



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE QUINTANA ROO



· Teoría y Praxis 33 · 2024 ·

· ISSN 1870 1582 · DOI 10.22403/UQROOMX/TyP33/09 ·



Universidad Autónoma del Estado de Quintana Roo  
DESARROLLO SUSTENTABLE  
DIVISIÓN ACADÉMICA

## Percepción de la resiliencia de vialidades frente al cambio climático en una ciudad costera del Sureste de México

### *Perception of road resilience to climate change in a coastal city in southeastern Mexico*

Anita Martínez Méndez<sup>1\*</sup>  
Ricardo Enrique Vega Azamar<sup>1</sup>  
Herlinda del Socorro Silva Poot<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico de Chetumal, Chetumal, Quintana Roo, México

\*Autora de correspondencia: anitamartinezmdz@gmail.com

Editor encargado: Dr. Oscar Frausto Martínez

Editora invitada: Dra. Ana Cecilia Travieso Bello

Recibido: 16 de agosto de 2024 - Aceptado: 03 de octubre de 2024

#### Resumen

El sistema de infraestructura vial es esencial para el funcionamiento de los flujos urbanos y actúa como el principal organizador de las ciudades, determinando la ubicación de actividades y su expansión. En las ciudades costeras en desarrollo, estas infraestructuras enfrentan desafíos de resiliencia ante fenómenos relacionados con el cambio climático, como tormentas tropicales y huracanes. Este estudio tuvo como objetivo caracterizar la percepción de los habitantes sobre la resiliencia del sistema de vialidades en Chetumal, Quintana Roo, México. Se utilizó un cuestionario para la recolección de datos, cuya consistencia se evaluó mediante el alfa de Cronbach obteniendo un valor de 0.86. Se aplicó a 292 hogares mediante un muestreo probabilístico. El análisis de datos se realizó con el software SPSS para estadísticas descriptivas. El estudio resalta que el sistema de vialidades es clave para la conexión y el desplazamiento, además de ser fundamental para la resiliencia en momentos de crisis asociados al cambio climático. Estos hallazgos indican la necesidad de mejorar la infraestructura vial y su mantenimiento para enfrentar adecuadamente los retos que plantea el cambio climático en la región.

*Palabras clave:* Riesgo, Cambio climático, Percepción y huracanes

#### Abstract

The road infrastructure system is essential for the functioning of urban flows and acts as the main organizer of cities, determining the location of activities and their expansion. In developing coastal cities, these infrastructures face challenges of resilience to climate change-related phenomena, such as tropical storms and hurricanes. This study aimed to characterize the perception of residents regarding the resilience of the road system in Chetumal, Quintana Roo, Mexico. A questionnaire was used for data collection, whose consistency was evaluated using Cronbach's alpha, obtaining a value of 0.86. It was applied to 292 households using a probabilistic sampling. Data analysis was performed using SPSS software for descriptive statistics. The study highlights that the road system is key for connection and movement, as well as being fundamental for resilience in times of crisis associated with climate change. These findings indicate the need to improve road infrastructure and its maintenance to adequately address the challenges posed by climate change in the region.

*Keywords:* Risk, Climate change, Perception and hurricanes

## Introducción

Los sistemas de infraestructura urbana son fundamentales para el desarrollo económico, social y cultural de las comunidades, y facilitan la generación, almacenamiento y distribución de recursos esenciales para satisfacer las necesidades básicas y promover transacciones comerciales y sociales (Gallego y Essex, 2016). La infraestructura vial, como soporte principal de los flujos urbanos, estructura las ciudades y determina la localización y expansión de actividades. Además, es crucial para mejorar la movilidad y mitigar la congestión vehicular, especialmente durante crisis climáticas, como los impactos de los fenómenos hidrometeorológicos.

La resiliencia de las infraestructuras viales es un tema de creciente relevancia en el contexto del cambio climático, especialmente en las ciudades costeras que enfrentan fenómenos hidrometeorológicos cada vez más frecuentes e intensos. Esta situación ha generado preocupación en diversas instituciones y gobiernos a escalas internacional, nacional y estatal, lo que ha llevado a la creación de políticas públicas enfocadas en fortalecer la resiliencia ante eventos relacionados con el cambio climático. En este contexto, destaca el Marco de Acción de Sendai, que tiene como objetivo “prevenir la aparición de nuevos riesgos de desastres y reducir los existentes mediante la implementación de medidas integradas e inclusivas en diversos ámbitos, con el fin de disminuir la exposición a amenazas y mejorar la preparación para la respuesta y la recuperación, reforzando así la resiliencia” (ONU, 2015, p. 12).

En la construcción de sistemas de infraestructura resiliente uno de los elementos fundamentales es el conocimiento y la percepción sobre las situaciones a las cuales se encuentran expuestas. La percepción resulta esencial para enfrentar los desafíos asociados al cambio climático, ya que permite identificar las vulnerabilidades existentes y desarrollar estrategias efectivas de mitigación y adaptación (Agrawal et al., 2020). La capacidad de una comunidad para responder a estos eventos adversos depende en gran medida de su nivel de conciencia y preparación, lo que indica la importancia de fomentar una cultura de resiliencia en la planificación y gestión de infraestructuras. Investigaciones recientes han demostrado que la percepción social influye en la efectividad de las estrategias de mitigación y adaptación (Liu y Duan, 2023). Comprender correctamente un constructo de estudio y sus elementos asociados es clave para la construcción de sistemas de infraestructura resiliente (Lopez y Diaz, 2019). En el mismo sentido, Rokooei y colaboradores (2022) manifiestan que es fundamental investigar la percepción de resiliencia entre los actores que influyen en diversos sectores interrelacionados, como infraestructura, energía, atención médica y movilidad. Esta evaluación es crucial

para garantizar la resiliencia en cada comunidad y reducir las pérdidas económicas tras el impacto de eventos extremos, como huracanes o inundaciones (Rozenberg et al., 2017; O'Connor et al., 1999). Al abordar esta percepción, se evita que tales eventos se conviertan en desastres, lo cual solo se puede lograr mediante una preparación y planificación adecuadas, así como una respuesta y recuperación proactivas ante situaciones adversas. Sin embargo, a pesar de la importancia de este aspecto, existe una escasez de estudios que analicen de manera sistemática cómo los habitantes de ciudades costeras perciben la resiliencia de sus sistemas de infraestructuras ante el cambio climático.

