

VULNERABILIDAD SOCIAL ANTE ÁREAS NATECH EN CHETUMAL, QUINTANA ROO, MÉXICO

Rosalía Chávez Alvarado ^{1*}, José Manuel Camacho Sanabria ¹, Alondra Balbuena Medina ²,
David Velázquez Torres ¹

1. Universidad Autónoma del Estado de Quintana Roo, Chetumal, México.

2. Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México.

*Autor de correspondencia:
rosaliadf@gmail.com

DOI:
<https://doi.org/10.55467/reder.v10i1.205>

RECIBIDO
16 de diciembre de 2024

ACEPTADO
3 de abril de 2025

PUBLICADO
1 de enero de 2026

Formato cita Recomendada (APA):
Chávez Alvarado, R., Camacho Sanabria, J.M., Balbuena Medina, A. & Velázquez Torres, D. (2026). Vulnerabilidad Social ante Áreas Natech en Chetumal, Quintana Roo, México. *Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres REDER*, 10(1), 18-39. <https://doi.org/10.55467/reder.v10i1.205>



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

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

RESUMEN

El presente trabajo señala áreas Natech definidas por la Organización Mundial de la Salud (OMS), como áreas de posible riesgo químico derivado de un riesgo de origen natural, como las inundaciones. En la ciudad de Chetumal, Quintana Roo, México, se presentaron inundaciones severas con rastros de gasolina en los flujos pluviales para los años 2022 y 2024, tras estos eventos la población quedó vulnerada por la demora en acciones de atención y recuperación tras la inundación, quedaron expuestas las limitaciones institucionales. Este artículo tiene por objetivo elaborar un índice de vulnerabilidad para cada tipo de riesgo, inundación y químico para establecer áreas NATECH. La metodología es mixta triangular, exploratoria, descriptiva y correlacional. Los resultados mostraron la necesidad de inversión en infraestructura crítica, construir sistemas de alerta temprana y refugios ante ambos tipos de riesgo a fin de reducirlos, contribuir a la transversalización de la gestión del riesgo ante inundación y químico, así como en la generación de presupuestos nacionales y locales para la prevención y mitigación. Se concluye la necesidad de incrementar estudios que definan áreas NATECH, enfatizar en estudios locales sobre riesgos químicos, construir gobernanza para favorecer la capacidad de respuesta institucional basados en liderazgo institucional y participación social.

PALABRAS CLAVES

Natech; Riesgo; Inundaciones; Derrame químico; Participación ciudadana; México

SOCIAL VULNERABILITY TO NATECH AREAS IN CHETUMAL, QUINTANA ROO, MEXICO

ABSTRACT

This paper identifies NATECH areas defined by the World Health Organization (WHO) as areas of potential chemical risk derived from a naturally occurring risk, such as flooding. In the city of Chetumal, Quintana Roo, Mexico, severe flooding with traces of gasoline in stormwater flows occurred in 2022 and 2024. Following these events, the population was vulnerable due to delayed flood response and recovery actions, exposing institutional limitations. This article aims to develop a vulnerability index for each type of risk—flood and chemical—to establish NATECH areas. The methodology is mixed triangular, exploratory, descriptive, and correlational. The results showed the need for investment in critical infrastructure, the construction of early warning systems, and shelters for both types of risk to reduce them, contribute to the mainstreaming of flood and chemical risk management, as well as the generation of national and local budgets for prevention and mitigation. The conclusion is drawn that there is a need to increase studies that define NATECH areas, emphasize local studies on chemical risks, and build governance to promote institutional response capacity based on institutional leadership and social participation.

KEYWORDS

Natech; Risk; Floods; Chemical spill; Citizen participation; Mexico

INTRODUCCIÓN

En México las inundaciones pluviales son concurrentes, tan solo en 2023 las declaratorias de emergencia en la Ciudad de México mencionan una afectación de 400 inmuebles, en Tabasco 982 familias damnificadas, en Acapulco y otros 46 municipios la llegada de Otis dejó más de 4 mil construcciones dañadas, mil 420 completamente destruidas, además de numerosos casos de personas perdidas, desaparecidas y heridas (DOF, 2023). Sin embargo, hay evidencias de que las inundaciones pueden desencadenar otros riesgos, como el derrame de químicos creando un desastre de amplias consecuencias.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) menciona que un evento natural puede desencadenar un accidente tecnológico, como la emisión de sustancias químicas, lo que se denomina un evento Natech, esto es un percance tecnológico desencadenado por un evento de origen natural, puede ser inundación, terremoto, ciclones o temperaturas elevadas. Dichos eventos producen impactos en el medio natural y en la salud de la población, así como costos elevados por pérdidas materiales, sobre todo, ambientales (UNISDR, 2018; OMS, 2019).

En los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2030 y el Marco de Sendai para la reducción del Riesgo de Desastres (RRD), se tiene la expectativa que los gobiernos de todo el mundo trabajen de forma independiente y colectiva para lograr el objetivo de RRD (UNDRR, 2023). Contribuir con la generación de información para construir comunidades resilientes ante amenazas de origen natural y antrópico también es parte del trabajo de la academia.

