



Economía, sociedad y territorio

ISSN: 1405-8421

ISSN: 2448-6183

El Colegio Mexiquense A.C.

Cajigal Molina, Erick; Maldonado González, Ana Lucía
Metodología para el análisis de vulnerabilidad ante
inundaciones. Un ejercicio emergente ante el cambio climático
Economía, sociedad y territorio, vol. XIX, núm. 61, 2019, Septiembre-Diciembre, pp. 543-574
El Colegio Mexiquense A.C.

DOI: 10.22136/est20191342

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=11162841009>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

UDEM 

Sistema de Información Científica Redalyc
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso
abierto

Metodología para el análisis de vulnerabilidad ante inundaciones. Un ejercicio emergente ante el cambio climático

Methodology for the analysis of vulnerability to floods. An emerging exercise due to climate change

ERICK CAJIGAL MOLINA*

ANA LUCÍA MALDONADO GONZÁLEZ**

Abstract

Tropical cyclone disasters and their consequent floods have positioned themselves as one of the phenomena with the greatest human and economic losses in the world. Some tropical cyclones may be related to climate change and projections indicate that they will worsen, with which disasters will be even greater. Hence the importance of identifying the elements that are allowing the tropical cyclones to derive in floods in affected populations. A methodology is proposed to analyze vulnerability to floods. The results allow to offer suggestions that contribute to the reduction of the problem with the participation of high school teachers.

Keywords: *vulnerability to floods, climate change, teachers.*

Resumen

Los desastres por ciclones tropicales y sus consecuentes inundaciones se han posicionado como los fenómenos que provocan mayores pérdidas humanas y económicas en el mundo. Las proyecciones indican que se agravarán por lo que los desastres serán aún mayores. Algunos ciclones tropicales pueden estar relacionados con el cambio climático, de ahí la importancia de identificar en las poblaciones afectadas cuáles son los elementos que están permitiendo que los ciclones tropicales deriven en inundaciones, para ello se propone una metodología con el fin de analizar la vulnerabilidad ante éstas. Los resultados permiten ofrecer sugerencias que contribuyen a la disminución de la problemática con la participación de docentes de bachillerato.

Palabras clave: vulnerabilidad ante inundaciones, cambio climático, docentes.

*Universidad Autónoma del Carmen, correo-e: cajigal1983@hotmail.com

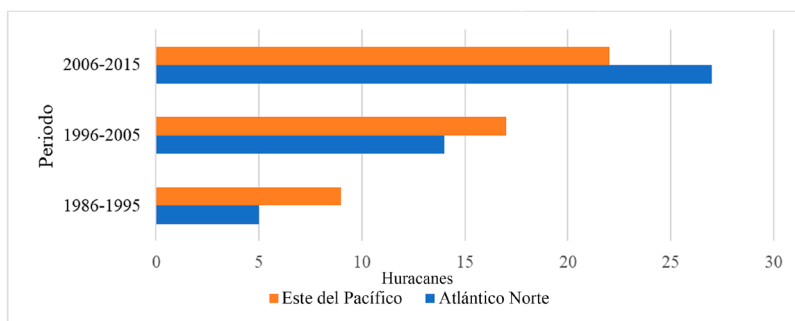
**Universidad Veracruzana, correo-e: anmaldonado@uv.mx

Introducción

Los fenómenos hidrometereológicos, entre los que destacan las inundaciones, han ocasionado en años recientes los desastres con mayor impacto en cuanto a la pérdida de vidas humanas (Guha-Sapir *et al.*, 2015) y altos costos económicos. Algunas inundaciones están relacionadas con el aumento en la intensidad de los ciclones tropicales (CT) que, a su vez, tienen relación con el cambio climático (CC).

Entre los efectos del cambio climático y el aumento de la temperatura global se encuentran los múltiples fenómenos naturales que se observan en las últimas décadas. En el caso de los ciclones tropicales, éstos se forman en las aguas tropicales cuando la temperatura es superior a los 26°C, es en este punto cuando la trayectoria de las masas de aire cálido y agua coinciden para formar un remolino, el cual puede abarcar grandes porciones de territorio y alcanzar velocidades en sus vientos mayores a los 300km/h. La temperatura promedio global de 1890 a 1990 ha aumentado 0.7°C y, por ende, las aguas de los océanos se tornan más calientes lo que provoca ciclones tropicales intensos (Riechmann, 2005).

Gráfica 1
Incremento de CT. Huracanes categorías 4 y 5



Fuente: Molina (2017).

En la gráfica 1 se observa que en el Atlántico norte —en un periodo de 30 años (de 1986 a 2015)— se ha registrado un aumento mayor a 500% en la presencia de huracanes (de 5 a 27 huracanes), y en el este del Pacífico, durante el mismo periodo, el registro demuestra que se ha superado por más del doble (de 9 a 22 huracanes). Ambas áreas oceánicas coinciden con costas del territorio mexicano. Los efectos del CC, como el incremento en la intensidad en los CT (ONU, 2015), golpean con mayor severidad a los países en desarrollo, pero sobre todo a las comuni-

dades asentadas en zonas de riesgo (González-Gaudio, 2007). En el estado de Veracruz estos fenómenos ya afectan a diversas regiones.

Algunos municipios fueron más afectados que otros, tal es el caso de Tlacotalpan, Cotaxtla y La Antigua. En este contexto, se decidió considerar dichos municipios para realizar una investigación con el fin de conocer qué elementos son los que más inciden en la problemática en cuestión. Se planteó como objetivo analizar la vulnerabilidad ante inundaciones por ciclones tropicales, a fin de brindar un diagnóstico a ser considerado en acciones que contribuyan a reducir la susceptibilidad y mejorar las capacidades de prevención, recuperación y transformación ante este tipo de eventos, con la participación de docentes de bachillerato.

Lavell (1997) señala que analizar la vulnerabilidad permite explicar la distribución de los desastres y, con ello, se pueden guiar intervenciones. De ahí que se considera la participación de docentes de bachillerato, pues ellos, como actores sociales clave en las comunidades, pueden guiar acciones para reducir la vulnerabilidad ante inundaciones en sus estudiantes y éstos, a su vez, replicar dichas acciones con sus amigos, familiares y vecinos; es decir, que los docentes de bachillerato serán los principales personajes para guiar las estrategias que contribuyan a la disminución de la vulnerabilidad a partir de esta investigación. Por otro lado, los docentes también participan como fuente de información, junto con otros actores clave (en la metodología se profundizará al respecto).

La *vulnerabilidad* es la propensión o la predisposición por verse afectados de manera adversa, es evolutiva, no es permanente, además de ser socialmente acumulativa y desigual (Balica *et al.*, 2009; Divakar y Pande, 2014; Koks *et al.*, 2015; Beevers *et al.*, 2016). Específicamente, la vulnerabilidad ante inundaciones se define como el grado en el que un sistema es susceptible a éstas debido a la exposición y a una perturbación, que se conjuga con su capacidad o incapacidad de hacer frente, recuperarse o adaptarse (Balica *et al.*, 2009). La vulnerabilidad precede a los desastres, contribuye al nivel de gravedad, impide responder de manera efectiva ante el desastre y después de éste, de ahí que su análisis considere tres áreas: física, social y motivacional (Anderson y Woodrow, 1989). Estas consideran diversos aspectos:

- Física/material: las amenazas, el suelo, el clima, y el medio ambiente, la infraestructura, las viviendas, los ingresos y las tecnologías físicas.
- Social/organizacional: la estructura social, el nivel de marginalidad, la segregación social, la etnicidad, la religión y el lenguaje.
- Motivacional/actitudinal: la capacidad de hacer frente a las adversidades de manera efectiva en su entorno físico y social.

Con esto en mente —y basados en las áreas del análisis de la vulnerabilidad que Anderson y Woodrow (1989) proponen (física, social y motivacional), para la investigación que origina este artículo—, se decidió diseñar una metodología contextualizada para analizar la vulnerabilidad ante inundaciones de los municipios Tlacotalpan, Cotaxtla y La Antigua. Tal propuesta se enriqueció por investigaciones afines, que a continuación se describen.

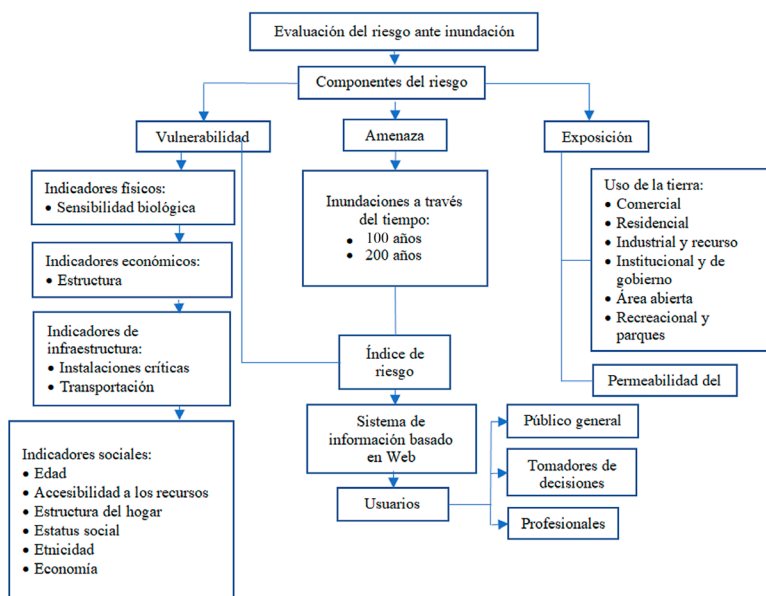
1. Un recorrido bibliográfico por investigaciones afines

Se consultó bibliografía relacionada con el análisis de la vulnerabilidad, la cual permitió indagar el estado de conocimiento sobre el tema, así como las distintas perspectivas teóricas y metodológicas desde las cuales ha sido abordado.