En ese contexto, el presente estudio tuvo como objetivo conocer la percepción de la resiliencia ante el cambio climático del sistema de vialidades de Chetumal, Quintana Roo, México, desde el marco de resiliencia para sistemas de infraestructura urbana.

## Marco teórico

La percepción de las poblaciones es crucial para abordar los riesgos que enfrentan las ciudades a nivel mundial. Se define como el proceso cognitivo que permite a los individuos reconocer, entender e interpretar eventos, influenciado por la experiencia previa, el contexto social y cultural (Rokooei et al., 2022). El riesgo es la combinación de la probabilidad de ocurrencia de un peligro y la magnitud de sus consecuencias (Murugesan, 2020; Wilches-Chaux, 2005). Para Lavell (2009) los riesgos son una construcción social, lo que implica que la percepción del riesgo es un juicio subjetivo sobre fenómenos adversos. Esta percepción es vital para comprender las preocupaciones sobre riesgos naturales y provocados por el hombre, además de indicar la disposición de las personas a tomar medidas para mitigarlos (Reuter & Spielhofer, 2017; Leiserowitz, 2006; O'Connor et al., 1999). La percepción del riesgo de desastre está influenciada por una serie de factores individuales y sociales que interactúan en la forma en que las comunidades interpretan y responden a las amenazas (Lavell, 2000). Una mayor conciencia y comprensión del riesgo puede motivar a las comunidades a implementar estrategias efectivas en la gestión del riesgo y la resiliencia.

Para O'Donnell (2021), la percepción de la resiliencia entre los usuarios de las vialidades es un aspecto crítico que influye en la efectividad de las estrategias de respuesta y recuperación. Esta percepción se refiere a cómo los individuos y comunidades evalúan su capacidad para enfrentar y adaptarse a eventos adversos. Factores como experiencias pasadas, disponibilidad de información y la comunicación de riesgos por parte de las autoridades juegan un papel fundamental en la formación y comprensión del concepto (Rokooei et al., 2022; Postigo, 2014). Comprender

cómo los usuarios perciben la resiliencia de los sistemas de infraestructura urbana, incluidas las vialidades, puede apoyar en la construcción de políticas y prácticas que mejoren la preparación y respuesta ante los efectos del cambio climático.

La resiliencia de la infraestructura se define como la capacidad de un sistema para anticipar, prepararse, responder y recuperarse de eventos adversos (Martínez, 2020). En ese sentido, Ranjan y Abenayake (2014), señalan que la evaluación de la resiliencia se puede realizar a través de la percepción de los actores involucrados en la planificación y gestión de la infraestructura, lo que permite identificar vulnerabilidades y áreas de mejora. En el caso de las vialidades, esta resiliencia es crucial para garantizar la movilidad y el acceso a servicios esenciales antes, durante y después de eventos asociados al cambio climático, como las inundaciones y huracanes.

Las vialidades se consideran servicios esenciales en situaciones de crisis, mismas que son un elemento básico de la forma urbana y de la estructura de la ciudad, pues en torno a ella se ordenan todos los elementos y el medio por el cual se relacionan todas las actividades que se dan en las urbes, mismas que pueden ser analizadas desde sus tres categorías de análisis: primaria, secundaria y terciaria. La vialidad primaria se constituye por las vías principales que atraviesan toda la ciudad o gran parte de ella, que son las más amplias y con mayor cantidad de tráfico. La vialidad secundaria relaciona distintas zonas de la ciudad, vinculadas con las vías primarias. A su vez, la vialidad terciaria corresponde a las calles más pequeñas de vecindario, que dan servicio a zonas pequeñas y, debido a su escasa extensión, son atravesadas por poco tránsito (Duchi, 2003).

La disposición o forma de organización de los sistemas de vialidades constituye el primer aspecto a considerar en la generación de una estructura urbana, pues de ello dependerá el flujo de desplazamiento que se tendrá para la realización de las diversas actividades en situaciones de emergencia y momentos de crisis.

Un sistema de infraestructura resiliente de vialidades se puede definir como aquel sistema que permite el flujo de desplazamiento antes, durante y posterior al impacto de un fenómeno y posee las características de: a) probabilidades de falla reducidas, b) reducción de las consecuencias de las fallas, en términos de vidas perdidas, daños y consecuencias económicas y sociales negativas, y c) reducción del tiempo de recuperación (Bruneau et al., 2003). Asimismo, se puede estudiar desde el marco de resiliencia para sistemas de infraestructura urbana resiliente, que considera seis dimensiones en los tres momentos de construcción de resiliencia: a) previo al impacto: robustez y recursos; b) durante el impacto: funcionalidad y redundancia, y c) posterior al impacto: rapidez y transformación.

## Metodología

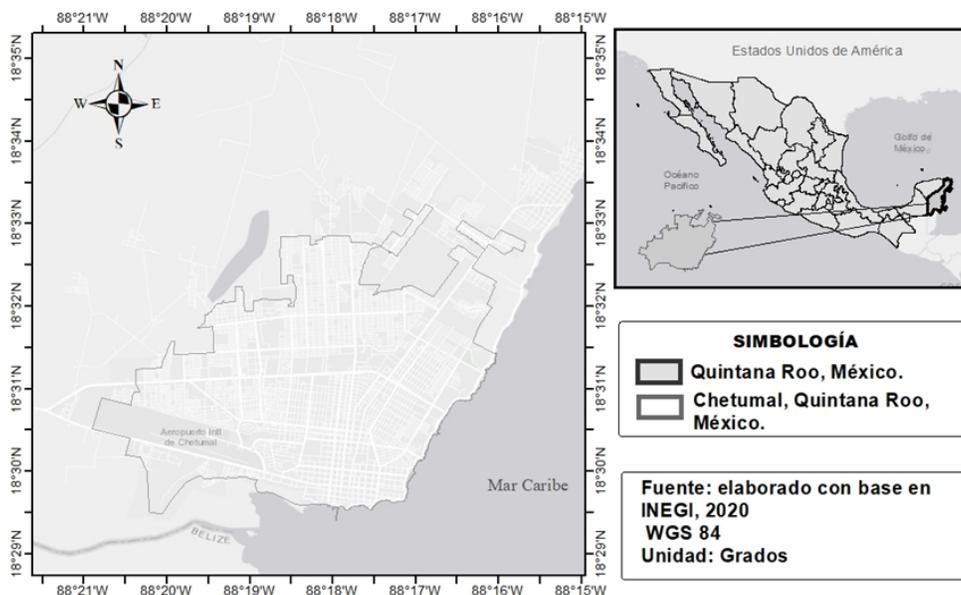
La localidad urbana de Chetumal, capital del estado de Quintana Roo, se caracteriza por su ubicación geográfica como ciudad costera. Situada en el sureste de México, dentro del municipio de Othón P. Blanco, Chetumal se encuentra entre los paralelos 18° 33' 46" y 18° 29' 40", y los meridianos 88° 21' 57" y 88° 16' 45" (**Figura 1**). La ciudad abarca una superficie de 18 158 hectáreas (CAPA, 2015) y cuenta con una población de 169 028 habitantes (INEGI, 2020). Su extensión territorial es de aproximadamente 67 km de largo y 20 km de ancho en su parte más amplia, lo que equivale a un área cercana a los 1 100 kilómetros cuadrados (Castillo, 2009).