Este trabajo realiza una propuesta de índices de vulnerabilidad social ante inundaciones y ante riesgo químico por gaseras (distribuidoras de gas para uso doméstico) y gasolineras, identificando áreas NATECH en la cartografía, que pretenden incidir en la información que aporte a la toma de decisiones frente a la gestión del territorio y del riesgo de desastres.

La metodología consistió en un estudio mixto, transversal de tipo exploratorio, descriptivo y correlacional. Los resultados mostraron la necesidad de inversión en infraestructura crítica, construir sistemas de alerta temprana y refugios ante ambos tipos de riesgo a fin de reducirlos, contribuir a la transversalización de la gestión del riesgo ante inundación y químico, así como en la generación de presupuestos nacionales y locales para la prevención y mitigación. Se concluye la necesidad de incrementar estudios que definan áreas NATECH, enfatizar en estudios locales sobre riesgos químicos, construir gobernanza para favorecer la capacidad de respuesta institucional basados en liderazgo institucional y participación social.

ANTECEDENTES

La evidencia empírica en el mundo ha facilitado al panel del cambio climático (PCC) mencionar que existe una elevada probabilidad de que las situaciones de riesgo aumenten en las próximas décadas, principalmente en las ciudades costeras, debido al aumento en el nivel del mar y la modificación de fenómenos hidrometeorológicos que representen eventos extremos de lluvia. Es probable que la ocurrencia de inundaciones costeras resulte de la combinación de diversos factores, como viento, corrientes, erosión, precipitaciones, mareas de tormenta y, la forma en que las ciudades se extiendan y modifiquen los ecosistemas (Carneiro et al., 2023).

El Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) (2018) menciona que las condiciones meteorológicas extremas, principalmente, el incremento observado de frecuencia e intensidad en los ciclones tropicales aumentará la vulnerabilidad de las poblaciones costeras. Por su parte, la Organización Mundial de la Salud (OMS) un evento natural puede desencadenar un accidente tecnológico, como la emisión de sustancias químicas. Un evento denominado Natech es definido, como un percance tecnológico desencadenado por un evento de origen natural, puede ser inundación, terremoto, ciclones o temperaturas elevadas. Los eventos Natech producen impactos en el medio natural y en la salud de la población, así como costos elevados por pérdidas materiales, sobre todo, ambientales (UNISDR, 2018, OMS, 2019).

Es relevante que en áreas propensas a eventos naturales que desencadenan riesgos de desastres se desarrollen planes para incorporar la posibilidad de enfrentar desastres tecnológicos secundarios. Hasta ahora son mínimos los documentos internacionales que prevén la posibilidad de riesgos adicionales o concatenados, así como, la forma de gestionarlos (OMS, 2019).

Los desastres antrópicos, también denominados tecnológicos, son inducidos en su totalidad o predominantemente por actividades humanas, como la planificación urbana y del desarrollo económico (UNISDR, 2018), lo que debería preservar una visión y acción de ordenamiento territorial a mediano y largo plazo con miras a la adaptación y mitigación en el contexto del cambio climático. Así mismo, incrementar y diversificar la investigación sobre riesgos y vulnerabilidades para definir intervenciones y corresponsabilidad institucional (Aldana & Moreno, 2019).

Los desastres tecnológicos considerados en este trabajo se definen, como aquella liberación directa de líquido asociada comúnmente con la contaminación del suelo y las aguas subterráneas, así como la probabilidad de explosión que afectaría a un grupo de personas y un entorno territorial (Hilpert et al., 2015).

El agua de escorrentía que fluye sobre el pavimento, derivado de lluvias, también puede contaminarse con hidrocarburos derramados sobre el pavimento, dicho proceso se relaciona específicamente con las gasolineras. Si ocurre un derrame mientras hay escorrentía, se puede esperar que el hidrocarburo flote en la parte superior de la lámina de agua, porque la gasolina, el diésel y los lubricantes suelen ser menos densos que el agua. La volatilización disminuye los niveles de contaminantes en las aguas pluviales en cuestión de horas, las aguas pluviales significativamente contaminadas podrían liberarse a cuerpos de agua naturales si están cerca. Finalmente, el combustible derramado en gasolineras puede tener contacto con actividades humanas que faciliten la inflamabilidad y la explosión (Hilpert et al., 2015).

Ante estos eventos Natech es relevante contar con información sobre el nivel de exposición, actualizar continuamente datos sobre la infraestructura e instalaciones de sustancias químicas, oleoductos, gasoductos, vertederos, minas, entre otros. Así mismo, evaluar la vulnerabilidad de la población y el impacto en la salud, por lo tanto, el sector salud es parte de las capacidades de respuesta (OMS, 2019).

Ante la posibilidad de que sucedan eventos Natech en una ciudad, la definición de población vulnerable es necesaria, ya que permite explicar la exposición de la población a un agente o ambiente peligroso, la fragilidad o predisposición de la población, el tipo de protección o plan con el que se cuenta, ventajas y desventajas y la capacidad de respuesta (Aldana & Moreno, 2019).