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

En la figura 2 se muestran las cuatro categorías que estos autores estiman para el análisis de la vulnerabilidad: física, económica, infraestructural y social. De igual forma, se pueden ver las categorías y variables que consideran en el estudio de las amenazas y la exposición; es aquí en donde mejor se puede ejemplificar la complejidad de los estudios de vulnerabilidad ante inundaciones. En este sentido, autores como Anderson y Woodrow (1989) consideran en el análisis de la vulnerabilidad (física) variables como el suelo. No obstante, Peck *et al.* (2007) difieren, al considerar que el estudio de suelo contribuye al grado de *exposición*. De manera similar, en el estudio de Peck *et al.* (2007) (figura 1) el tipo de viviendas abona al grado de *exposición*, lo cual no coincide con Anderson y Woodrow (1989), ya que dicha variable está incluida en el análisis de la *vulnerabilidad*. Estas comparaciones también nos ayudan a reconocer la cercanía que tienen las categorías que integran a la exposición, la amenaza y la vulnerabilidad.

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



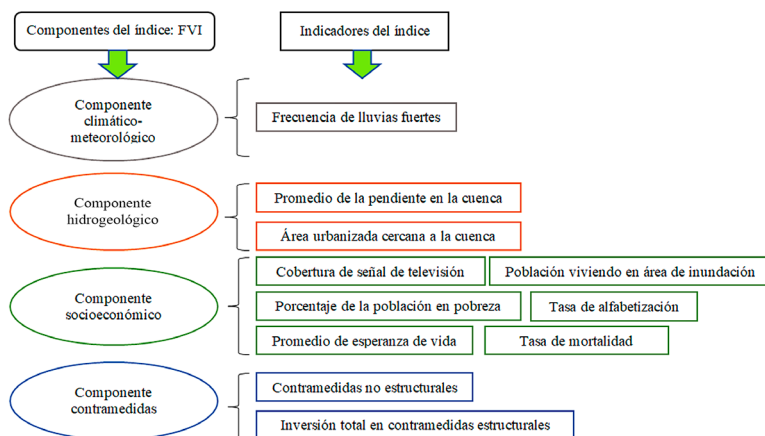
Fuente: Peck *et al.* (2007).

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

Son cuatro las categorías que consideran Balica *et al.* (2009) para el análisis de la vulnerabilidad: social, económica, física y ambiental. Las variables de cada una de las categorías de la vulnerabilidad ante inundaciones difieren de acuerdo con el lugar y el objetivo del estudio; no obstante, siempre deben comprender y considerar las características: ambientales, físicas, económicas, administrativas, sociales e institucionales. El estudio se realizó en Mannheim (Alemania), Phnom Penh (Camboya) y Timisoara (Rumanía), y en los ríos: Danubio, Tisza, Bega y Timisoara. Balica *et al.* (2009) tuvieron como base el índice de Connor y Hiroki (2005) llamado FVI (Flood Vulnerability Index [Índice de vulnerabilidad ante inundaciones]); este último

está dividido en cuatro categorías (figura 2). Este índice subraya la importancia en la accesibilidad y la factibilidad de las variables, otorgando autonomía en cuanto a su elección. El FVI ha sido aplicado en diversas investigaciones, algunas de ellas se abordan aquí.

Figura 2
Índice de vulnerabilidad ante inundaciones de Connor y Hiroki
(FVI, por sus siglas en inglés)



Fuente: Connor y Hiroki (2005).

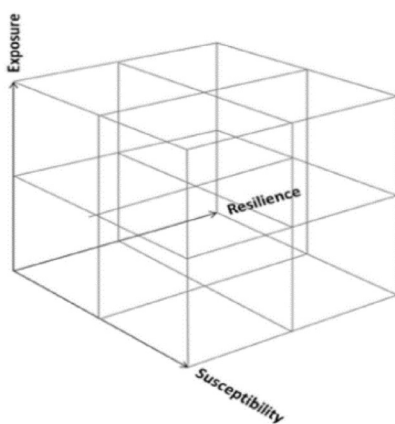
El estudio de Divakar y Pande (2014) es parecido a otros (Balica *et al.*, 2009), sobre todo en la metodología, pues aplican el FVI de Connor y Hiroki (2005), además de realizarse en diferentes lugares: se ejecutó en cinco distritos de Bihar, India y tuvo el propósito de hacer ver a los tomadores de decisiones cuáles son los sectores vulnerables ante inundaciones, para así guiar sus acciones y la toma de decisiones. Las categorías que conforman la vulnerabilidad ante inundaciones en el FVI son: clima, hidrogeológica, socioeconómica y contramedidas (figura 3). Este índice brinda una orientación general de los objetivos de cada una de estas categorías. De ahí que en el estudio de Divakar y Pande (2014) se establecieran variables con gran peso en el área hidrogeológica, debido a que los mismos autores plantearon como problemática, que un elemento que contribuye a las inundaciones es la baja capacidad de absorción del suelo.

Es pertinente destacar la proximidad que tienen las variables y las categorías que componen la vulnerabilidad, el grado de exposición y la amenaza, ya que en estos dos últimos estudios (Balica *et al.*, 2009; Divakar y Pande, 2014) que emplean el FVI se halla la translocación de variables. Es decir, la interpretación del autor sobre una variable puede ubicarla dentro de la

vulnerabilidad, la amenaza o la exposición. En este caso, son las variables clima y suelo del área hidrogeológica, ambas consideradas en el análisis de la vulnerabilidad, los cuales corresponderían a la amenaza y al grado de exposición, respectivamente, para ciertos estudios (Peck *et al.*, 2007), y con otros más, habría concordancia (Anderson y Woodrow, 1989; Wilches-Chaux, 1993; Balica, 2012).

Finalmente, se muestra el trabajo de Beevers *et al.* (2016), quienes utilizan un método basado en el enfoque de sistemas para la evaluación de la vulnerabilidad ante inundaciones. El objetivo de su estudio es contribuir en el riesgo ante inundaciones para cuatro ciudades de Escocia: Dumbarton, Dumfries, Stranraer y Moffat. El enfoque de sistemas de Beevers *et al.* (2016) considera tres áreas: exposición, susceptibilidad y resiliencia, todas dentro de un mismo espacio. Los autores lo presentan como dimensiones unidas:

Figura 3
Elementos de la vulnerabilidad bajo el enfoque de sistemas



Fuente: Beevers *et al.* (2016: 3).

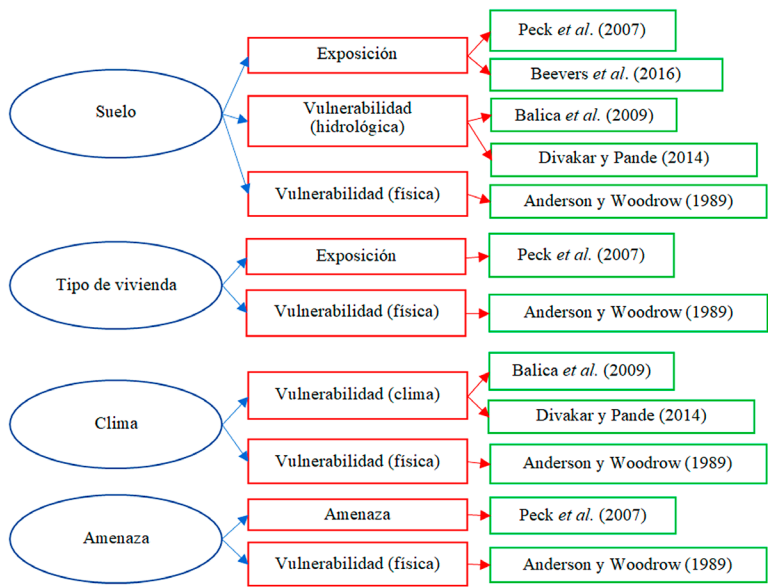
En la figura 3, se aprecia como las categorías para analizar la vulnerabilidad ante inundaciones de Beevers *et al.* (2016) están insertas en un cubo que representa un grupo o población. Ahí también se puede ver que las tres categorías tienen la misma longitud, lo cual indica que todas poseen el mismo nivel de impacto en el análisis; de igual forma, es claro —por la dirección de las líneas—, que las tres áreas tienen variables de diferente orden. No obstante, hay un vértice que une a las tres líneas simbolizando con ello el enfoque de sistemas. Sus categorías y variables son:

- *Exposición*: topografía (promedio de laderas de la población), uso del suelo, áreas verdes dentro de la zona urbana, número de edificios históricos, museos, porcentaje de crecimiento de la población en áreas urbanas en el último año, porcentaje de la población con alguna discapacidad, densidad de la población (persona/1km).
- *Susceptibilidad*: desempleo, desigualdad, mortalidad infantil, índice de desarrollo humano.
- *Resiliencia*: capacidad de almacenamiento en presas, número de pólizas de seguros, longitud de malecón o dique, número de personas trabajando en servicios de emergencias, sistema de drenaje (km de canalización), conocimiento y preparación, porcentaje de caminos con asfalto, número de industrias/actividades económicas en área urbana, número de refugios por km, tipo de comunicación.

Es evidente la translocación de variables para el análisis de la vulnerabilidad ante inundaciones, además estos autores añaden las categorías de susceptibilidad y resiliencia. Sobre la susceptibilidad, incorporada por Beevers *et al.* (2016), se pueden ver variables que están en concordancia con las categorías de la vulnerabilidad social y física de otras investigaciones como las de Anderson y Woodrow (1989) y Connor y Hiroki (2005). En este sentido, algunas variables de la resiliencia de los autores en turno están en correspondencia con variables de la exposición de Peck *et al.* (2007) y otras variables de la resiliencia de Beevers *et al.* (2016) como conocimiento y preparación, están en sintonía con variables de la categoría de la vulnerabilidad motivacional-actitudinal de Anderson y Woodrow (1989). En otras palabras, este índice, al igual que los anteriores, muestran un conjunto de variables que coinciden con el de otros autores, aunque no siempre están consideradas en el mismo concepto (vulnerabilidad, exposición y amenaza) tal como se muestra en la figura 4.