La traza urbana de Chetumal está conformada por 95 zonas que corresponden a colonias y fraccionamientos. En la estructura urbana del área metropolitana es importante distinguir que su ordenación general está constituida por cinco localidades: Calderitas, Subteniente López, Huay-Pix, Xul-Ha y Chetumal. La conformación interna de Chetumal se basa en una traza reticular con cuatro ejes principales, estructurada en sentido oriente-poniente y de norte a sur, por avenidas de enlace como la Av. Machuxac, la Av. Erick Paolo Martínez, la Fidel Velásquez (Bugambilias), la Av. Insurgentes, la Av. Manuel Acuña-San Salvador, la Av. Efraín Aguilar y la Av. Álvaro Obregón. En sentido norte-sur desde el poniente, las avenidas incluyen: Javier Rojo Gómez, Andrés Quintana Roo, Juárez, 4 de Marzo, Nápoles, Magisterial, Héroes, Veracruz y el Boulevard Bahía. Su red vial se integra por aproximadamente 732.4 kilómetros de vías de comunicación que corresponden a carreteras federales, vialidades primarias, secundarias y terciarias (Municipio Othón P. Blanco, 2018; 2023; López, 2016).

En relación con los riesgos, Chetumal se clasifica entre las principales ciudades expuestas a ciclones tropicales. Como ciudad costera, enfrenta anualmente una temporada de huracanes que se extiende desde junio hasta noviembre. A lo largo de su historia, Chetumal ha sufrido el impacto de diversos fenómenos naturales; sin embargo, aquellos que han dejado una huella significativa en su desarrollo urbano son los que han ocasionado daños más severos y han influido de manera notable en su crecimiento. Entre estos eventos destacan el huracán Janet (1955), Carmen (1974), Mitch (1998) y Dean (2007). Cada uno de estos huracanes presenta características únicas en términos de vientos, precipitación, presión atmosférica, oleaje y mareas de tormenta, lo que resalta la diversidad y complejidad de los riesgos a los que se enfrenta la ciudad (Martínez, 2020).

La investigación se realizó en Chetumal, Quintana Roo, México, una región vulnerable a fenómenos hidrometeorológicos anuales. Se utilizó el enfoque de estudio de caso y se exploró la percepción de la población

Figura 1. Localización del área de estudio



sobre la resiliencia del sistema de vialidades ante estos eventos. Se empleó un cuestionario estructurado, en seis secciones correspondientes a los componentes clave del marco de resiliencia para sistemas de infraestructura urbana: robustez, recursos, funcionalidad, redundancia, rapidez y transformación. El cuestionario fue validado por medio del coeficiente alfa de Cronbach de 0.88, asegurando su confiabilidad, y aplicado en el año 2020 y 2021. La muestra incluyó 292 hogares seleccionados mediante muestreo probabilístico, con un nivel de confianza del 90 %. La población objetivo consistió en habitantes de 18 años y más.

La selección de la muestra se realizó en cuatro etapas: identificación de AGEB, afijación proporcional, distribución a nivel de manzana y muestreo aleatorio simple. El análisis de los datos se llevó a cabo con el software SPSS, utilizando estadísticas descriptivas para identificar patrones y tendencias en la percepción de la resiliencia del sistema vial.

## Resultados y discusión

### Generalidades de la población

En el presente estudio se encuestó a una muestra representativa de la población local, donde el 65 % de los participantes fueron mujeres y el 45 %, hombres. La edad promedio de los participantes fue de 42 años, con un rango de edad que oscila entre los 18 y los 78 años; al respecto, Douglas (2013) señala que la predominancia femenina influye en las actitudes hacia la gestión del riesgo y, por

ende, en la resiliencia, dado que las mujeres a menudo tienen diferentes experiencias y percepciones sobre la seguridad y vulnerabilidad en sus comunidades. En ese mismo sentido, el 57 % de la muestra ha experimentado un huracán, lo que resalta la vulnerabilidad de la comunidad ante fenómenos climáticos extremos. La resiliencia está asociada de manera directa con la percepción de riesgo, misma que está mediada por la experiencia personal, ya sea al producir la aceptación de eventos como extremadamente riesgosos o al normalizar los riesgos asociados a ellos, además, señalan que la falta de compromiso de las sociedades con los eventos asociados a cambio climático depende de su percepción de barreras particulares, incluidas otras prioridades, la falta de conocimiento y la desconfianza o falta de acción por parte de los políticos y la comunidad en general (Lorenzoni, Nicholson-Cole y Whitmarsh, 2007 citados en Sara et al., 2015).

Por otra parte, los motivos señalados para habitar en sus viviendas fueron variados: el 28 % indicó que fue una decisión propia, el 26 % mencionó la venta de terrenos económicos, el 22 % citó la falta de recursos para adquirir una vivienda y el 24 % heredó su propiedad. Estos factores reflejan no solo decisiones individuales, sino también condiciones socioeconómicas que influyen en la capacidad de los individuos para establecerse en sus hogares. Para Douglas (1996) las comunidades con menos recursos económicos tienden a percibir los riesgos como más amenazantes y pueden estar menos dispuestas a aceptar riesgos asociados con su entorno, situación que condicionaría la resiliencia de

sus entornos. Por tanto, la integración de estas perspectivas puede contribuir al desarrollo de estrategias más efectivas para gestionar riesgos y fomentar una mayor resiliencia comunitaria.

### Marco de resiliencia para sistemas de infraestructura

#### Robustez

La robustez se refiere a la capacidad de un sistema de infraestructura para soportar tensiones y choques dentro de niveles tolerables y rentables, permitiendo su funcionamiento en situaciones de crisis. En esta dimensión se estudiaron las variables relacionadas con la percepción sobre el grado de impacto de las vialidades y los tipos de afectaciones asociados al cambio climático.