Posterior al huracán Katrina y su paso por Estados Unidos, fue evidente encontrar literatura sobre el desastre de inundación y derrame de químicos de 66 plantas, almacenes y establecimientos con residuos tóxicos y combustible que afectaron a las familias y su salud generando un problema para la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos de América por la contaminación social y ambiental (Akuffo et al., 2019). Estos trabajos identifican la necesidad de mejorar la planificación urbana, el diseño de las instalaciones químicas y esforzarse por establecer condiciones favorables para la prevención y respuesta ante la ocurrencia de un riesgo concatenado (Velázquez & Almejo, 2017). En México, el estado de Veracruz es uno de los más afectados por este tipo de fenómenos conexos (Aldana & Moreno, 2019).

En Estados Unidos tras los huracanes Katrina y Rita, ambos del 2005, se desarrolló la oportunidad de incrementar estudios sobre la exposición y el potencial de daño de las sustancias químicas y su relación con impactos sociales a nivel de salud pública, así como de los impactos ambientales y, la exposición de riesgos acumulativos o concatenados (Fox et al., 2009). Sin embargo, aún a estas fechas, siguen siendo escasos los estudios de riesgos concatenados, principalmente, en su relación o correlación con la salud de las comunidades y la toma de decisiones.

En el mundo, el uso intensivo de productos del petróleo, como la gasolina, se consideran imprescindibles para actividades industriales y de transporte, por ello, la gasolina y su venta al por menor ha sido protagonistas de diversos estudios académicos (Light, 2004; Akuffo et al., 2019).

Las gasolineras requieren de medidas precautorias importantes en cuanto a su ubicación la que debe estar lejana a lugares de concentración demográfica, como escuelas, hospitales, centros comerciales complejos residenciales y áreas de elevada congestión de tráfico. De igual manera, es importante considerar que las estaciones de carga y descarga de combustible pueden ser focos de fugas que perjudiquen la salud y el medio ambiente, así como, el riesgo de que ocurra una explosión, incendio y derrame (Akuffo et al., 2019).

Las gaseras, establecimientos para abastecer gas para uso doméstico, son otro elemento urbano cuyas estaciones de servicio exigen cuidados y tratamiento específico, especial y con riesgos potenciales. Su ubicación, su volatilidad y un manejo inadecuado pueden generar accidentes y explosiones, el gas para uso doméstico es de naturaleza alifática y aromática, cuyas emisiones pueden provocar contaminación ambiental, efectos en la salud por complicaciones cardiovasculares y respiratorias, así como cáncer (Amorin et al., 2023).

Un problema mundial con los lugares de abastecimiento al por menor de gasolina y gas para consumo doméstico es que su ubicación debe estar en lugares de fácil acceso, en avenidas amplias para el acceso de autos de diversas dimensiones que son utilizados para abastecer los líquidos y gases, solo que, existe una oferta indiscriminada en las ciudades, a veces sin considerar las características geográficas del lugar (Light, 2004; Akuffo et al., 2019).

Para otros estudios similares (Fox et al., 2009), se demostró que los flujos pluviales no solo contenían sedimentos de distintos químicos derramados, sino que existían otros sedimentos que afectaban la salud de la población por toxinas con efectos en enfermedades cardiovasculares, gastrointestinales, renales, hepáticas, neurológicas, cáncer y en la sangre. Esta información es valiosa para la prevención, atención y mitigación de los riesgos por inundación y derrames químicos, así como para considerar programas de prevención y atención en la salud que irán más allá de lo que comúnmente ya se tiene registrado.

Existen escasos trabajos como el de Monti (2016) que se centra en la identificación de cadenas de relación causal entre factores naturales, sociales, económicos y tecnológicos que, de manera individual o concatenadamente, contribuyen a la construcción de la peligrosidad del sitio o de toda una ciudad. La vulnerabilidad está en función del contexto de peligro, así como las capacidades sociales e institucionales de gestionarlos, donde influyen aspectos culturales, sociodemográficos, económicos y políticos.

Para definir la vulnerabilidad social se han utilizado distintos componentes, sin embargo, es imperante recordar que existen numerosos esquemas de gobernanza, lo que puede ser un condicionante significativo. Se identifica que las formas de gobernanza presentan una agenda de intereses, escasamente comunes, entre gobernantes y gobernados, lejos de intereses económicos que soslayan las necesidades reales de la población, así como una falta de diálogo, acuerdos y corresponsabilidades ante el riesgo percibido por la comunidad y la respuesta de las autoridades (Left, 2011; Ostrom, 2014).

La vulnerabilidad social puede entenderse como el grado de exposición a uno o más peligros derivados de fenómenos de origen natural y la habilidad de la población y sus instituciones para estar preparados y recuperarse de un impacto negativo (Kaluvarachchi, 2013).

La vulnerabilidad se refiere a las "características de una persona o grupo, su situación y su capacidad de anticipar, lidiar, resistir y recuperarse del impacto de una amenaza" (Wisner et al., 2004:11). Estas capacidades se relacionan directamente con procesos económicos, demográficos y políticos que suceden en un territorio definido y es más evidente en los grupos sociales en situaciones de desigualdad profunda o precariedad. Hay que recordar que el territorio puede presentar una condición propia al riesgo por su entorno natural sumando su construcción social (Blaikie et al., 1996).