Con lo anterior, se decidió en esta investigación, realizar el análisis de la vulnerabilidad ante inundaciones teniendo como base el posicionamiento conceptual de Anderson y Woodrow (1989), así como el de Connor y Hiroki (2005), tiene un enfoque sistemático de análisis que se acerca al de Beevers *et al.* (2016) debido a que el propósito final es contribuir a identificar estrategias que permitan reducir la vulnerabilidad ante inundaciones, esto determinado por la accesibilidad y la factibilidad que deben tener las variables. Es así como se establecieron cinco categorías para el análisis de la vulnerabilidad ante inundaciones: 1. Vulnerabilidad física-material; 2. Vulnerabilidad social-organizacional; 3. Vulnerabilidad motivacional-actitudinal; 4. Perspectiva de vulnerabilidad, y 5. Vulnerabilidad en relación con medidas de adaptación.

Figura 4
Translocación de algunos elementos del análisis de la vulnerabilidad ante inundaciones



Fuente: elaboración propia a partir de la revisión documental.

2. Análisis de la vulnerabilidad ante inundaciones. Metodología

En las categorías establecidas se consideran aspectos de muy diverso orden. Tal variedad de aspectos considerados en el estudio de la vulnerabilidad ante inundaciones estableció la utilización en esta investigación de técnicas propias de las metodologías, tanto cualitativa como cuantitativa. Fueron dos las técnicas que se utilizaron en este estudio: la investigación documental y la entrevista. Los municipios de estudio fueron Tlacotalpan (13,284 habs.), Cotaxtla (19,710 habs.) y La Antigua (25,500 habs.). La mayoría de las comunidades en estos municipios son consideradas rurales.

La investigación documental es un proceso sistemático en el cual se recopila, se sintetiza y, posteriormente, se analiza la información de fuentes oficiales para el conocimiento de los temas a estudiar (Sandoval, 1996). Sirvió en la recolección de la información de dos categorías, que se presentan a continuación, acompañadas de los indicadores utilizados:

- Física-material: permeabilidad del suelo, tipos de vivienda, personal médico por cada mil habitantes, grado de peligro por CT y exposición a inundaciones.
- Social-organizacional: diversidad religiosa, población hablante de lengua indígena y español, escolaridad promedio de la población, grado de marginación, porcentaje de la población económicamente activa y actividades que impactan en la absorción pluvial del suelo.

Por su parte, la entrevista en la investigación social es utilizada especialmente para conocer la opinión y la perspectiva de los sujetos de estudio participantes sobre el tema de investigación (Sautu *et al.*, 2005). La aplicación de la entrevista a docentes comprendió a cuatro sujetos de estudio con las siguientes características: ser docente en los bachilleratos públicos de los municipios de estudio (Telebachillerato de Cotaxtla; Centro de Bachillerato Tecnológico Industrial y de Servicios núm. 35 y Avelino Bolaños Palacios de Tlacotalpan; Agustín Yáñez de La Antigua); haber vivido, por lo menos, la inundación de 2010 como profesor frente a grupo y disposición para ser entrevistado.

La entrevista aplicada apoyó para recolectar información sobre las categorías (acompañadas de sus indicadores):

- Vulnerabilidad social-organizacional: nivel de comunicación; principales actividades sociales, grupos sociales internos y externos con los que cuenta la comunidad.
- Vulnerabilidad motivacional-actitudinal: estrategias de movilización y procedencia, movilización propia y de la comunidad en 2010, movilización y prevención actual.
- Perspectiva de la vulnerabilidad: identificación de los grupos vulnerables en la comunidad, identificación de los aspectos (amenazas naturales, personas, situaciones) que hacen susceptible a la comunidad.
- Medidas de adaptación a las inundaciones: identificación de planes de emergencia ante inundaciones, elementos físicos permanentes que den protección ante las inundaciones (diques, muros, etc.) y población participante como integrante de protección civil.

Esta última categoría fue aplicada con un guion de entrevista diferente al de las otras tres categorías debido a que estaba dirigido a los responsables de la protección civil en cada municipio, por ser considerados la mejor fuente de información al respecto.

Cabe decir que el presente estudio forma parte de un macroproyecto titulado *Estudio sobre la vulnerabilidad y resiliencia social frente a los emba-*

tes del cambio climático en municipios de alto riesgo de la zona centro del estado de Veracruz, del cual derivan otras investigaciones (González-Gaudiano y Maldonado, 2017; Hernández, 2017; Mendoza, 2017) que recolectaron información con un guion de entrevista similar al aquí presentado, aplicado a diversos actores sociales como presidentes municipales, personal de salud, párrocos, directores de bachillerato y estudiantes de bachillerato. Sus resultados complementan lo relacionado con las categorías social-organizacional, motivacional-actitudinal y perspectiva de la vulnerabilidad, planteado en el presente estudio. Los resultados de estas investigaciones están en torno a la identificación de las principales problemáticas vividas en los municipios, percepción de vulnerabilidad y riesgo, nivel de comunicación ante las inundaciones, nivel de participación y organización y resiliencia comunitarias (González-Gaudiano y Maldonado, 2017; Hernández, 2017; Mendoza, 2017). Todos los participantes en las entrevistas fueron elegidos por conveniencia. Es un tipo de muestra valiosa que no necesita representatividad, sino que resulta de una elección cuidadosa de los sujetos para obtener datos con profundidad y riqueza para el análisis (Hernández *et al.*, 1991).

Todos los resultados obtenidos en las diversas investigaciones que participan en el macroproyecto, así como en la presente investigación aportan al resultado final, que determina el nivel de vulnerabilidad ante inundaciones y dan pie al análisis. Como se muestra a continuación.

Investigación documental. Categoría física-material:

1. *Permeabilidad del suelo.* La variable permeabilidad del suelo se refiere al tipo de material y permeabilidad en los suelos de las localidades. La filtración del agua difiere de acuerdo con el tipo de suelo (Anderson y Woodrow, 1989). Se indagó en el Prontuario de Información Geográfica Municipal de los Estados Unidos Mexicanos de Inegi (2009a; 2009b; 2009c). La interpretación de lo obtenido fue a través de la Guía para la Interpretación para la Cartografía Edafología de Inegi (2004) (GICE), así como en Bautista (2011). Su indicador fue permeabilidad del tipo de suelo. La valoración del porcentaje de suelo dominante que no favorezca la permeabilidad fue de 1 a 33% vulnerabilidad baja; de 34 a 66% vulnerabilidad media; y de 67 a 100%, vulnerabilidad alta.
2. *Tipos de vivienda:* Los materiales de las viviendas dan protección a sus habitantes. Las personas que habitan en construcciones de algún tipo de material de concreto en las paredes, así como en los techos están en menor vulnerabilidad que las personas que habitan hogares de madera, lámina u otros materiales frágiles. Sin embargo, sólo se

encuentran disponibles los datos en Inegi con respecto a los techos, de ahí que se consideren otros indicadores como los electrodomésticos (refrigerador, televisión, lavadora y computadora), para sustituir a los datos de las paredes. Ambos datos, techos y electrodomésticos, dan cuenta del tipo de vivienda en las localidades estudiadas. Los datos para esta categoría se indagaron en Inegi y cuadernillos municipales (Secretaría de Finanzas y Planeación, 2016a; 2016b; 2016c). La valoración fue para los hogares con techo de algún tipo de concreto (losa o viguetas con bovedilla) y con electrodomésticos: vulnerabilidad alta de 1 a 33% de la población; vulnerabilidad media, de 34 a 66% de la población; y vulnerabilidad baja, de 67 a 100% de la población.

3. *Personal médico por cada mil habitantes.* Las inundaciones pueden ocasionar lesiones, infecciones u otros impactos en la salud (Bermúdez, 1993), por lo que los médicos ayudan a reducir tales problemáticas. Se indagó en Inegi (2010) sobre la cantidad de médicos en los municipios, los resultados obtenidos fueron sometidos a una división para su interpretación (personal médico por cada mil habitantes). Para su valoración se tuvo como referencia el promedio de médicos de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE, 2014) que es de 3.2. Los valores serán: de 3.2 a 2.3 médicos por cada mil fue vulnerabilidad baja; de 2.2 a 1.3 médicos por cada mil fue vulnerabilidad media; y de 1.2 médicos o menos por cada mil fue vulnerabilidad alta.
4. *Grado de peligro por ciclones tropicales.* La frecuencia e intensidad de los ciclones tropicales determinan la probabilidad de ser afectados. Aquí, el indicador se interesa por conocer el grado de peligro por presencia de ciclones tropicales, realizado por Jiménez *et al.* (2012) para el Centro Nacional de Prevención de Desastres (Cenapred). Dicho grado considera para su cálculo la trayectoria de los ciclones tropicales registrados de 1949 a 2010 y su categoría alcanzada. Los datos acerca de esta categoría se recolectaron a través de la página Atlas Nacional de Riesgos, de la sección Indicadores municipales de peligro, exposición y vulnerabilidad (Cenapred, s/f). Se utilizó la valoración de dicho Atlas con algunos ajustes: más bajo y bajo representan vulnerabilidad baja; medio fue vulnerabilidad media; y, alto y más alto corresponden a vulnerabilidad alta.
5. *Exposición a inundaciones.* La exposición se refiere a las poblaciones, propiedades, sistemas u otros elementos existentes en zonas amenazadas, y por consiguiente, están expuestos a experimentar pérdidas significativas (UNISDR, 2009). Esta variable identifica a

la población residente en zonas expuestas a inundaciones. Los datos acerca de esta categoría se recolectaron a través de los Atlas Municipales de Riesgos. Nivel Básico (Secretaría de Protección Civil, 2011; 2011a; 2011b). La valoración fue según el porcentaje de la población que habita en zonas expuestas a inundaciones, siendo el siguiente rango: de 1 a 33% de la población, vulnerabilidad baja; de 34 a 66% de la población, vulnerabilidad media, y vulnerabilidad alta, de 67 a 100% de la población. Se considera zona expuesta a inundaciones a medio, alto y muy alto peligro de inundación que asigna el Atlas Municipal de Riesgos. Nivel Básico (Secretaría de Protección Civil, 2011; 2011a; 2011b) a cada municipio.