Se encontró que los encuestados perciben diferentes grados de impacto del cambio climático: el 12 % lo considera “muy malo”; el 15 %, “alto”; el 33 %, “medio”; el 5 %, “bajo”; y el 12 %, “muy bajo”. Sara y colaboradores (2015) y Ruszczyk (2017) señalan que el grado de percepción se asocia de manera directa con la experiencia personal de cada individuo. Por su parte, Biondini y colaboradores (2022) destacan que los sistemas de infraestructura vial deben cumplir con estándares de seguridad modernos y una adecuada planeación de políticas de gestión para mantener niveles de afectación bajos o nulos, asegurando su funcionalidad tanto en condiciones operativas como de emergencia.

La variable tipos de afectaciones se asocia con el nivel de robustez del sistema. Al respecto, el 30 % de los encuestados mencionó los hundimientos como principal tipo de afectación; el 20 %, desprendimiento de carpeta; el 35 %, baches; y 3 % percibió ningún tipo de afectación. Estos resultados se asocian con lo planteado por O’Donnell y colaboradores (2021), quienes externan que los diversos tipos de percepciones respecto de las afectaciones están relacionados con las experiencias vividas; es decir, la memoria es un factor clave para la

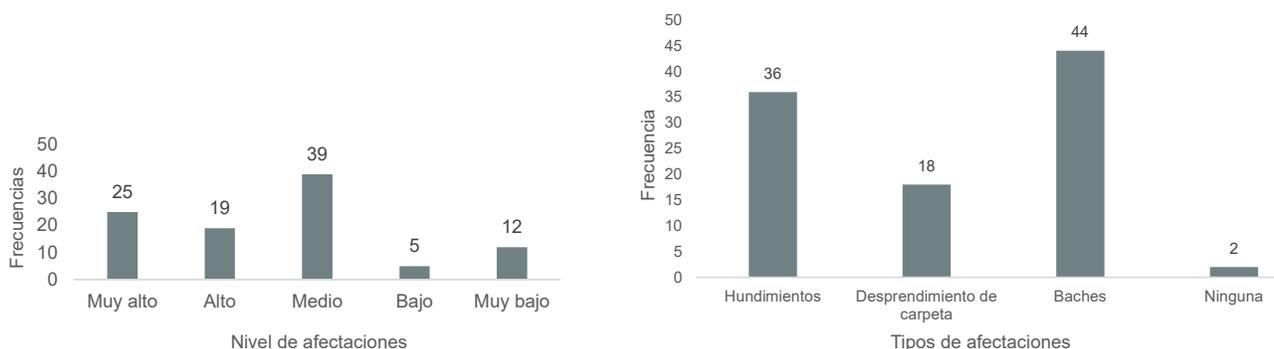
construcción de resiliencia en sistemas de infraestructura urbana (**Figura 2**).

La **Figura 2** revela que el 44 % de la muestra identifica a los baches como el impacto más significativo, atribuido a fenómenos hidrometeorológicos como inundaciones y huracanes; dicho porcentaje indica que es un factor clave en la percepción general de los encuestados. En tal sentido, desde la perspectiva de Douglas (1996), la aceptabilidad del riesgo es una construcción social que varía según normas culturales, por tanto, el 44 % podría asociarse con una normalización del riesgo para la comunidad. Para Postigo (2014), las experiencias vividas son clave en la percepción y construcción de la resiliencia. Además, el 25 % de los encuestados percibe un nivel de afectación muy alto y el 19 % alto, lo que puede estar vinculado a problemas graves, como hundimientos y baches, que afectan la calidad y seguridad de las vialidades debido a los impactos de fenómenos hidrometeorológicos; o en su caso a la aceptabilidad del riesgo derivado de la cultura que han construido para hacer frente a los efectos del cambio climático. Al respecto, Douglas (2013) enfatiza que estudiar la percepción del riesgo como un ejercicio cognitivo individual limita a la solución de problemas desde una perspectiva comunitaria.

#### Recursos

Los recursos se definen como la capacidad social, física y financiera que posee un sistema de infraestructura para responder ante diversas perturbaciones (O’Rourke, 2007). En esta dimensión se caracterizó la percepción sobre la capacidad financiera y social con la que cuenta el sistema de infraestructura de vialidades. En relación con los recursos financieros destinados al mantenimiento preventivo de las vialidades, el 25 % de los usuarios percibe que este mantenimiento se realiza una vez al año, mientras que el 15 % reporta que se lleva a cabo dos veces al año y el 10 % indica que se efectúa tres veces al año. Estos datos evidencian que

Figura 2. Nivel y tipo de afectaciones



La Figura muestra las percepciones de los encuestados sobre el nivel y tipo de afectaciones en las vialidades ante fenómenos hidrometeorológicos

menos de la mitad de los usuarios considera que se proporciona un mantenimiento regular de sistemas de infraestructura, incluyendo el sistema de vialidades (Islam et al., 2021). Sin embargo, por parte del gobierno municipal se ha dado atención a 2 934 baches por medio del “Programa de Bacheo”, mismo que está activo los 12 meses del año. No obstante, depende de los recursos presupuestales que se den a lo largo del año, de la capacidad del personal y de la infraestructura para dar atención oportuna a los reportes de la ciudadanía. Además, los reportes se atienden tomando en cuenta la jerarquía de las vialidades, en primer orden se da atención a las primarias, posteriormente a las secundarias y terciarias (Municipio Othón P. Blanco, 2023; 2022) (**Figura 3**).

La **Figura 3** muestra que el 44 % de los usuarios indica que el mantenimiento solo se realiza tras un fenómeno hidrometeorológico. Para Harrison y colaboradores (2023) el enfoque reactivo es inadecuado para la resiliencia de la infraestructura urbana ante el cambio climático y eventos extremos. Además, el 6 % de los usuarios percibe que nunca se proporciona mantenimiento. Capacci y colaboradores (2022) advierten que la falta de mantenimiento compromete la seguridad y funcionalidad de la infraestructura vial, especialmente en situaciones de emergencia y de crisis. Al respecto, se ha identificado que los baches son una constante en las vialidades, mismos que continúan siendo afectados por las lluvias y la falta de mantenimiento lo que puede generar afectaciones asfálticas que ponen en riesgo la integridad de los ciudadanos en momentos de crisis; tal situación dio lugar a la generación, por parte del gobierno municipal, del “Programa de Bacheo” para dar atención de manera preventiva y oportuna, de acuerdo a la disponibilidad presupuestal, a la problemática de las vialidades (Municipio Othón P. B, 2023).