Se torna imprescindible continuar generando trabajos analizando los factores para definir la vulnerabilidad social, máxime, producir información que facilite a los tomadores de decisión entender la vulnerabilidad de los grupos y, cómo ellos pueden aportar a disminuirla ante las crisis climáticas y antrópicas.

Grupos vulnerables

La exposición anual de niños frente a los desastres de origen natural es elevada, así como las consecuencias mentales que se han documentado escasamente, prevaleciendo estrés postraumático, trastorno de estrés postraumático, depresión y otros problemas de salud mental (Dyregrov et al., 2018).

Estudios mencionan la necesidad de trabajar con niños y adolescentes para enfrentar los diversos riesgos que les amenazan, si bien, se reconoce en investigaciones que la preparación es indistinta al momento de enfrentar la amenaza. Para las personas más jóvenes se torna

imprescindible que los padres participen en maximizar las posibilidades de supervivencia ante el riesgo o el desastre (Midtbust et al., 2018).

A pesar de que existe escasa literatura sobre niños y desastres de origen natural se han comprobado que los niños pueden ser partícipes en la gestión del riesgo para mejorar su forma de enfrentar el desastre (Krishna et al., 2018; Pfefferbaum et al., 2018) y, que la capacidad de respuesta institucional, como apoyos disponibles, acciones de exclusión pueden contribuir a disminuir la interacción social de los más jóvenes (Lai et al., 2018).

Las investigaciones recientes destacan la necesidad de conocer cómo las personas mayores enfrentan y se preparan ante los desastres siconnaturales y los retos del cambio climático (Carter et al., 2016). Algunos estudios demostraron que, este grupo etario puede presentar enfermedades, limitaciones físicas, exclusión social y dificultades para acceder a servicios sociales y médicos (Chávez & Sánchez, 2016).

Su experiencia puede representar un factor favorable ante la protección comparado con grupos más jóvenes, ya que reconocen los eventos, las respuestas y su reacción psicológica les permite experimentar menos angustia emocional post desastres (Haq & Gutman, 2014; Brockie & Miller, 2017).

En cuanto a las personas con discapacidad frente al riesgo de desastre, la literatura enmarca la enorme reducción inclusiva en la vida cotidiana y, en mayor medida en los apoyos para enfrentar el riesgo. Algunos estudios destacan que las mujeres con discapacidad son afectadas de forma desproporcionada por los desastres (Gartrell et al., 2020).

Este grupo de personas deben enfrentarse, además, a su segregación durante la gestión del riesgo ya que sus condiciones inherentes, como sus condiciones físicas y mentales, la edad, el nivel de alfabetización, sus habilidades, su contexto social como acceso a infraestructura, las normas sociales y las políticas, son factores que influyen en cómo se visualizan para enfrentar el riesgo de desastres (Ton et al., 2018).

Hasta ahora, es evidente que en la ciudad tras cada evento de emergencia se perpetúan prácticas de desalojo y tratamiento en albergues que, incrementa la vulnerabilidad de los grupos mencionados. Se observa en los medios de comunicación que, las personas mayores con niños o discapacitados se han quedado en casa tras ser abandonados por vecinos y/o PCM.

Capacidad de respuesta institucional

Desde la mirada de Douglas (1996) y Luhmann (2007), la teoría de riesgo explica que la vulnerabilidad de la sociedad es una resultante de conocer causa-efecto del conjunto de procesos económicos, demográficos, políticos y sociales, por lo anterior, se torna relevante realizar este trabajo para la ciudad de Chetumal, Quintana Roo, considerando que existe un contexto institucional y cultural que contribuye a la construcción social del riesgo.

Existe una respuesta institucional que genera aún más vulnerabilidad entre la población afectada por riesgos de desastre, como las inundaciones, ya que la capacidad de agencia puede ser el inicio de una nueva etapa de peligrosidad. La inversión enfocada en una sola área urbana generando nuevas problemáticas en otros lugares de la ciudad que no se inundaban, la misma forma en que los funcionarios públicos tomen decisiones o actúen y su ética permeé ante la emergencia puede influir en la percepción del riesgo en la comunidad (Wolf et al., 2010).

En la literatura se equipara la capacidad de adaptación con las estrategias de afrontamiento, donde la población realiza ajustes en respuesta a los estímulos climáticos reales y sus efectos, lo que contribuye a moderar el daño, entrelazándose con la intensificación y frecuencia de los peligros naturales, las condiciones estructurales y los recursos colectivos (Watson, 2003; Burton et al., 2016; Arnberger et al., 2017).

Otros autores mencionan que las condiciones de una ciudad con respecto a su riesgo ambiental, por ubicación o condición geográfica, condiciones de habitabilidad y cobertura de servicios básicos son imperantes para definir su vulnerabilidad en términos urbanos. Lo más importante es el acceso a servicios básicos, como drenaje, agua potable, energía eléctrica, espacios públicos con áreas verdes y arboladas, la densidad urbana y la infraestructura que permita el desarrollo de actividades productivas (Ochoa & Guzmán, 2019).

Ante la necesidad de transformar la forma en que se gestiona la RRD se requiere impulsar acciones que mejoren la gobernanza en la gestión del riesgo de desastres, favoreciendo la coherencia entre políticas nacionales y locales. El objetivo principal es contribuir a la reducción de la pobreza que se genera por las innumerables pérdidas materiales y los esquemas de apoyo a la población afectada, que lejos de disminuir su exposición al riesgo solo representan medidas paliativas innecesarias (Dorasamy et al, 2013; Oldham & Astbury, 2018).