Investigación documental. Categoría social-organizacional:

1. *Diversidad religiosa*. Una comunidad con una alta distribución de sus pobladores en diferentes religiones es un signo de segregación. La vulnerabilidad social-organizacional puede verse reducida cuando no existe cohesión interna en una comunidad (Anderson y Woodrow, 1989). El indicador es la concentración de población por religión. Se indagó en Inegi la cantidad de pobladores que pertenecen a las religiones que se encuentran en los municipios. Si una religión concentra a la mayoría de los pobladores se considera que tiene baja vulnerabilidad; si dos religiones concentran con porcentajes similares a la mayoría de los pobladores, se presenta una vulnerabilidad media; y si tres o más religiones concentran con porcentajes similares a la mayoría de los pobladores, existe alta vulnerabilidad.
2. *Población hablante de lengua indígena y español*: La existencia de una lengua en común en la población indica que la comunicación para la organización tiene mayores posibilidades de llegar a todos los habitantes. Se indagó en los cuadernillos municipales (Secretaría de Finanzas y Planeación, 2016a; 2016b; 2016c), los indicadores: 1. Porcentaje de la población hablante de español y 2. Porcentaje de la población hablante de una lengua indígena. La valoración para esta investigación fue: vulnerabilidad alta, si de 1 a 33% de la población habla español; vulnerabilidad media, si de 34 a 66% de la población habla español; y vulnerabilidad baja, si de 67 a 100% de la población habla español. Vulnerabilidad baja, si de 1 a 33% de la población habla una lengua indígena; vulnerabilidad media, si de 34 a 66% de la población habla una lengua indígena; y vulnerabilidad alta, si de 67 a 100% de la población habla una lengua indígena.

3. *Escolaridad promedio de la población.* Esta variable sugiere que las poblaciones con mayor promedio de educación poseen más información y a la vez mayor grado de comprensión y atención hacia los desastres (Anderson y Woodrow, 1989). El indicador es el grado de escolaridad y se indagó en Inegi. La educación obligatoria en México equivale a 15 años considerando preescolar, según la Secretaría de Educación Pública (SEP, 2016). Por lo tanto, la valoración será: vulnerabilidad alta es de 0 a 5 años de educación (analfabetismo a segundo grado de primaria); vulnerabilidad media es de 6 a 10 años de educación (tercer grado de primaria a primer año de secundaria) y vulnerabilidad baja es de 11 a 15 años de educación (segundo año de secundaria a tercer año de bachillerato). Se consideró a la población de 15 años en adelante.
4. *Grado de marginación.* Las familias de escasos recursos pueden presentar desánimo en sus integrantes, lo cual les impide actuar de manera pertinente (Salamanca, 2009); sobre todo cuando se ven perjudicadas por dificultades en la reproducción de su vida cotidiana y, si a esto se le añade una adversidad, sus posibilidades de recuperarse se ven disminuidas en comparación con familias que no se encuentran en marginación. El indicador grado de marginación se recuperó de los documentos que ofrece el Consejo Nacional de Población (Conapo) y se utilizó la valoración del Conapo con algunos ajustes: muy bajo y bajo, son vulnerabilidad baja; medio fue vulnerabilidad media; y, alto y muy alto, son vulnerabilidad alta (Conapo, 2016).
5. *Porcentaje de la población económicamente activa.* Esta variable está relacionada con los ingresos económicos. Ante una adversidad, si el gobierno es incapaz de proveer ayuda, las mismas personas afectadas tienen que recuperarse por su cuenta. Una persona económicamente activa tiene mayores posibilidades de solventar los recursos para su recuperación. Los datos para esta categoría se indagaron en los cuadernillos municipales (Secretaría de Finanzas y Planeación, 2016a; 2016b; 2016c). La valoración fue: vulnerabilidad alta, si de 1 a 33% de la población mayor de 12 años es activa económicamente; vulnerabilidad media, si de 34 a 66% de la población mayor de 12 años es activa económicamente; y vulnerabilidad baja, si de 67 a 100% de la población mayor de 12 años es activa económicamente.
6. *Actividades que impactan en la absorción pluvial del suelo.* Las actividades agropecuarias y forestales pueden cambiar drásticamente las condiciones de absorción de suelo aumentando el riesgo de inundación (Travieso, 2012). Entre estas actividades están la ganadería, porque los pastizales no tienen la misma absorción de agua que los

bosques (Basáñez, 2007) y la industria maderera, por la deforestación que propicia. Se indagaron en Inegi las principales actividades económicas de los municipios de estudio. Si las actividades económicas encontradas en Inegi coinciden con las actividades agropecuarias y forestales que impactan la absorción pluvial del suelo y están dentro de las actividades primarias su valor será, vulnerabilidad alta; si se encuentran dentro de las secundarias, vulnerabilidad media; y de encontrarse en las terciarias, vulnerabilidad baja.

En cuanto a la entrevista semiestructurada son cuatro las categorías que se consideraron, cada una de ellas con sus respectivas variables (tabla 1).

Tabla 1
Categorías, variables y preguntas de la entrevista

<i>Categoría</i>	<i>Variables</i>	<i>Preguntas en el instrumento</i>
Vulnerabilidad social-organizacional	Nivel de comunicación, principales actividades sociales, grupos sociales internos y externos con los que cuenta la comunidad.	¿Cuáles son los principales grupos sociales u organizaciones que se identifican en esta comunidad? ¿Qué nivel de comunicación tiene la comunidad en general y entre vecinos cercanos? ¿Cuáles son las principales actividades sociales de esta comunidad? (fiestas, acción social, reuniones religiosas, etc.) Y ¿Qué grupos u organizaciones participan? ¿Usted a qué organizaciones o grupos pertenece?
Vulnerabilidad motivacional-actitudinal	Estrategias de movilización y procedencia; movilización propia y de la comunidad en 2010; movilización y prevención actual.	¿Sabe qué hacer en caso de una inundación? ¿De dónde proviene ese conocimiento sobre el qué hacer en caso de alguna inundación? ¿Conoce otras estrategias en caso de inundaciones? ¿Cómo las valora? ¿Cómo valora a los responsables del diseño de las estrategias? ¿Nos podría narrar su experiencia en la inundación del 2010, antes, durante y después del evento? De esa experiencia, ¿Cómo valora su propia movilización? ¿Cómo valora la movilización de la comunidad? Actualmente, en caso de alguna inundación ¿cómo califica la capacidad de respuesta de la población? ¿Cómo ve a la comunidad? ¿Está preparada?
Perspectiva de vulnerabilidad	Quiénes son los más afectados y por qué	¿Qué es lo primero que piensa cuando escucha la palabra vulnerabilidad? ¿Esta comunidad a qué es vulnerable? ¿Cuáles son los grupos más vulnerables? ¿Hay algo más que desee agregar?

Tabla 1 (continuación)

<i>Categoría</i>	<i>Variables</i>	<i>Preguntas en el instrumento</i>
Medidas de adaptación a las inundaciones	Plan de emergencia (existencia y pertinencia), elementos físicos (existencia y pertinencia), población como integrante de protección civil.	¿Tiene un plan de emergencia ante inundaciones? De tenerlo ¿Quién lo diseñó? ¿El plan de emergencia ante inundaciones es conocido por los pobladores? ¿Cómo la población del municipio ha conocido acerca del plan? ¿Cuentan con elementos físicos diseñados exclusivamente para disminuir el riesgo ante inundaciones? De contar con ellos ¿qué función tienen? ¿Podría valorar el funcionamiento de tales elementos físicos? ¿Cuánto personal labora en Protección Civil (PC) del municipio? ¿Qué formación tiene el personal de PC?

Fuente: elaboración propia.

Considerando el análisis de resultados, se asignó la siguiente puntuación a las valoraciones de cada categoría de vulnerabilidad: vulnerabilidad baja = 1; vulnerabilidad media = 2 y; vulnerabilidad alta = 3. Esta puntuación se combinó con los resultados del método Delphi (descrito más adelante). Todo ello dio mayor validez de contenido a lo recolectado para la evaluación de la vulnerabilidad ante inundaciones.

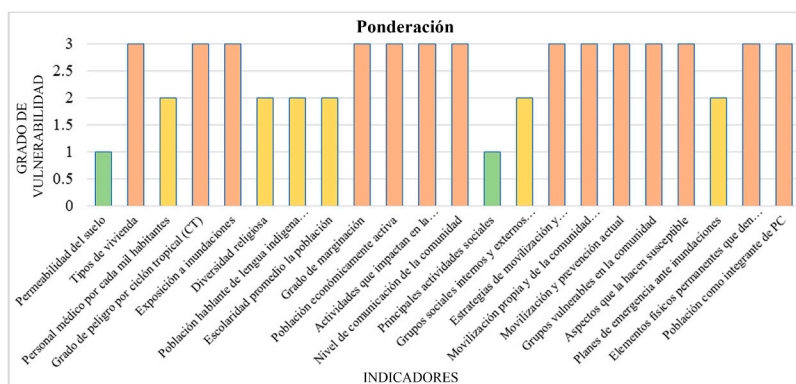
Los resultados derivados de cada técnica se sometieron a diferentes tratamientos para enriquecer el análisis. En la investigación documental se utilizó el método Delphi para establecer la ponderación de cada variable, consecutivamente, se obtuvieron promedios de la valoración por categoría; finalmente, se analizaron y compararon los promedios resultantes entre los municipios. En la entrevista, las narraciones grabadas en audio fueron transcritas en su totalidad en el programa MS Word y el texto resultante fue integrado a la unidad hermenéutica creada en el programa Atlas ti (Versión: 7.5.4) para su tratamiento analítico, ahí se crearon códigos teniendo como base las variables de cada categoría, posteriormente, se realizó el análisis de contenido (Bardin, 1986), también las variables fueron sometidas al método Delphi y, finalmente, se hicieron comparaciones por municipio.