Los recursos financieros son clave para la resiliencia de los sistemas de infraestructura (Zhang y Whang, 2016).

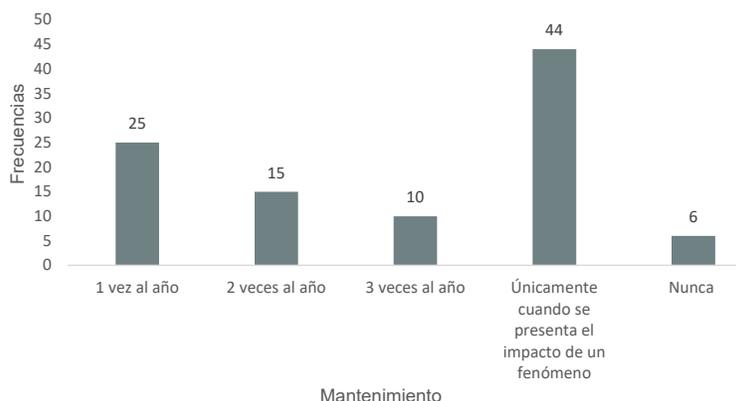
Los resultados muestran que la resiliencia de las vialidades en la zona de estudio está comprometida por la disponibilidad presupuestal para los programas relacionados con la atención a la problemática de bacheo. Esto revela un enfoque reactivo por parte de las autoridades y una percepción generalizada de mantenimiento insuficiente o inexistente, indicando la necesidad de mejorar las prácticas de gestión de la infraestructura vial.

### Funcionalidad

La funcionalidad de un sistema de infraestructura se refiere a su capacidad de operar ante el impacto de un fenómeno (Bruneau et al., 2003). En esta dimensión se estudió el estado de las vialidades y el conocimiento de las rutas de evacuación. Se encontró que el 2 % de los usuarios percibe sus vialidades en estado excelente tras un evento hidrometeorológico, y el 15 % en buen estado, sumando un 17 % que considera las vialidades funcionales y seguras. Sin embargo, el 20 % califica el estado de las vialidades como regular, dato que revela que una parte significativa necesita reparaciones para recuperar su funcionalidad. Zhou y colaboradores (2018) señalan que los Sistemas de Alerta Temprana deben incluir herramientas y procedimientos bien diseñados para que comunidades y autoridades tomen medidas preventivas, reduciendo así el impacto de eventos hidrometeorológicos extremos.

Por otra parte, el 63 % de los usuarios percibe que el estado de las vialidades es malo tras el impacto de un fenómeno. Esta percepción generalizada de un deterioro severo indica que la resiliencia de la infraestructura vial es limitada ante eventos climáticos extremos. Al respecto, Davis y colaboradores (2024) y López y Díaz (2019) señalan que para que un sistema de infraestructura sea considerado resiliente debe conservar un nivel adecuado de funcionamiento antes, durante y después de un evento.

**Figura 3.** Programa de mantenimiento a vialidades



Esta Figura se refiere al número de veces que los encuestados perciben que se proporciona mantenimiento a las vialidades

**Figura 4.** Conocimiento de las rutas de evacuación



Esta Figura muestra las percepciones en porcentajes de los encuestados sobre el conocimiento de las rutas de evacuación y los medios por los cuales se enteraron

El conocimiento del espacio urbano es crucial para construir la resiliencia de los sistemas de infraestructura (Oliver y Haney, 2017). La **Figura 4** revela una falta de información que compromete esta resiliencia en situaciones de desastre, ya que el 68 % de los encuestados desconoce las rutas de evacuación. Según O'Rourke y colaboradores (2014), la falta de experiencia ante peligros en contextos geográficos específicos dificulta la creación de infraestructuras resilientes. Además, más del 50 % de la población no está preparada para responder adecuadamente en emergencias, y solo el 32 % afirma conocer las rutas de evacuación, un porcentaje insuficiente para garantizar una respuesta efectiva a nivel comunitario. Para Begum y colaboradores (2022), el conocimiento y experiencia sobre eventos extremos, que se atribuye a la gestión del riesgo de desastre, contribuye de manera significativa para la construcción de sistemas de infraestructura resiliente.

Los resultados de esta encuesta muestran que la resiliencia comunitaria ante desastres se ve gravemente

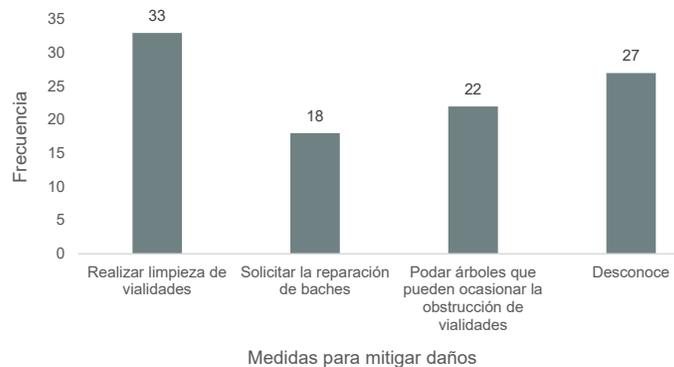
comprometida por la falta de conocimiento sobre las rutas de evacuación de los sistemas de infraestructura de vialidades.

*Redundancia*

La redundancia en los sistemas de infraestructura se refiere a su capacidad de ofrecer alternativas y adaptarse ante el estrés causado por fenómenos, permitiendo ajustes y modificaciones para responder mejor a perturbaciones climáticas (Gallego y Essex, 2016). El conocimiento sobre medidas para mitigar daños es fundamental para construir infraestructuras con enfoques resilientes (Paige y Verhaeghe, 2018). En este sentido, el 33 % de la población reconoce que puede realizar la limpieza de vialidades para reducir daños (**Figura 5**), lo que coincide con Aydin y colaboradores (2018), quienes destacan la efectividad de limpiar infraestructuras para prevenir obstrucciones por escombros o sedimentos tras inundaciones o deslizamientos de tierra.