En México, para algunos autores como Vázquez y colegas (2017) los desastres derivados de fenómenos de origen natural, sus efectos en la población y en las ciudades son temas centrales en la agenda de las políticas de cambio climático, programas de protección civil y estrategias de resiliencia. Sin embargo, de acuerdo con otros autores, en algunas ciudades mexicanas se observa que, el territorio urbano desarrolla un nuevo proceso llamado gobernanza del riesgo, donde está implícito el proceso dinámico de las urbes, las sobrecargas al territorio, la falta de planificación y las decisiones unilaterales que generan consecuencias negativas a la población, como enfrentarse a los riesgos de desastres con respuestas limitadas de las instancias públicas locales y estatales (Alfie & Castillo, 2016).

Ante las reducidas respuestas institucionales en América Latina y el Caribe, se encuentran ejemplos sobre el uso y confianza que genera el uso de las redes sociales, por parte de la población para construir gobernanza interactiva donde se involucra la sociedad de forma protagónica para impulsar la voluntad política ante los distintos tipos de amenazas, esto involucra la participación de distintos grupos sociales, genera una nueva forma de percepción social del riesgo que van contribuyendo a disminuir la vulnerabilidad social (Mayo, 2019).

Las reducidas respuestas institucionales, el uso de las redes sociales, como Facebook amplía el sentido de comunidad, de intercambio de ideas, se convierte en un recurso de comunicación e interacción entre la población (Marín & Leal, 2022), en este caso, ha sido útil para la población en situaciones de emergencia, como inundaciones, explosiones, pandemias, olas de calor, entre otros (Wolf et al., 2010).

Los diversos procesos multidimensionales y multifactoriales que se asocian para establecer condiciones vulnerables que se modifican con el tiempo (Jacobo et al., 2018) deben ser considerados en un proceso histórico de construcción de datos para monitorear y gestionar el territorio y los posibles riesgos que en ellos sucedan. Identificar dichos procesos y la forma en que se podrían modificar a fin de disminuir la vulnerabilidad social es parte del objetivo de este trabajo.

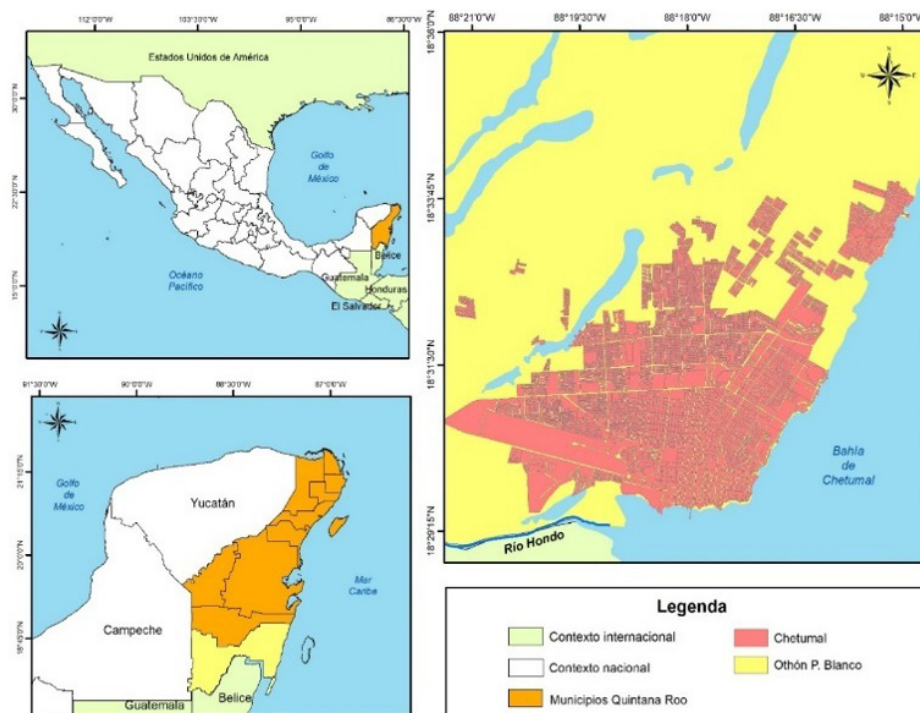


Figura 1. Ubicación geográfica de la ciudad de Chetumal, Quintana Roo, México
Fuente: Autores, 2026, en base a INEGI (2021).

Área de estudio

El presente trabajo se realizó en la ciudad de Chetumal, Quintana Roo, al sureste de México y su frontera con Belice. Chetumal, se considera una ciudad mediana según INEGI (2021), con una población de 233 mil 648 habitantes, su expansión se presenta basada en planes de desarrollo urbano desactualizados, atlas de riesgo del 2011, con decisiones de ampliación basadas en una élite política y gobernante originaria de Quintana Roo y enfocada a aspectos turísticos (Camal, 2012). Es una ciudad fronteriza con Belice.