Cabe señalar que el método Delphi es la compilación de opiniones y, en la medida de lo posible, se establece un consenso de un grupo de expertos sobre un tema en común (Ortega, 2008). Se acudió con un grupo de nueve especialistas, que aportaron a esta investigación su experiencia y conocimiento al respecto de los indicadores utilizados para el análisis. Los especialistas son geógrafos, científicos de áreas sociales y líderes de proyectos sobre resiliencia en instituciones de carácter internacional. Los coordinadores de este método fueron los autores de este artículo, quienes

determinaron los criterios de participación correspondientes a la vulnerabilidad, la resiliencia social o el riesgo ante las inundaciones, el conocimiento de la zona de estudio, así como algunos episodios de sus inundaciones. En estos criterios se sustenta la confiabilidad de sus opiniones. Su identidad se guarda en anonimato.

La aplicación del método Delphi se dividió en dos rondas de consulta; en la primera, 20 de los 22 indicadores lograron un consenso, pues la mayoría de los especialistas coincidieron con la asignación de valor. Los otros dos indicadores se sometieron a una segunda ronda de consulta. En esta última, los dos indicadores fueron explicados a mayor profundidad, con lo cual se logró un consenso. Lo obtenido en ambas rondas se presenta en la figura 5:

Figura 5
Resultados de la aplicación del método Delphi



Fuente: elaboración propia.

Estos resultados transformaron, mediante una multiplicación, lo encontrado en el trabajo de campo sobre la evaluación de la vulnerabilidad ante inundaciones. Por ejemplo, la variable y el indicador único “permeabilidad del suelo en Tlacotalpan” resultó a través de la investigación documental con vulnerabilidad alta, valor 3 (más adelante se describen los resultados), y dicho indicador fue ponderado a través del método Delphi con 1, por lo tanto, el resultado es 3 ($3 [\text{investigación documental}] \times 1 [\text{Delphi}] = 3$). Todos los resultados obtenidos en cada variable a través de la investigación documental y la encuesta fueron sometidos al mismo procedimiento y, finalmente, se promediaron para obtener el resultado final.

3. Resultados del estudio

Se utilizaron cinco categorías, que se integraron, a su vez, a 22 indicadores considerados para dar cuenta de la vulnerabilidad ante inundaciones. Cada indicador fue valorado en el trabajo de campo en una escala de 1 a 3 (vulnerabilidad baja, media y alta, respectivamente); después, los mismos indicadores fueron ponderados a través del método Delphi, en una escala de 1 a 3. Con estas actividades se estableció, durante el análisis de resultados, una categorización para posicionar el resultado global.

La categorización se estableció por un ejercicio que considera todos los puntajes posibles de valoración, tanto en el trabajo de campo como en la ponderación. En el trabajo de campo y en la ponderación, la valoración más alta es tres, por tanto, al multiplicarlos, el puntaje mayor entre éstos puede ser nueve. Nueve por 22 indicadores nos da un total de 198 puntos. Este último resultado se divide en tres para determinar los niveles de vulnerabilidad: bajo, medio y alto. El primer nivel (puntaje de 1 a 66), es llamado vulnerabilidad baja; el segundo nivel (puntaje de 67 a 132) es vulnerabilidad media; y el tercer nivel (puntaje de 133 a 198) vulnerabilidad alta. El resultado global es la suma de los puntajes obtenidos en el trabajo de campo y la ponderación de los 22 indicadores, lo cual da cuenta de la vulnerabilidad ante las inundaciones de cada uno de los municipios participantes. Los resultados se concentran en la siguiente tabla.

En la tabla 2, primera columna, se observan los resultados globales finales de cada municipio. Los tres concuerdan con una vulnerabilidad media ante inundaciones, inclusive los puntajes entre La Antigua (89.4) y Tlacotalpan (90.3) son similares, la diferencia es menor a un punto; y Cotaxtla (104.4) es superior por sólo 15 puntos.

Al realizar comparaciones entre los municipios se encuentran diferencias por categoría. En este sentido, en la tabla 2, filas: 5, 7 y 9, se muestra la situación de cada categoría por municipio. En la fila 5, para Tlacotalpan la *vulnerabilidad física-material*, *vulnerabilidad: motivacional-actitudinal* y *vulnerabilidad: Medidas de adaptación a las inundaciones*, son las que registran mayor puntuación; en Cotaxtla, fila 7, son las categorías: *Vulnerabilidad: Motivacional-actitudinal* y *Vulnerabilidad: Medidas de adaptación a las inundaciones*, las que muestran los más altos puntajes; y en La Antigua, fila 9, es: *Vulnerabilidad: Motivacional-actitudinal* y *Vulnerabilidad: Medidas de adaptación a las inundaciones*, la que posee mayor puntuación. Dichas categorías son las que más aportan a la vulnerabilidad ante inundaciones en los municipios.

Analizando las categorías que más contribuyen a la vulnerabilidad ante inundaciones se encuentran, a su vez, indicadores que han demostrado desde el trabajo de campo una alta contribución a dicha vulnera-

Tabla 2
Resultados concentrados de los indicadores. Vulnerabilidad ante inundaciones

	Vulnerabilidad: física-material	Vulnerabilidad: social-organizacional	Vulnerabilidad: motivacional-actitudinal	Perspectiva de vulnerabilidad	Vulnerabilidad: Medidas de adaptación a las inundaciones
Indicador	Permeabilidad del suelo Tipo de vivienda Personal médico por cada mil habitantes Grado de peligro por CT Exposición a inundaciones Diversidad religiosa Población hablante de lengua indígena y español Escolaridad promedio de la población Grado de marginación Población económicamente activa Actividades que impactan en la absorción pluvial del suelo Nivel de comunicación de la comunidad Principales actividades sociales Grupos sociales internos y externos	Estrategias de movilización y procedencia Movilización propia y de la comunidad en 2010 Movilización y prevención actual Grupos vulnerables de la comunidad Aspectos que la hacen susceptible Planes de emergencia La población como integrante de PC Elementos físicos permanentes que den protección ante inundaciones			
Ponderación Delphi	1 3 2 2 2	2 2 3 3 3	3 3 3 3 1 2	3 3 3 3 3	2 3 3
Tlacotalpan RGF= 90.3 de 198. Vulnerabilidad media	3 (TC) x 1 (MD)= 3 (RGP) 2.1 (TC) x 3 (MD)= 6.3 (RGP) 3 (TC) x 2 (MD)= 6 (RGP) 1 (TC) x 2 (MD)= 2 (RGP) 3 (TC) x 2 (MD)= 6 (RGP)	1 (TC) x 2 (MD)= 2 (RGP) 1 (TC) x 2 (MD)= 2 (RGP) 2 (TC) x 2 (MD)= 4 (RGP) 2 (TC) x 3 (MD)= 6 (RGP) 2 (TC) x 3 (MD)= 6 (RGP) 2 (TC) x 3 (MD)= 6 (RGP) 1 (TC) x 3 (MD)= 3 (RGP) 1 (TC) x 1 (MD)= 1 (RGP) 1 (TC) x 2 (MD)= 2 (RGP)	1 (TC) x 3 (MD)= 3 (RGP) 1 (TC) x 3 (MD)= 3 (RGP) 3 (TC) x 3 (MD)= 9 (RGP)	1 (TC) x 3 (MD)= 3 (RGP) 1 (TC) x 3 (MD)= 3 (RGP)	1 (TC) x 2 (MD)= 2 (RGP) 1 (TC) x 3 (MD)= 3 (RGP) 3 (TC) x 3 (MD)= 9 (RGP)
Situación en Tlacotalpan por categoría	23.3 de 45 Equivalente a 51.7%	32 de 81 Equivalente a 39.5%	15 de 27 Equivalente a 55.5%	6 de 18 Equivalente a 33.3%	14 de 27 Equivalente a 51.8%

Tabla 2 (continuación)

