. (2021). [Portal de transparencia fiscal]. https://portalfiscal.municipiodequeretaro.gob.mx/evaluacion_de_resultados.php
- González, L. M., Sosa, J., & Fierro, S. D. (2019). Muestreo virtual online basado en redes sociales para localización de teletrabajadores como participantes de un estudio realizado en Victoria de Durango, México. *Paakat, Revista de Tecnología y sociedad*, 8(15), 21-38. doi: <https://doi.org/10.32870/Pk.a8n15.333>
- Henderson, T. L., Roberto, K. A., & Kamo, Y. (2010). Older adults' responses to hurricane Katrina: Daily hassles and coping strategies. *Journal of Applied Gerontology*, 29(1), 48-69. doi: <https://doi.org/10.1177/0733464809334287>
- Hernández, J., & García, D. (2020). Redes sociales y vulnerabilidad social ante el virus COVID-19 en la Zona Metropolitana de Querétaro. En R. Pineda-López, M. García-Gasca, A. Ochoa-Cervantes & J. Hernández-Guerrero (eds.), *Análisis y perspectivas sobre la pandemia de COVID-19 en Querétaro* (pp. 666-686). Universidad Autónoma de Querétaro.
- Hernández-Guerrero, J., Luna, H., Navarrete, A., & Martínez, G. (2016). Expansión urbana y precariedad habitacional en el área urbana del municipio de Querétaro, México: 1980-2010. En A. Vieyra, Y. Méndez & J. Hernández-Guerrero (coords.), *Procesos urbanos, pobreza y ambiente. Implicaciones en ciudades medias y megaciudades* (pp. 109-124). CIGA-UNAM.
- Hernández-Guerrero, J., Vieyra-Medrano, A., & Mendoza, M. E. (2012). Adaptation strategies in communities under precarious housing: Flooding risks in the peri-urban sector of the city of Morelia, Michoacán, México. *Applied Geography*, 34, 669-679. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2012.04.010>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (1990). *XI Censo General de Población y Vivienda 1990: Aguascalientes*. INEGI. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/1990/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2010). [Simulador de flujos de agua de cuencas hidrográficas: Aguascalientes]. INEGI. http://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/siatl/
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2017). Conjunto de datos vectoriales de la carta de uso del suelo y vegetación. Escala 1:250000. Serie VI. Conjunto Nacional: Aguascalientes. INEGI. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463598459>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2020a). *Censo de Población y Vivienda 2020: Aguascalientes*. INEGI. https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#Datos_abiertos
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2020b). *Marco Geoestadístico 2020. Censo de Población y Vivienda: Aguascalientes*. INEGI. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463807469>
- Kablan, M., Dongo, K., & Coulibaly, M. (2017). Assessment of social vulnerability to flood in urban Cote d'Ivoire using the MOVE framework. *Water*, 9(4), 292. doi: <https://doi.org/10.3390/w9040292>
- Khajehei, S., Ahmadi-pour, A., Shao, W., & Moradkhani, H. (2020). A place-based assessment of flash flood hazard and vulnerability in the Contiguous United States. *Scientific Reports*, 10(448). doi: <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-019-57349-z>
- Kumar-Range, S. (2001). *Environmental management and disaster risk reduction: A gender perspective* [Documento preparado a la reunión de expertos de la División para el Adelanto de la Mujer de las Naciones Unidas]. https://www.un.org/womenwatch/daw/csw/env_manage/documents/BP1-2001Nov04.pdf