Todos los años se presenta la temporada de huracanes de mayo a noviembre. Así que la población está expuesta a lluvias de distinta magnitud. Desde 1956 la ciudad no ha presentado el impacto directo de un huracán. Sólo la presencia de distintos fenómenos hidrometeorológicos que traen flujos pluviales.

Históricamente, las lluvias que han ocasionado daños severos fueron en 1998 por el paso del huracán Mitch, 2005 por el paso del huracán Emily, 2007 por el huracán Dean, 2010 por el huracán Karl, 2012 por el huracán Ernesto y, el 2015 por la tormenta tropical Marty (Camacho et al., 2022). Sin embargo, son en 2022 y 2024 por lluvias de temporada que, la ciudad de inunda en más del 60% con tirantes mínimos y máximos de inundación de 0.40 a 2.10 metros con percepción de gasolina en los flujos pluviales.

Un aspecto relevante de la ciudad es que, los tomadores de decisión han enfocado el presupuesto anual a objetivos turísticos, donde las necesidades prioritarias de la población, como, el drenaje sanitario y pluvial, quedan en términos secundarios. Estas deficiencias exponen la capacidad de respuesta de las instancias que gestionan el riesgo y aumentan la vulnerabilidad social de las personas ya que los flujos pluviales se mezclan con aguas negras (Martínez, Travieso & Frausto, 2018).

Otro factor relevante para el presente trabajo es el tipo de suelo que soporta a la ciudad, el cual es, predominantemente, roca caliza, una alta y rápida infiltración, formación de depresiones cerradas y un sistema de agua subterránea poco profundo, en algunos lugares de un metro de profundidad (Fragoso & Pereira, 2018, p. 36). Este factor lleva a considerar la necesidad de estudiar las consecuencias de un reblandecimiento del suelo por inundación que exponga la fragilidad en las gasolineras o gaseras, provocando el peligro de derrame o explosión.

METODOLOGÍA

La metodología es mixta y triangular de tipo exploratorio, descriptivo y correlacional. En la parte cuantitativa se utilizaron las bases de datos sociodemográficas oficiales del XVI Censo General de Población y Vivienda del 2020 realizado por el Instituto Nacional de Geografía, Estadística y Geografía (INEGI, 2021) de México a nivel de manzana de la ciudad de Chetumal, Quintana Roo.

En lo cualitativo se realizaron entrevistas a profundidad con un grupo de personas (Tabla 1), para conocer la percepción de la población y la respuesta institucional frente al riesgo de desastre por inundaciones y químicos. Este grupo estuvo integrado por personas que habitan áreas inundables, funcionarios municipales y miembros del ejército mexicano que tienen atribuciones frente al riesgo por inundación y por químicos, así como académicos enfocados a investigar sobre estos temas.

Nº	Tipo de experto	Género	Profesión
1	Funcionario protección civil 1 (FPC 1)	Hombre	Ingeniero
2	Funcionario protección civil 2 (FPC 2)	Hombre	Licenciado en Administración
3	Miembro del ejército nacional (MEN)	Hombre	Soldado
4	Miembro de la Marina nacional (MMN)	Hombre	Sargento
5	Académico 1 (A1)	Hombre	Doctor en ciencias ambientales
6	Académico 2 (A2)	Mujer	Doctora en asuntos urbanos
7	Población afectada 1 (PA1)	Mujer	Abogada
8	Población afectada 2 (PA2)	Mujer	Ama de casa jubilada
9	Población afectada 3 (PA3)	Hombre	Arquitecto

Tabla 1. Perfil de expertos

Fuente: Autores, 2026, con base en trabajo de campo de julio a agosto del 2024.

Nota: Por un principio de confidencialidad se omiten los nombres de los participantes su identificación en el texto estará bajo los acrónimos entre paréntesis

Se define la vulnerabilidad social específica por evento, a) inundación y b) derrame químico (explosión de gasera y/o gasolinera), a nivel de manzana, permitiendo la identificación de áreas NATECH.

La importancia del análisis a nivel manzana es la posibilidad de acceso a información detallada para identificar contextos, información detallada, conocer de cerca a la población vulnerable y definir con mayor precisión los perfiles demográficos de los más afectados. En términos de una ciudad con escaso personal en Protección Civil Municipal (PCM) esta escala de detalle facilita orientar esfuerzos hacia zonas más vulnerables.

En cuanto a la construcción de los índices de vulnerabilidad social se consideró el discurso obtenido de las entrevistas a profundidad, donde se mencionó aquellos más frágiles ante los riesgos sucedidos, así como factores que contribuyen con la población para acceder a apoyo institucional y, lo necesario para el proceso de recuperación post-desastre (Tabla 2).

Algunos factores son similares, sin embargo, se consideró calcularlos por separado a fin de observar cómo se comportan los resultados y para mostrar los dos índices cartografiados, para la toma de decisión se podrán usar por separado.