	Vulnerabilidad: física-material	Vulnerabilidad: social-organiza- cional	Vulnerabili- dad: motiva- cional- actitudinal	Perspec- tiva de vulnera- bilidad	Vulnerabili- dad: Medidas de adaptación a las inundaciones
Coraxtla RGF= 104.4 de 198. Vulnera- bilidad media	2 (TC) x 1 (MD)= 2 (RGP) 1.8 (TC) x 3 (MD)= 5.4 (RGP) 3 (TC) x 2 (MD)= 6 (RGP) 1 (TC) x 2 (MD)= 2 (RGP) 1 (TC) x 2 (MD)= 2 (RGP)	1 (TC) x 2 (MD)= 2 (RGP) 1 (TC) x 2 (MD)= 2 (RGP) 2 (TC) x 2 (MD)= 4 (RGP) 2 (TC) x 3 (MD)= 6 (RGP) 2 (TC) x 3 (MD)= 6 (RGP) 3 (TC) x 3 (MD)= 9 (RGP) 2 (TC) x 3 (MD)= 6 (RGP) 1 (TC) x 1 (MD)= 1 (RGP) 2 (TC) x 2 (MD)= 4 (RGP)	3 (TC) x 3 (MD)= 9 (RGP) 3 (TC) x 3 (MD)= 9 (RGP) 3 (TC) x 3 (MD)= 9 (RGP)	1 (TC) x 3 (MD)= 3 (RGP) 1 (TC) x 3 (MD)= 3 (RGP)	1 (TC) x 2 (MD)= 2 (RGP) 1 (TC) x 3 (MD)= 3 (RGP) 3 (TC) x 3 (MD)= 9 (RGP)
Situación en Coraxtla por categoría	17.4 de 45 Equivale a 38.6%	40 de 81 Equivale a 49.4%	27 de 27 Equivale a 100%	6 de 18 Equivale a 33.3%	14 de 27 Equivale a 51.8%
La Antigua RGF= 89.4 de 198. Vulnera- bilidad media	2 (TC) x 1 (MD)= 2 (RGP) 1.8 (TC) x 3 (MD)= 5.4 (RGP) 2 (TC) x 2 (MD)= 4 (RGP) 2 (TC) x 2 (MD)= 4 (RGP) 3 (TC) x 2 (MD)= 6 (RGP)	1 (TC) x 2 (MD)= 2 (RGP) 1 (TC) x 2 (MD)= 2 (RGP) 1 (TC) x 2 (MD)= 2 (RGP) 1 (TC) x 3 (MD)= 3 (RGP) 2 (TC) x 3 (MD)= 6 (RGP) 2 (TC) x 3 (MD)= 6 (RGP) 3 (TC) x 3 (MD)= 9 (RGP) 1 (TC) x 1 (MD)= 1 (RGP) 1 (TC) x 2 (MD)= 2 (RGP)	1 (TC) x 3 (MD)= 3 (RGP) 1 (TC) x 3 (MD)= 3 (RGP) 3 (TC) x 3 (MD)= 9 (RGP)	1 (TC) x 3 (MD)= 3 (RGP) 1 (TC) x 3 (MD)= 3 (RGP)	1 (TC) x 2 (MD)= 2 (RGP) 1 (TC) x 3 (MD)= 3 (RGP) 3 (TC) x 3 (MD)= 9 (RGP)
Situación en La Antigua por categoría	21.4 de 45 Equivale a 47.5%	33 de 81 Equivale a 40.7%	15 de 27 Equivale a 55.5%	6 de 18 Equivale a 33.3%	14 de 27 Equivale a 51.8%

Fuente: elaboración propia. Nota. Las abreviaturas en esta tabla corresponden a: Trabajo de campo (TC), Método Delphi (MD), Resultado Global Parcial (RGP) y Resultado Global Final (RGF).

bilidad. En Tlacotalpan, los indicadores: *Permeabilidad del suelo*, *Personal médico por cada mil habitantes*, *Exposición a inundaciones*, *Movilización y prevención actual*, *Elementos físicos permanentes que den protección ante inundaciones* son los que más aportan.

En este sentido, en Cotaxtla los indicadores *Personal médico por cada mil habitantes*, *Actividades que impactan en la absorción pluvial del suelo*, *Estrategias de movilización y procedencia*, *Movilización propia y de la comunidad en 2010*, *Movilización y prevención actual* y *Elementos físicos permanentes que den protección ante inundaciones* son los que más contribuyen a la vulnerabilidad ante inundaciones del municipio. De igual forma, para el municipio La Antigua los indicadores que se muestran con mayor aportación son *Exposición a inundaciones*, *Nivel de comunicación de la comunidad*, *Movilización y prevención actual*, *Elementos físicos permanentes que den protección ante inundaciones*. Por lo anterior, estos indicadores deben ser considerados en las estrategias para reducir la vulnerabilidad ante inundaciones.

En contraste, en la tabla 2 también se observan categorías que resultan positivas y no contribuyen a la susceptibilidad en los tres municipios: *vulnerabilidad social-organizacional* y *perspectiva de vulnerabilidad*. No obstante, hay categorías que aportan a la vulnerabilidad ante inundaciones en los tres municipios, éstas son: *Vulnerabilidad motivacional-actitudinal* y *Vulnerabilidad en cuanto a medidas de adaptación a las inundaciones*. Dichos resultados son congruentes con las experiencias que se han vivido durante las inundaciones en estos municipios de estudio. En 2010, de acuerdo con el Servicio Meteorológico Nacional, el huracán Karl fue clasificado como extremadamente peligroso, tuvo un nivel de precipitación de 355mm, vientos sostenidos de 185 km/h y rachas de 230 km/h, doce personas perdieron la vida en el estado a causa de este evento (SMN, 2010), aunque cabría cuestionar sobre las pérdidas humanas no registradas; es posible reconocer que la baja *vulnerabilidad social-organizacional* y sus acciones reactivas en las comunidades contribuyó a no aumentar las pérdidas humanas. No obstante, la falta de *Elementos físicos permanentes que den protección ante inundaciones*, así como la *Movilización y prevención actual* en los tres municipios, posee relación con los altos costes económicos que resultan de las afectaciones. Karl, como se mencionó, dejó a su paso pérdidas materiales que fluctuaron en cinco mil millones de dólares tan sólo en el estado de Veracruz (Tejeda, 2011). Para los pobladores de los municipios de estudio, los daños fueron hacia sus bienes y medios productivos.

La carencia de *elementos físicos permanentes que den protección ante inundaciones* y la *baja movilización y prevención actual* evidencian la ausencia o deficiencia en la implementación de las acciones que provienen del Marco de Acción de Sendai (ONU, 2015), la Ley General de Protección Civil en México (LGPC, 2012), así como la Ley de Protección Civil

y la Reducción del Riesgo de Desastres para el estado de Veracruz (LPC-RRDEV, 2013). En estos documentos se menciona reducir sustancialmente los desastres y las pérdidas tanto de vidas como de bienes (LGPC, 2012 y ONU, 2015).

En este sentido, las entrevistas a los responsables de PC de cada municipio revelan que se está trabajando oportunamente en torno a *planes de emergencia* y en un sentido práctico se protege la integridad física de las personas. Este esfuerzo proviene de las sugerencias hechas, tanto en el Marco de Acción de Sendai como en la LGPC y LPCRRDEV y ha apoyado a tener cifras de mortalidad bajas; sin embargo, las cifras sobre las afectaciones, la prevención actual comunitaria y la falta de elementos físicos que soslayan las inundaciones muestran que aún hay deficiencias por atender.

Por lo tanto, la vulnerabilidad global ante inundaciones es media en los tres municipios. No hay diferencias significativas en los resultados globales finales entre dichas demarcaciones, pero por categorías si las hubo y más aún por indicadores. Este tipo de resultados evidencia, en cada municipio, los elementos que están fallando y permitiendo que los CT resulten en inundaciones.

En la profundidad de los resultados podemos hallar cuestiones interesantes. Lo encontrado en cuanto a la *categoría vulnerabilidad social-organizacional en los tres municipios fue positivo*. Hay una estructura social que permite afrontar las inundaciones, debido a que no se halló segregación social y porque poseen conexión con otras comunidades. Revelaron un buen nivel de comunicación y de participación en actividades sociales y en situaciones adversas, la cual es muy alta. No obstante, los resultados globales de la vulnerabilidad ante inundaciones indican que hay vulnerabilidad media en los tres municipios. En tal resultado actuaron cinco categorías y de éstas, fue una la que más impactó de forma negativa a los tres municipios: *Medidas de adaptación a las inundaciones*, específicamente la variable: *Elementos físicos permanentes que den protección ante inundaciones*. De igual forma la categoría: *Vulnerabilidad: física-material* aportó negativamente en el resultado al municipio de Tlacotalpan y, por su parte, la categoría *Vulnerabilidad: motivacional-actitudinal* afectó al municipio de Cotaxtla. Las categorías con aportación negativa refieren, entre otras cosas, elementos físicos como muros de contención, permeabilidad del suelo, dragado de ríos, exposición a inundaciones y la desconfianza en las estrategias de movilización, es decir, son aspectos que no están al alcance de las capacidades de los pobladores. Los recursos para construir un muro o dragar un río superan las capacidades económicas de la población, de igual forma, no hay posibilidades de inferir en la permeabilidad del suelo y en su ubicación geográfica, por lo que se refiere a la confianza en las estrategias de movilización ésta no existe, ya que dichas estrategias se desean imponer

por las autoridades justo en el momento del evento, de manera más bien reactiva que preventiva.

De ahí que la vulnerabilidad ante inundaciones tiene resultados positivos, mientras los elementos que se consideren para su análisis estén relacionados con la estructura social. Visto de otra forma, la vulnerabilidad ante inundaciones se ve afectada cuando intervienen elementos de difícil o nulo acceso para la población. Elementos donde actores sociales (públicos y privados, principalmente) bien podrían intervenir y contribuir con mayor énfasis a su solución, por supuesto, incluso invitando a la población a involucrarse de manera colaborativa, desde sus propias trincheras y posibilidades, para que en un contexto de gobernanza participativa disminuya la vulnerabilidad y se avance hacia procesos de resiliencia social que les permitan enfrentar posibles adversidades, como una inundación.

4. Conclusiones

Se estableció que la vulnerabilidad no es permanente, es evolutiva, acumulativa y desigual, por lo tanto, el análisis de la vulnerabilidad ante inundaciones aquí realizado fue contextualizado. Se usaron variables que tienen un sustento empírico (Peck *et al.*, 2007; Balica *et al.*, 2009; Moguel *et al.*, 2012; Balica, 2012; Divakar y Pande, 2014; Koks *et al.*, 2015; Beevers *et al.*, 2016; Fernández *et al.*, 2016), así como un enfoque sistemático de análisis similar al de otras investigaciones (Beevers *et al.*, 2016). Además, se consideró la ponderación que tiene cada una de las variables por medio del método Delphi haciendo partícipe a un grupo de especialistas en el tema de riesgo y vulnerabilidad ante inundaciones. Se recogió la información a través de dos técnicas: investigación documental y entrevista. En estas técnicas se reunieron cinco categorías: *física-material*, *social-organizacional*, *motivacional-actitudinal*, *perspectiva de vulnerabilidad* y *medidas de adaptación a las inundaciones*.