Por otra parte, el 18 % de los encuestados tiene conocimiento de que puede solicitar la reparación de

**Figura 5.** Medidas para disminuir daños en vialidades



baches a las autoridades competentes, servicio que ofrece el gobierno municipal a través de solicitudes ciudadanas que son atendidas por medio del “Programa de Bacheo”. Según Islam y colaboradores (2021), los baches son defectos que resultan de la pérdida de resistencia y durabilidad debido a las altas cantidades de agua, y su atención oportuna es vital para mantener el desplazamiento y seguridad de las vialidades, especialmente ante los efectos del cambio climático. Además, el 22 % de la población reconoce que podar árboles que puedan obstruir las vialidades es una medida preventiva importante, ya que los árboles caídos o ramas rotas son causas comunes de bloqueo durante tormentas o huracanes. Sin embargo, el 27 % de los encuestados desconoce qué medidas tomar para reducir daños en las vialidades, lo que indica que una parte significativa de la población no está preparada para responder adecuadamente a los eventos asociados al cambio climático; de acuerdo con Douglas (2013) se asocia a la falta de cultura y de experiencias vividas para enfrentar los riesgos.

Un aspecto clave en caso de emergencia es que la población conozca las rutas alternas de evacuación. Al respecto, solo el 36 % de la población está al tanto de estas rutas, un porcentaje bajo para una respuesta adecuada ante fenómenos hidrometeorológicos. Soleimani y colaboradores (2021) destacan que el conocimiento comunitario sobre rutas de evacuación es fundamental para la resiliencia ante desastres, mientras que el 64 % de los encuestados desconoce estas rutas, lo que sugiere una falta de preparación para el cierre de vialidades principales durante un evento. En ese sentido, Martín y colaboradores (2021) afirman que la falta de conocimiento sobre medidas de respuesta ante desastres es

una barrera clave para la resiliencia comunitaria, resaltando la necesidad de mejorar la comunicación y educación sobre resiliencia en los sistemas de infraestructura vial.

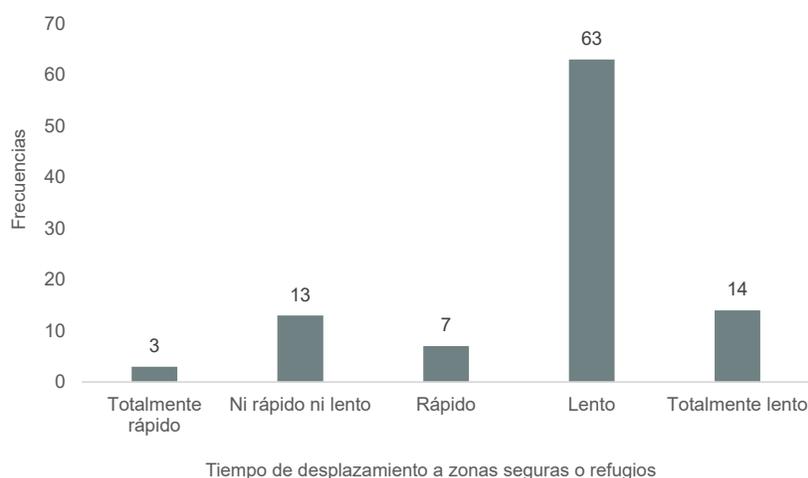
#### Rapidez

La rapidez se refiere a la velocidad con la que un sistema puede recuperarse ante un fenómeno perturbador (Bruneau et al., 2003). La **Figura 6** muestra la percepción de la población sobre el tiempo de desplazamiento durante un evento. Los resultados indican que solo el 3 % de los encuestados percibe el desplazamiento como totalmente rápido, lo que refleja desconfianza en la eficiencia de las rutas de evacuación y la infraestructura vial en emergencias. Un 7 % adicional considera el desplazamiento rápido, sumando un 10 % con una percepción positiva sobre la rapidez en crisis. Según Rozenberg y colaboradores (2017), los sistemas de infraestructura resiliente deben mantener su servicio antes, durante y después de un fenómeno.

Por otro lado, un 63 % de los encuestados percibe el desplazamiento como lento, lo que sugiere que la infraestructura vial no está preparada para manejar el flujo de tráfico en situaciones de crisis, lo que podría resultar en congestiones peligrosas y retrasos en la evacuación. Además, el 14 % considera que el desplazamiento es totalmente lento, reforzando la percepción negativa sobre la capacidad de la infraestructura vial para facilitar una evacuación o respuesta rápida.

La percepción de un desplazamiento lento afecta la resiliencia comunitaria, lo cual coincide con Zhang y Wang (2016), quienes indican que la percepción de ineficiencia en

**Figura 6.** Tiempo de desplazamientos por vialidades a zonas seguras y refugios



La Figura muestra las percepciones en porcentajes de los encuestados sobre su participación con respecto a los desplazamientos en caso de emergencia para solucionar los impactos en las vialidades

la infraestructura vial puede disminuir la confianza en las autoridades y en los sistemas de gestión de emergencias, lo que puede agravar los efectos de un desastre. Por su parte, Rezvani y colaboradores (2024) señalan que la planificación urbana debe considerar tanto la capacidad técnica de las vialidades como la percepción de su funcionalidad. Si los ciudadanos creen que las rutas de evacuación son ineficaces, es probable que no las utilicen, resultando en consecuencias fatales durante un evento hidrometeorológico.

En relación con el tiempo en que se da atención posterior a un impacto, el 35 % de los encuestados percibe que los daños tras un fenómeno hidrometeorológico se atienden en 1 a 2 días, y muestra confianza en la gestión de emergencias. El 23 % considera que la atención tarda entre 3 y 4 días, lo que refleja una percepción moderada de eficiencia. Sin embargo, el 42 % opina que la atención tarda más de 5 días, lo que sugiere una respuesta inadecuada y lenta, afectando la seguridad y movilidad durante y después de un impacto climático.

La percepción de un tiempo de respuesta prolongado tiene serias implicaciones para la resiliencia de las comunidades. De acuerdo con Ji y colaboradores (2022), una respuesta lenta a los daños en la infraestructura vial puede resultar en una mayor vulnerabilidad de las comunidades ante futuros desastres. Esto se debe a que las vías dañadas pueden obstaculizar el acceso a servicios de emergencia y complicar la evacuación de la población. Además, Kieu y Senanayake (2023) argumentan que la percepción de ineficiencia en la atención de daños puede erosionar la confianza de la comunidad en las autoridades responsables de la gestión de emergencias. Esta falta de confianza puede llevar a una menor cooperación de la comunidad durante situaciones críticas, lo que podría agravar los efectos de un desastre.