- Marfai, M., Sekaranom, A., & Ward, P. (2015). Community responses and adaptation strategies toward flood hazard in Jakarta, Indonesia. *Natural Hazards*, 75, 1127-1144. doi: <https://doi.org/10.1007/s11069-014-1365-3>
- Michel, A. P., & Hernández, J. A. (2019). Vulnerabilidad ante la ocurrencia de avenidas torrenciales en la microcuenca Menchaca, Querétaro. *Revista NTHE*, 27, 20-26. http://nthe.mx/NTHE_v2/pdfArticulos/PDF_Articulo20200721222004.pdf

- Mohanty, A., Hussain, M., Mishra, M., Kattel, D., & Pal, I. (2019). Exploring community resilience and early warning solution for flash floods, debris flow and landslides in conflict prone villages of Badakhshan, Afghanistan. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 33, 5-15. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2018.07.012>
- Municipio de Querétaro. (2019). [*Busca tu colonia*]. <https://www.municipiodequeretaro.gob.mx/busca-tu-colonia/>
- Noriega, O., Gutiérrez, Y., & Rodríguez, J. (2011). Análisis de la vulnerabilidad y el riesgo a inundaciones en la cuenca baja del río Gaira, en el Distrito de Santa Marta. *PROSPECTIVA*, 9(2), 93-103. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=496250980014>
- Oreano, D. (2020). *Estrategias para la mitigación de riesgo por inundaciones en la microcuenca Santa Rosa Jáuregui, Querétaro, México* (Tesis de maestría). Universidad Autónoma de Querétaro. <http://ring.uaq.mx/handle/123456789/22/browse?type=author&order=ASC&rpp=20&value=Dulce+Sonia+Oreano+Hern%C3%A1ndez>
- Paez, L., & Ornes, S. (2019). La resiliencia urbana: ¿Condición, proceso o fin? Reflexión para avanzar en la gestión integral de riesgo de desastres en ciudades. *Revista de la Facultad de Ingeniería Tekhné*, 22(3), 99-106. <https://revistasenlinea.saber.ucab.edu.ve/index.php/tekhne/article/view/4460>
- Papagiannaki, K., Kotroni, V., Lagouvardos, K., Ruin, I., & Bezes, A. (2017). Urban area response to flash flood-triggering rainfall, featuring human behavioral factors: The case of 22 October 2015 in Attica, Greece. *Weather, Climate, and Society*, 9(3), 621-638. doi: <https://doi.org/10.1175/WCAS-D-16-0068.1>
- Peña-Díaz, A. (2017). *Estrategia de manejo para la mitigación del riesgo por inundaciones en la microcuenca San José El Alto, Querétaro* (Tesis de maestría). Universidad Autónoma de Querétaro. <http://ring.uaq.mx/handle/123456789/22/browse?type=author&order=ASC&rpp=20&value=ANA+LILIA+PE%C3%91A+DIAZ>
- Pérez, A., Navarro, F., & Álvarez, Y. (2016). Propuesta metodológica para la evaluación de la vulnerabilidad social en poblaciones afectadas por el peligro de inundación: El caso de Águilas (Murcia, sureste ibérico). *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, 62(1), 133-159. doi: <http://dx.doi.org/10.5565/rev/dag.242>
- Perles-Rosello, M. (2010). Apuntes para la evaluación de la vulnerabilidad social frente al riesgo de inundación. *Baetica. Estudios de Historia Moderna y Contemporánea*, 32(2010), 67-87. <https://riuma.uma.es/xmlui/handle/10630/6440>
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2011). *Género y desastres*. Undp.org. https://www.undp.org/content/undp/es/home/librarypage/crisis-prevention-and-recovery/gender_and_disasters.html
- Rana, I., & Routray, J. (2018). Multidimensional model for vulnerability assessment of urban flooding: An empirical study in Pakistan. *International Journal of Disaster Risk Science*, 9, 359-375. doi: <https://doi.org/10.1007/s13753-018-0179-4>