Se mostraron coincidencias entre los resultados de los tres municipios. Existen indicadores que son negativos en todos los casos (*Elementos físicos permanentes que den protección ante inundaciones* y la *Movilización y prevención actual*) dando cuenta que la política en materia de protección civil tiene carencias. Pudimos determinar que cuando son positivos es porque están relacionados con la estructura social. Los resultados negativos están conexos con elementos que son de difícil o nulo acceso para la población y le correspondería al Estado procurar la atención de éstos, lo cual no ha sido atendido, hasta el momento de la investigación. No existe evidencia de algún documento o institución que haya trabajado a favor de disminuir la vulnerabilidad ante inundaciones en los municipios de estudio a partir de

los *Elementos físicos permanentes que den protección ante inundaciones* y la *Mobilización y prevención actual*. Por tal motivo y con base en los resultados se sugirieron dos puntos para contribuir, con la participación de docentes de bachillerato, a reducir la vulnerabilidad ante inundaciones:

1. Comprender la construcción social del riesgo. Las inundaciones y los desastres en general tienen un origen complejo y la actividad humana contribuye con éstos; sin embargo, no siempre se concibe así. La EA, desde su enfoque complejo e interdisciplinario, puede ayudar a comprender de mejor manera este origen. Para lo cual es necesario que los docentes se formen en aspectos sociales, culturales, ecológicos y de ciudadanía, y que de esta manera puedan formar estudiantes que promuevan tales aspectos con sus familiares, vecinos y amigos, pero sobre todo con esos actores sociales que bien pueden contribuir a disminuir la vulnerabilidad y pueden apoyar a avanzar hacia resiliencia, de tal forma que no existan elementos de nulo acceso para la población como se menciona en los resultados. A partir del entendimiento complejo de la problemática se pueden establecer acciones, desde los propios contextos, que de verdad contribuyan en la solución.
2. Generar acciones en torno a la adaptación. La actualización de los planes preventivos y los mapas de riesgo, así como la gestión de recursos en las comunidades son algunas acciones que pueden contribuir a este punto. Los docentes de los bachilleratos, participantes en el estudio, tienen los conocimientos para guiar estas acciones, algunos de ellos recibieron talleres sobre temas afines (dirigidos por el cuerpo académico al que pertenece la autora de este artículo) y podrían replicarlos entre sus compañeros y estudiantes, primeramente, y después, buscar los medios y vínculos para que las acciones lleguen a otros grupos sociales en las comunidades. Además se pueden tomar ejemplos de otros contextos, como en Tabasco, México, el cual trabaja junto a instituciones como la Cruz Roja para disminuir la vulnerabilidad ante inundaciones (Cruz Roja, 2016). Esta institución ha optado por capacitar a los pobladores para que sean ellos quienes gestionen recursos que contribuyan a su protección ante inundaciones. Por lo tanto, los docentes de los bachilleratos podrían capacitar a sus estudiantes en la redacción y el seguimiento de un oficio de solicitud de recursos, previamente identificados de manera colectiva, ante las instancias oficiales o las empresas privadas correspondientes. Actualmente, las empresas privadas se asumen como social y ambientalmente responsables, esta posición puede

ser viable para solicitar apoyo, tal como lo han hecho en otros contextos.

Es urgente en los municipios de estudio poner en acción, al menos, las sugerencias realizadas, debido a que los ciclones tropicales se agravan por el cambio climático, y hasta ahora las capacidades sociales de la población no han permitido que las afectaciones sean mayores. Sin embargo, esta situación no siempre será así, las proyecciones indican que los efectos del cambio climático se incrementarán y con ello posiblemente superarán por completo las capacidades de las poblaciones. Finalmente, se desea expresar que el análisis de la vulnerabilidad ante inundaciones, aquí realizado, es un estudio contextualizado, pero al mismo tiempo puede ser replicado con modificaciones en otros contextos. Cada una de las variables fue considerada por ser accesible y factible, además de contener un sustento empírico y conceptual. Este tipo de estudios es altamente pertinente en México, debido a que las inundaciones representan una de las mayores afectaciones. Con los resultados se pueden hacer sugerencias puntuales para contribuir a disminuir la vulnerabilidad ante inundaciones.

Fuentes consultadas

- Anderson, Mary Baughman y Woodrow, Peter (1989), *Rising from the ashes. Development strategies in times of disaster*, Colorado, Estados Unidos de América, Westview Press-Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.
- Balica, Stefania, Florina (2012), *Applying the Flood Vulnerability Index as a knowledge base for flood risk assessment*, Delft, Holanda, CRC Press-Balkema.
- Balica, Stefania; Douben, Nicolaas y Wrigth Nigel, George (2009), "Flood vulnerability indices at varying spatial scales", *Water Science & Technology*, 60 (10), Londres, Inglaterra, IWA Publishing, pp. 2571-2580.
- Bardin, Laurence (1986), *Análisis de contenido*, Madrid, España, Ediciones Akal.
- Basáñez, Miguel Ángel (2007), "Aporte de agua pluvial al acuífero de la zona metropolitana del valle de México captada en azoteas y edificios", tesis de maestría, Ciudad de México, México, Centro

Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo-Instituto Politécnico Nacional.

- Bautista, Francisco (2011), "El suelo", en Rafael Durán García y Martha Elena Méndez González (eds.), *Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán, Mérida*, Yucatán, México, Centro de Investigaciones Científicas de Yucatán-Programa de Pequeñas Donaciones del Fondo para el Medio Ambiente Mundial-comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad-Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente, pp. 14-16.
- Beevers, Lindsay; Walker, Guy y Strathie, Ailsa (2016), "A systems approach to flood vulnerability", *Civil Engineering and Environmental Systems* 33 (3), Londres, Inglaterra, Taylor and Francis, pp. 1-15.
- Bermúdez, Marlen (1993), "Vulnerabilidad social y organización ante los desastres naturales", *Revista de Ciencias Sociales*, núm. 62, San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica, pp. 131-141.
- Cajigal, Erick (2018), "Vulnerabilidad y resiliencia social ante inundaciones derivadas de ciclones tropicales en tres municipios de Veracruz. Un estudio con docentes de nivel bachillerato", tesis de doctorado, Xalapa, México, Universidad Veracruzana-Instituto de Investigaciones en Educación.
- Cenapred (Consejo Nacional de Prevención del Delito, "Monitoreo y aviso de fenómenos naturales", <http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/>, febrero de 2019.
- Conapo (Consejo Nacional de Población) (2016), Índice de marginación por entidad federativa y municipio 2015, <https://www.gob.mx/conapo/documentos/indice-de-marginacion-por-entidad-federativa-y-municipio-2015>, febrero de 2018.
- Connor, Richard y Hiroki, Keiichi (2005), "Development of a method for assessing flood vulnerability", *Water Science & Technology*, 51 (5), Londres, Inglaterra, IWA Publishing, pp. 61-67.
- Cruz Roja (2016), *Intervención comunitaria en Tabasco: aprendizajes y alcances para la resiliencia*, Ciudad de México, México, Cruz Roja Mexicana.

- Divakar Prince y Pande, Sanjay (2014), "Catastrophic Risk Assessment, Using Integrated Multi-Criteria Flood Vulnerability Index for Various Spatial and Temporal Mining Scales: A Case Study of Kosi Flood Affected Five Districts", *S-JPSET*, 6 (2), Uttar Pradesh, India, SMS Institute of Technology, pp. 135-144.
- Fernández, Paulo; Mourato, Sandra; Moreira, Madalena y Pereira, Luisa (2016), "Spatial flood vulnerability assessment. Decision makers' challenges", *AGILE*, 19 (1), Helsinki, Finlandia, EGIS Conferences and the European Science Foundation GISDATA Scientific Programmes, pp. 14-17.
- Guha-Sapir, Debarati; Hoyois, Philippe y Below, Regina (2015), *Annual Disaster Statistical Review 2014 The numbers and trends*, Bruselas, Bélgica, Centre for Research on the Epidemiology of Disasters.
- González-Gaudiano, Edgar (2007), "Educación y cambio climático: un desafío inexorable", *Trayectorias*, 9 (25), Nuevo León, Universidad Autónoma de Nuevo León, pp. 33-44.
- González-Gaudiano, Edgar y Maldonado, Ana Lucía (2017), "Amenazas y riesgos climáticos en poblaciones vulnerables. El papel de la educación en la resiliencia comunitaria", *Teoría de la Educación*, 29 (1), Salamanca, España, Universidad de Salamanca, pp. 273-294.
- Hernández, Dalila (2017), "Vulnerabilidad, riesgo y resiliencia ante fenómenos hidrometeorológicos en jóvenes de bachillerato de La Antigua, Veracruz", tesis de maestría, Xalapa, México, Universidad Veracruzana-Instituto de Investigaciones en Educación.
- Hernández, Roberto, Fernández, Carlos y Baptista, Pilar (1991), *Metodología de la investigación*, México, Mc Graw Hill e Interamericana Editores.
- Inegi (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2010), *Información nacional, por entidad federativa*, Aguascalientes, México, Inegi.
- Inegi (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2009a), *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Cotaxtla, Veracruz de Ignacio de la Llave*, Aguascalientes, México, Inegi.