### *Transformación*

La transformación se refiere a la capacidad de un sistema para modificar radicalmente sus propiedades y comportamientos cuando las condiciones se vuelven inviables debido a un fenómeno. En esta dimensión, se mostraron las variables relacionadas con las obras realizadas para reducir riesgos y afectaciones, así como los programas gubernamentales que fomentan la prevención y rehabilitación del riesgo de desastre en las vialidades ante los efectos del cambio climático, y la capacitación sobre cómo actuar antes, durante y después de un evento.

Se encontró que el 88 % de las personas percibe que no se han realizado obras para disminuir el riesgo y las afectaciones a las vialidades, mientras que solo el 12 % percibe que sí se han realizado, lo que refleja una desconexión significativa entre las acciones de infraestructura y la percepción pública; esta situación puede estar asociada al inadecuado manejo de los flujos de información. En ese sentido Agrawal y colaboradores (2020) externan que

la resiliencia no solo implica la capacidad de resistir y recuperarse de eventos adversos, sino también la adaptación y mejora continua de las infraestructuras para enfrentar futuros desafíos.

El 41 % de los encuestados ha recibido capacitación sobre acciones a realizar antes, durante y después de una contingencia, mientras que el 59 % no ha recibido dicha preparación. Esta falta de capacitación condiciona la resiliencia de las vialidades y la seguridad de la población. En opinión de Liu y Duan (2023), invertir en la preparación comunitaria es fundamental para minimizar daños y salvar vidas en emergencias. Por ello, la educación sobre rutas de evacuación, procedimientos de seguridad y acciones de mitigación fortalece la resiliencia ante fenómenos hidrometeorológicos.

### **Conclusiones**

Los resultados indican que la población no está preparada para responder adecuadamente ante emergencias. Este estudio reveló la situación crítica de las vialidades de Chetumal, Quintana Roo, México, destacando la necesidad de atención e intervenciones para mejorar la infraestructura y mitigar los efectos negativos del cambio climático. Es esencial priorizar el mantenimiento preventivo y proactivo de las vialidades para asegurar su resiliencia. La inversión en gestión adecuada no solo incrementará la seguridad y funcionalidad, sino que también facilitará la adaptación a largo plazo de las ciudades ante desafíos climáticos.

Además, la resiliencia de las vialidades frente a los efectos del cambio climático se ve comprometida por la falta de un programa de mantenimiento, lo que indica la necesidad de mejorar las prácticas de gestión para infraestructuras. Se enfatiza la importancia de priorizar la resiliencia ante el cambio climático, así como la necesidad de mejorar la comunicación y educación sobre rutas de evacuación para fortalecer la resiliencia comunitaria. Invertir en la preparación de la población es crucial para salvar vidas y minimizar daños en situaciones de emergencia.

Asimismo, aumentar el conocimiento sobre rutas alternas de evacuación fortalecerá la resiliencia ante fenómenos hidrometeorológicos. La inversión en comunicación, educación y coordinación, junto con el mantenimiento adecuado de las vialidades, contribuirá a la adaptación de las ciudades al cambio climático. Por último, la percepción negativa sobre el tiempo de atención a los daños en las vialidades plantea desafíos significativos, y abordar estas preocupaciones mediante mejoras en capacitación y comunicación es esencial para garantizar respuestas efectivas ante los impactos del cambio climático, como son los fenómenos hidrometeorológicos.

### Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología (CONAHCYT) por el financiamiento posdoctoral otorgado a la primera autora para llevar a cabo el proyecto, convocatoria 2022.