- Reisinger, A. J., Rosi, E. J., Bechtold, H. A., Doody, T. R., Kaushal, S. S., & Groffman, P. M. (2017). Recovery and resilience of urban stream metabolism following Superstorm Sandy and other floods. *Ecosphere*, 8(4), e01776. doi: <https://doi.org/10.1002/ecs2.1776>
- Sánchez, D., & Chávez, R. (2016). Personas mayores con discapacidad afectadas por inundaciones en la ciudad de Monterrey, México. Análisis de su entorno físico-social. *Cuadernos Geográficos*, 55(2), 85-106. <http://hdl.handle.net/10486/676664>
- Secretaría de Desarrollo Sustentable (Sedesu). (2007). *Programa Parcial de Desarrollo Urbano*. Querétaro: Sedesu. <https://municipiodequeretaro.gob.mx/planes-parciales-de-desarrollo-urbano-y-cartas-urbanas/>
- Secretaría de Desarrollo Sustentable (Sedesu). (2008). *Plan Parcial de Desarrollo Urbano para la Delegación Félix Osores Sotomayor*. Querétaro: Sedesu. <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Estatal/QUERETARO/Municipios/Queretaro/4Plan.pdf>
- Suárez, M., Valdés, M. C., Galindo, M. C., Salvador, L. E., Ruiz, N., Alcántara-Ayala, I., López, M., Rosales, A. R., Lee, W., Benítez, H., Juárez, M., Bringas, O. A., Oropeza, O., Peralta, A., & Garnica-Peña, R. J. (2020). Índice de vulnerabilidad ante el COVID-19 en México. *Investigaciones Geográficas*, (104), e60140. doi: <http://dx.doi.org/10.14350/rig.60140>
- Tascón-González, L., Ferrer-Julia, M., Ruiz, M., & García-Meléndez, E. (2020). Social vulnerability assessment for flood risk analysis. *Water*, 12(2), 558. doi: <http://dx.doi.org/10.3390/w12020558>
- Thomas, J. E. (2013). Evaluación de la vulnerabilidad social ante amenazas naturales en Manzanillo (Colima). Un aporte de método. *Investigaciones Geográficas*, (81), 79-93. doi: <http://dx.doi.org/10.14350/rig.36383>

- Torok, I. (2018). Qualitative assessment of social vulnerability to flood hazards in Romania. *Sustainability*, 10(10), 3780. doi: <http://dx.doi.org/10.3390/su10103780>
- Unidad Municipal de Protección Civil Querétaro (UMPCQ). (2015). *Atlas de riesgos del municipio de Querétaro 2015*. UMPCQ. <https://municipiodequeretaro.gob.mx/wp-content/uploads/2019/07/Atlas-de-Riesgos-de-Queretaro.pdf>
- United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR). (2009). *Terminology on Disaster Risk Reduction*. UNISDR. https://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologyEnglish.pdf
- Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ). (2009). *Actualización del plan maestro pluvial de la zona metropolitana de Querétaro 2008-2025*. Querétaro: UAQ. https://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2015-04-12_02-57-04119344.pdf
- Valdez, M. E., Orozco, M. E., González, G., & Mireles, P. (2017). Vulnerabilidad social y riesgo por inundación en el Valle de Toluca, Estado de México. *Proyección*, 2(Edición especial), 89-107. <https://bdigital.uncu.edu.ar/12645>
- Vásquez, A., & Salgado, M. (2009). Desigualdades socioeconómicas y distribución inequitativa de los riesgos ambientales en las comunas de Peñalolén y San Pedro de la Paz. Una perspectiva de justicia ambiental. *Revista de Geografía Norte Grande*, (43), 95-110. doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022009000200006>
- Zhong, M., Lin, K., Tang, G., Zhang, Q., Hong, Y., & Chen, X. (2020). A framework to evaluate community resilience to urban floods: A case study in three communities. *Sustainability*, 12(4), 1521. doi: <http://dx.doi.org/10.3390/su12041521>
- Zúñiga, L. M. (2018). Resiliencia urbana ante inundaciones por intensas lluvias en contribución al desarrollo equilibrado. *Arquitectura y Urbanismo*, 39(1), 39-50. <https://rau.cujae.edu.cu/index.php/revistaau/article/view/441>