Factores	Características	Jerarquía dentro del índice de riesgo por inundaciones	Jerarquía dentro del índice de riesgo químico
Tipo de área de inundación	Prioritaria y No prioritaria. Con respecto a la atención por parte de las autoridades municipales. En este caso todas las manzanas consideradas son prioritarias.	1	No es necesaria
Población total	Mayor número de afectados. Es importante considerar la cantidad de personas que deberán ser evacuadas.	No aplica	1
% Niños 0 a 14 años	Personas que requieren total apoyo para la toma de decisión. De acuerdo con personal de apoyo para evacuación (Plan DN III) son personas que presentan mayor dificultad para movilizarse de manera independiente, ya que desean permanecer con sus padres o familiares. No se les permiten ir solos y, de acuerdo con la literatura presentan elevadas tasas de afectación psicológica.	2	2
% Personas mayores a 60 años	Pueden padecer dependencia física o mental. Generalmente requieren apoyo físico para movilizarse y evacuar la vivienda o lugar de trabajo.	3	3
% Personas con discapacidad	Tener una persona con discapacidad en la vivienda aumenta la presión sobre la familia para movilizar y poner a salvo a este integrante. Además, escasamente se cuentan con las condiciones y la preparación técnica o profesional para apoyar a este tipo de personas.	4	4
% Viviendas con agua potable	La mayoría de las inundaciones conducen aguas contaminadas. Después del desastre se requiere limpieza en la vivienda.	5	No aplica
% Viviendas con drenaje	En la mayoría de las ciudades de Quintana Roo existen viviendas que no están conectadas a drenaje. Las letrinas se saturan. Se ha observado que hay personas que abren las tapas de la red para asegurar que el agua se vaya más rápido, sin embargo, solo sucede que saturan las redes. Se inundan de aguas negras.	6	No aplica
% Viviendas con energía eléctrica	Contar con energía eléctrica permite conectividad con los medios de comunicación, así como el uso de refrigeradores y ventiladores, ya que el clima juega un papel importante en la deshidratación y composición del agua para beber y alimentos. Por la noche se requiere para iluminar la calle y las viviendas, sobre todo, para utilizar ventiladores y luminarias para limpieza y seguridad de los afectados.	7	No aplica
% Viviendas con celular	A través del celular las personas lograron obtener apoyo de las autoridades ante la saturación de los números de emergencia.	8	5
% Viviendas con Internet	Es una herramienta de conectividad para mantener a la familia en contacto, así como con las autoridades.	9	6
% Viviendas con tener auto propio	Permite a las familias moverse rápidamente del lugar si existe un aviso previo.	10	7

Tabla 2. Factores considerados para el índice de vulnerabilidad social ante riesgo por inundaciones
Fuente: Autores, 2025, con base en entrevistas a profundidad con personajes de la Tabla 1.

El índice se realizó con un análisis de multicriterio basado en componentes principales, para revisar la correlación y nivel de explicación de los factores seleccionados. Para respetar la jerarquía de los consultados para los factores se trató con prioridad inversa y normalizada. Por último, los indicadores se normalizaron. Esto los convierte a rango estandarizado, entre 0 y 1, se usó la fórmula de normalización min-max (Escobar & Moreno, 1997):

Ecuación 1

Distancia normalizada para calcular el índice de vulnerabilidad social

$$\text{Distancia Normalizada} = \frac{\text{Distancia Actual} - \text{Distancia Mínima}}{\text{Distancia Máxima} - \text{Distancia Mínima}}$$

Los rangos del índice de vulnerabilidad social ante cada riesgo se presentaron de la siguiente manera:

Índice de riesgo químico	
Rango cualitativo	Rango cuantitativo
Muy Alto	0.80 a 1.00
Alto	0.60 a 0.79
Medio	0.40 a 0.59
Bajo	0.20 a 0.39
Muy Bajo	0.00 a 0.19

Índice de riesgo por inundación	
Rango cualitativo	Rango cuantitativo
Muy alto	0.75 a 1.00
Alto	0.50 a 0.74
Medio	0.25 a 0.49
Bajo	0.00 a 0.24

Tabla 3. Rangos por índice
Fuente: Autores, 2026.

Han sido los mismos resultados los que condujeron a dimensionar los rangos en cuatro y cinco opciones. En ambos casos los índices van de 0 a 1.

Los indicadores de gobernanza que pudieron estar inmersos en los índices se trataron como información cualitativa. En primer lugar, debido a que las escalas son distintas, se evitó mezclar factores de fuentes secundarias (INEGI, 2021), con datos proporcionados en entrevistas cualitativas que son aplicados a nivel ciudad y estatal. En segundo lugar, es mejor abrir la línea de debate sobre el discurso ofrecido por las mismas autoridades municipales para analizar y realizar propuestas sobre la gobernanza desde el punto de vista de los que toman las decisiones.

En la cartografía se identifican:

- Los puntos o áreas críticas de inundación y sus manzanas aledañas. Esta información fue obtenida de PCM y fue validada en campo por el equipo de trabajo. Estos sitios son relevantes, son áreas de continua inundación y afectación para las familias que habitan en sus entornos, de ahí la selección de manzanas.

La selección de los eventos de inundación del 2022 y 2024 se debe a que han sido los primeros sucesos desastrosos que han dejado marca en la ciudad, no derivaron de huracán o lluvias atípicas y el olor a gasolina en los flujos pluviales, lo que significa replantear la forma en que se gestiona el riesgo actualmente en la ciudad, la magnitud no severa de dos eventos hidrometeorológicos que expusieron distintas limitaciones institucionales ante la gestión del riesgo. Tan solo en junio del 2024, 120 de 147 colonias en toda la ciudad de Chetumal resultaron afectadas.