- Inegi (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2009b), *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. La Antigua, Veracruz de Ignacio de la Llave*, Aguascalientes, México, Inegi.
- Inegi (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2009c), *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Tlacotalpan, Veracruz de Ignacio de la Llave*, Aguascalientes, México, Inegi.
- Inegi (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2004), *Guía para la Interpretación para la Cartografía Edafología*, Aguascalientes, México, Inegi.
- Jiménez, Martín; Baeza, Carlos; Matías, Lucía y Eslava, Héctor (2012), *Mapas de índices de riesgo a escala municipal por fenómenos hidrometeorológicos*, Ciudad de México, México, Centro Nacional de Prevención de los Desastres.
- Koks, Elco; Jongman, Brenden; Husby, Trond y Botzen, Wouter (2015), "Combining hazard, exposure and social vulnerability to provide lessons for flood risk management", *Environmental science & policy*, 1 (47), Ámsterdam, Holanda, Elsevier, pp. 42-52.
- Lavell, Alan (1997), "Comunidades urbanas, vulnerabilidad a desastres y opciones de prevención y mitigación: una propuesta de investigación-acción para Centroamérica", en A. Lavell (comp.), *Viviendo en riesgo. Comunidades vulnerables y prevención de desastres en América Latina*, Panamá, Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina, pp. 5-25.
- LGPC (Ley General de Protección Civil en México) (2012), *Ley General de Protección Civil. México*, Ciudad de México, México, Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión.
- LPCRRDEV (Ley de Protección Civil y la Reducción del Riesgo de Desastres para el Estado de Veracruz) (2013), *Ley de Protección civil y la Reducción del Riesgo de Desastres para el estado de Veracruz, México*, Xalapa, México, Gobierno del Estado de Veracruz.
- Mendoza, Flor (2017), "Estudio sobre programas de prevención de riesgo por inundaciones y su influencia en jóvenes de bachillerato de la

- localidad de José Cardel”, tesis de maestría, Xalapa, México, Universidad Veracruzana-Instituto de Investigaciones en Educación.
- Moguel, Ana; Tejeda, Adalberto y García, Víctor (2012), “Propuesta para la evaluación de riesgos por inundaciones urbanas: el caso de Xalapa (México)”, 8o Congreso Internacional Cambio Climático Extremos e Impactos, 28 de septiembre, Salamanca, España, Asociación Española de Climatología.
- Molina, Mario (2017), “El cambio climático, y los tres mitos que intentan descalificarlo”, Coloquio Internacional “Los acosos a la civilización de muro a muro”, 25-27 de noviembre, Guadalajara, México, Feria Internacional del Libro de Guadalajara.
- ONU (Organización de las Naciones Unidas) (2015), *Marco de sendai para la reducción del riesgo de desastres 2015-2030*, Ginebra, Suiza, ONU.
- OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos) (2014), *Estadísticas de la OCDE sobre la salud 2014*, Ciudad de México, México, Centro OCDE en México.
- Ortega, Félix (2008), “El método Delphi, prospectiva en ciencias sociales. A través del análisis de un caso práctico”, *Revista EAN*, núm. 64, Bogotá, Colombia, Universidad EAN, pp. 31-54.
- Peck, Angela; Karmakar, Subhankar y Simonovic, Slobodan (2007), *Physical, economical, infrastructural and social flood risk – vulnerability analyses in GIS*, Ontario, Canadá, The University of Western Ontario.
- Riechmann, Jorge (2005), *Un mundo vulnerable. Ensayos sobre ecología, ética y tecnociencia*, Madrid, España, Catarata.
- Salamanca, Luis (2009), “Estudio de resiliencia en desastres naturales en seis barrios de la ciudad de La Paz, Bolivia”, en Fernando Ramírez (coord.), *Estrategia Internacional para la Reducción de los Desastres, La gestión del riesgo urbano en América Latina: recopilación de artículos*, Sesión de la Plataforma Regional para la Reducción del Riesgo de Desastres en las Américas, Panamá, Panamá, pp. 205-222.
- Sandoval, Carlos (1996), *Investigación cualitativa*, Bogotá, Colombia, Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior.

- Sautu, Ruth; Boniolo, Paula; Dalle, Pablo y Elbert, Rodolfo (2005), *Manual de metodología. Construcción del marco teórico, formulación de los objetivos y elección de la metodología*, Buenos Aires, Argentina, Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales.
- SEP (Secretaría de Educación Pública) (2016), *Propuesta curricular para la educación obligatoria 2016*, Ciudad de México, México, SEP.
- Secretaría de Protección Civil (2011), *Atlas Municipal de Riesgos. Nivel Básico. Tlacotalpan*, Xalapa, México, Gobierno del Estado de Veracruz.
- Secretaría de Protección Civil (2011a), *Atlas Municipal de Riesgos. Nivel Básico. Cotaxtla*, Xalapa, México Gobierno del Estado de Veracruz.
- Secretaría de Protección Civil (2011b), *Atlas Municipal de Riesgos. Nivel Básico. La Antigua*, Xalapa, México, Gobierno del Estado de Veracruz.
- Secretaría de Finanzas y Planeación (2016a), *Sistema de Información Municipal. Cuadernillos Municipales, 2016. Tlacotalpan*, Xalapa, México, Gobierno del Estado de Veracruz-CEIEG Estado de Veracruz-Estadística Geográfica.
- Secretaría de Finanzas y Planeación (2016b). *Sistema de Información Municipal. Cuadernillos Municipales, 2016. Cotaxtla*, Xalapa, México, Gobierno del Estado de Veracruz-CEIEG Estado de Veracruz- Estadística Geográfica.
- Secretaría de Finanzas y Planeación (2016c). *Sistema de Información Municipal. Cuadernillos Municipales, 2016. La Antigua*, Xalapa, México, Gobierno del Estado de Veracruz-CEIEG de Veracruz-Estadística Geográfica.
- SMN (Servicio Meteorológico Nacional) (2010). *Análisis de la temporada de ciclones tropicales 2010*, Ciudad de México, México, Comisión Nacional del Agua-SMN.
- Tejeda, Adalberto (2011), "Introducción. Apuntes corográficos de las inundaciones en el estado de Veracruz", en Adalberto Tejeda (ed.), *Las inundaciones de 2010 en Veracruz. Memoria social y medio físico*, Xalapa, México, Consejo Veracruzano de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico, pp. 23-42.

Travieso, Ana Cecilia (2012), “Aplicación del modelo Presión-Estado-Respuesta al análisis de riesgos por inundaciones en la cuenca del río Nautla”, en Adalberto Tejeda y Virgilio Arenas (coords.), *Las inundaciones de 2010 en Veracruz. La biósfera, escenarios y herramientas*, Xalapa, México, Universidad Veracruzana, pp. 91-124.

UNISDR (Oficina de las Naciones Unidas para Reducción de Riesgo de Desastres) (2009), *Terminología sobre la reducción de desastres*, Ginebra, Suiza, UNISDR.

Wilches-Chaux, Gustavo (1993), “Vulnerabilidad global”, en Andrew Maskrey (comp.), *Los desastres no son naturales*, Panamá, Panamá, Red de estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina, pp. 11-44.

Recibido: 15 de septiembre de 2018.

Reenviado: 16 de enero de 2019.

Aceptado: 22 de abril de 2019.

Erick Cajigal Molina: Doctor en Investigación Educativa por la Universidad Veracruzana, México. Actualmente es profesor-investigador en la Facultad de Ciencias Educativas de la Universidad Autónoma del Carmen. Sus líneas de investigación son: vulnerabilidad y resiliencia social ante los efectos del cambio climático y trayectorias escolares. Entre sus últimas publicaciones, en coautoría, destacan: “Individual resilience and the environmental education for sustainability as a base of community resilience. A case study with high school teachers”, en Walter Leal, Ricardo Noyola, Pedro Medellín y Valeria Ruiz (eds.), *Sustainable development research and practice in Mexico and selected Latin American countries*, Alemania, Springer, pp. 185-198 (2018); “Resiliencia en docentes: Una vía para mejorar capacidades de las poblaciones ante inundaciones agravadas por el cambio climático”, *Diálogo educativo*, 55 (17), Curitiba, Brasil, 1445-1464 (2017); “Construcción de conocimiento y creencias epistemológicas sobre cambio climático en docentes de nivel primaria. De la vulnerabilidad a la resiliencia”, *Revista Interamericana de Educación de Adultos*, 2 (38), Pátzcuaro, México, Centro de Cooperación Regional para la Educación de Adultos en América Latina y el Caribe, pp. 53-76 (2016).

Ana Lucía Maldonado González: Doctora en Trabajo Social por la Universidad Laval, Quebec, Canadá. Actualmente es profesora e investigadora en el Instituto de Investigaciones en Educación de la Universidad

Veracruzana, México. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores, nivel I. Su línea de investigación actual es la educación ambiental para la sustentabilidad. Entre sus últimas publicaciones, en coautoría, destacan: "The vision of high school students regarding their vulnerability and social resilience to the major adverse effects of climate change in municipalities with a high risk of flooding/La visión de los jóvenes de bachillerato a su vulnerabilidad y resiliencia social frente a los embates del cambio climático en municipios de alto riesgo a inundaciones", *Psychology Bilingual Journal of Environmental Psychology*, 3 (9), Londres, Inglaterra, Informa UK Limited, pp. 259-271 (2018); "Individual resilience and the environmental education for sustainability as a base of community resilience. A case study with high school teachers". En Walter Leal, Ricardo Noyola, Pedro Medellín y Valeria Ruiz (eds.), *Sustainable development research and practice in Mexico and selected Latin American countries*, Alemania, Springer, pp. 185-198 (2018); "Amenazas y riesgos climáticos en poblaciones vulnerables. El papel de la educación en la resiliencia comunitaria", *Teoría de la Educación. Revista Interuniversitaria*, 29 (1), Salamanca, España, Ediciones Universidad de Salamanca, pp. 273-294 (2017).