### Referencias

- Agrawal, N., Elliott, M., & Simonovic, S. P. (2020). Risk and resilience: a case of perception versus reality in flood management. *Water*, 12(5), 1254.
- Aydin, N. Y., Duzgun, H. S., Heinimann, H. R., Wenzel, F., & Gnyawali, K. R. (2018). Framework for improving the resilience and recovery of transportation networks under geohazard risks. *International journal of disaster risk reduction*, 31, 832-843.
- Begum, S., Fisher, R. S., Ferranti, E. J., & Quinn, A. D. (2022). Evaluation of Climate Change Resilience of Urban Road Network Strategies. *Infrastructures*, 7(11), 146.
- Bruneau, M., Chang, S. E., Eguchi, R. T., Lee, G. C., O'Rourke, T. D., Reinhorn, A. M. et al. (2003). A framework to quantitatively assess and enhance the seismic resilience of communities. *Earthquake Spectra*, 19(4), 733-752.
- Capacci, L., Biondini, F., & Frangopol, D. M. (2022). Resilience of aging structures and infrastructure systems with emphasis on seismic resilience of bridges and road networks. *Resilient Cities and Structures*, 1(2), 23-41.
- Castillo V.L. (2009). *Urbanización, problemas ambientales y calidad de vida urbana*. México, D.F. Plaza y Valdés.
- Comisión de Agua Potable y Alcantarillado (CAPA). (2015). *Informe anual de actividades*. Gobierno del estado de Quintana Roo.
- Davis, C. A., Johnson, L. A., Kiremidjian, A., Kwasinski, A., O'Rourke, T. D., Stanley, E., et al. (2024). *Initial Framework to Design Lifeline Infrastructure for Post-Earthquake Functional Recovery*. Volume 1.
- Douglas, M. (1996). *La aceptabilidad del riesgo según las ciencias sociales*. Paidós.
- Douglas, M. (2013). *Risk and blame*. Routledge.
- Douglas, M., & Wildavsky, A. (1983). *Risk and culture: An essay on the selection of technological and environmental dangers*. Univ. of California Press.
- Ducci, M. (2003). *Introducción al urbanismo: conceptos básicos*. Ed. Trillas.
- Gallego-López, C.; Essex, J. (with input from DFID). (2016). *Designing for infrastructure resilience*. Evidence on Demand, UK 22 p.
- Harrison, A. M., Heaton, M., & Entwisle, D. C. (2023). Increasing road network resilience to the impacts of ground movement due to climate change: a case study from Lincolnshire, UK. *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*, 56(3), qjehg2023-002.
- INEGI. (2020). *Anuario estadístico y geográfico de los Estados Unidos Mexicanos 2017*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- Islam, M. N., van Amstel, A., Islam, M. M., Shahin, M., Miraj, M., Ghosh, S., et al. (2021). Climate Change Impacts and Mitigation Approach: Coastal Landscape, Transport, and Health Aspects. *Bangladesh II: Climate Change Impacts, Mitigation and Adaptation in Developing Countries*, 41-101.
- Ji, T., Yao, Y., Dou, Y., Deng, S., Yu, S., Zhu, Y., et al. (2022). The impact of climate change on urban transportation resilience to compound extreme events. *Sustainability*, 14(7), 3880.
- Kieu, M., & Senanayake, G. (2023). Perception, experience and resilience to risks: a global analysis. *Scientific Reports*, 13(1), 19356.
- Lavell, A. (2000). *Desastres y desarrollo: hacia un entendimiento de las formas de construcción social del riesgo: el caso del huracán Mitch en Centroamérica*. BID.
- Lavell, A. (2009). *La gestión del riesgo de desastres: un enfoque basado en procesos*. Comunidad Andina.
- Lavell, A., Narváez, L., & Pérez, R. (2009). Vulnerabilidad y riesgo: una mirada desde la gestión del riesgo de desastres. En A. Lavell et al. (Eds.). *Gestión del riesgo de desastres en América Latina* (pp. 15-30). Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina (LA RED).
- Liu, R., & Duan, W. (2023). Assessing perceptions of resilience: The understanding from network analysis. *Frontiers in Public Health*, 11, 1017871.
- López Montejó, G. D. (2016). *Sistema integral de transporte urbano para la zona metropolitana de Chetumal* (Master's thesis, Universidad de Quintana Roo).
- Lopez, and E. L. Diaz. 2019. "Education and building capacity for improving resilience of coastal infrastructure." In *Proc., 126th Annual Conf. American Society for Engineering Education*. Washington, DC: American Society for Engineering Education.
- Martín, B., Ortega, E., Cuevas-Wolliizner, R., Ledda, A., & De Montis, A. (2021). Assessing road network resilience: An accessibility comparative analysis. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 95, 102851.
- Martínez Méndez, A. (2020). *Resiliencia de la infraestructura estratégica urbana ante el impacto de huracanes* (Master's thesis, Universidad de Quintana Roo).
- Municipio de Othón, P. B., & Roo, Q. (2018). *Programa de Desarrollo Urbano de Chetumal, Calderitas, Subteniente López, Huay-Pix y Xul-Há*. [https://www.sema.qroo.gob.mx/FichasPOELsQR/33\\_opb.pdf](https://www.sema.qroo.gob.mx/FichasPOELsQR/33_opb.pdf)
- Municipio de Othón, P. B., & Roo, Q. (2022). *Plan Municipal de Desarrollo 2021-2024*.
- Municipio de Othón, P. B., & Roo, Q. (2023). *Segundo informe de gobierno 2021- 2024*.
- Murugesan, V. (2020). *Understanding Perceptions of Climate Change and Resilience in the City of Courtenay, British Columbia* (Master's thesis, University of Waterloo).
- O'Donnell, E. C., Gosling, S. N., Netusil, N. R., Chan, F. K. S., & Dolman, N. J. (2021). Perceptions of blue-green and grey infrastructure as climate change adaptation strategies for urban water resilience. *Journal of the British Academy*, 9(s9), 143-182.
- O'Connor, R. E., Bard, R. J., & Fisher, A. (1999). Risk perceptions, general environmental beliefs, and willingness to address climate change. *Risk Analysis*, 19(3), 461-471.
- Oliver, D., and M. Haney. (2017). *Curriculum development for teaching critical infrastructure protection*. Washington, DC: USDOE. Pagán-Trinidad, I., R. R.
- ONU, U. (2015). *Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015 2030*. Recuperado el, 28 agosto de 2024.
- O'Rourke, T. D. (2007). Critical infrastructure, interdependencies, and resilience. *Bridge-Washington-National Academy of Engineering-*, 37(1), 22.

- O'Rourke, T. D., Jeon, S. S., Toprak, S., Cubrinovski, M., Hughes, M., van Ballegooy, S., et al. (2014). Earthquake response of underground pipeline networks in Christchurch, NZ. *Earthquake Spectra*, 30(1), 183-204.
- Paige-Green, P., & Verhaeghe, B. M. (2018). Making Africa's roads more resilient to climate change. 2018 SARF/IRF/PIARC Regional Conference for Africa, 9-11 October 2018, Durban, South Africa.
- Postigo, J. C. (2014). Perception and Resilience of Andean Populations Facing Climate Change. *Journal of Ethnobiology*, 34(3), 383-400. <https://doi.org/10.2993/0278-0771-34.3.383>
- Ranjan, E. S., & Abenayake, C. C. (2014). A study on community's perception on disaster resilience concept. *Procedia Economics and Finance*, 18, 88-94.
- Reuter, C., & Spielhofer, T. (2017). Towards social resilience: A quantitative and qualitative survey on citizens' perception of social media in emergencies in Europe. *Technological Forecasting and Social Change*, 121, 168-180.
- Rezvani, S. M., Silva, M. J. F., & de Almeida, N. M. (2024). Urban Resilience Index for Critical Infrastructure: A Scenario-Based Approach to Disaster Risk Reduction in Road Networks. *Sustainability*, 16(10), 4143.
- Rokooci, S., Vahedifard, F., & Belay, S. (2022). Perceptions of civil engineering and construction students toward community and infrastructure resilience. *Journal of Civil Engineering Education*, 148(1), 04021015.
- Rozenberg, J., Briceno-Garmendia, C., Lu, X., Bonzanigo, L., & Moroz, H. (2017). *Improving the resilience of Peru's road network to climate events*. The World Bank.
- Ruszczyk, H. (2017). *The everyday and events: Understanding risk perceptions and resilience in urban Nepal* (Doctoral dissertation, Durham University).
- Sara, L. M., Jameson, S., Pfeffer, K., & Baud, I. (2016). Risk perception: The social construction of spatial knowledge around climate change-related scenarios in Lima. *Habitat International*, 54, 136-149.
- Soleimani, N., Davidson, R. A., Davis, C., O'Rourke, T. D., & Nozick, L. K. (2021). Multihazard scenarios for regional seismic risk assessment of spatially distributed infrastructure. *Journal of Infrastructure Systems*, 27(1), 04021001.
- Wilches-Chaux, G. (2005). Fundamentos éticos de la gestión del riesgo. *Nómadas (Col)*, (22), 48-61.
- Zhang, W., & Wang, N. (2016). Resilience-based risk mitigation for road networks. *Structural Safety*, 62, 57-65.
- Zhou, H., Taal, A., Koulouzis, S., Wang, J., Hu, Y., Suci, G., et al. (2018). Dynamic real-time infrastructure planning and deployment for disaster early warning systems. In *Computational Science-ICCS 2018: 18th International Conference, Wuxi, China, June 11-13, 2018, Proceedings, Part II 18* (pp. 644-654). Springer International Publishing.