- b. Gaseras y gasolineras, sus buffer o radio de daño (500 metros de radio). Los búferes de 500 metros en cada gasera y gasolinera fueron establecidos por PCM basados en los cálculos sobre radiación térmica recibida por las personas que depende desde el origen de la explosión y del poder emisor de la superficie de Fireball (Roberts, 1981; Bariha et al., 2016; Morales & Alcántara, 2022). Es sabido que el nivel de afectación es distinto dentro del radio de afectación, la oportunidad de intercambio con funcionarios de PCM dio pauta de realizar el índice y cartografiar datos para que, en un futuro sirvan en la toma de decisión de la instancia municipal.

Una limitación de este trabajo es la carencia de este tipo de cálculos a nivel local. En el atlas de riesgo del 2011 es inexistente un apartado de análisis sobre riegos por químicos. Solo existe un mapa que indica la distribución de las gaseras en ese año. Mismas que a la fecha se han duplicado.

Es necesario, que se considere a futuro el cálculo de estos niveles de afectación considerando la distancia, clima, humedad, vientos dominantes, tipos de construcción, materiales de construcción, que la mayoría de la ciudad tiene un nivel o máximo dos de construcción, entre otros factores. Esta limitación se resume a la falta de un atlas de riesgo actualizado y, que cumpla con la normativa federal.

- c. Las áreas NATECH se identifican con la cercanía de un área de inundación prioritaria a una gasera o gasolinera y, se relacionan los datos proporcionados con anterioridad sobre inundación y ubicación de gaseras y gasolineras.

RESULTADOS

La revisión de la normatividad sobre las gaseras y gasolineras establece las reglas para construir y dar mantenimiento continuo para su funcionamiento. Han sido funcionarios de PCM quienes mencionan que la permisividad del área municipal que brindó licencias de construcción es quien omitió considerar la mezcla de usos de suelo y la distancia entre ellas.

“Es la autoridad municipal quien ha permitido la construcción y ubicación sin respetar la distancia entre ellas y la cercanía a distintos lugares que exponen fuertemente a la población, por ejemplo, escuelas, centros comerciales, áreas residenciales de elevada densidad. Sin olvidar que hay dos gaseras que están enfrente de dos gasolineras y en áreas de inundación. Debo reconocer que ni siquiera hay SAT para cuando haya peligro por un derrame o explosión en las gasolineras” (FPC 2. comunicación personal, 22 de julio del 2024).

En las Figuras 3 y 4 se puede observar la ubicación de las gaseras y gasolineras en la ciudad de Chetumal, siendo evidente la necesidad de replantear la ubicación de las siguientes estaciones de carga, sobre todo, pensar en elementos de gestión del riesgo que son inexistentes actualmente, la falta de SAT no solo ante riesgo químico, como menciona el funcionario de PCM, sino ante inundaciones, la ausencia de un atlas de riesgo basado en normativa federal, actualizado y ligado a los planes de desarrollo urbano.

Una de las preocupaciones más apremiantes para la población y las autoridades es la falta de SAT ante peligro de inundación y químico por explosión de gaseras y/o gasolineras. El 17 de junio del 2024, tras las cuatro horas continuas de lluvia, la población comenzó a comunicar en las redes sociales, como Facebook, que había restos y olor a gasolina en el flujo pluvial, que se tenía miedo por una posible segunda emergencia.

Los medios de comunicación expusieron que el 22 de junio del 2024, tras la severa inundación, se evacuaron familias, en un radio de 500 metros, ya que una pipa que contenía gasolina se volcó en la principal avenida de ingreso y salida de la ciudad. En ese momento, PCM, policía, bomberos, Marina y Soldados de la Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA) se encontraron buscando opciones para comunicar a la población que era necesario evacuar las viviendas en el radio de 500 metros (Hernández, 2024).

Tras las recientes inundaciones en la ciudad de Chetumal en 2022 y 2024, existen datos expuestos por la ciudadanía en las entrevistas realizadas y en las redes sociales, como Facebook donde se menciona la presencia de gasolina en los flujos pluviales, lo que se considera como áreas NATECH (ver Figura 2).

Ya van varias veces que se acumula el agua y trae olor a gasolina, obviamente, nos da miedo, porque aquí a dos cuadas está la gasolinera y vaya a pasar algo más grave (PA 3. comunicación personal, 24 de julio del 2024).



Figura 2. Gasolina en el flujo pluvial. Inundación del 2024
Fuente: Reforma (2024).

Factores	Razones de exclusión a los índices de vulnerabilidad social
Materiales de la vivienda y valor de la vivienda	<p>El atlas de riesgo no incluye el análisis de peligrosidad por gaseras o gasolineras, omitiendo exámenes o pruebas de los materiales de construcción locales frente a una explosión por gasera o gasolinera.</p> <p>No existen barreras o infraestructura cuyo objetivo sea minimizar el impacto ante una explosión.</p>
Normatividad	<p>Se elimina por ser obsoleta. El atlas de riesgo más reciente es del año 2011. Dicho documento no cuenta con un radio específico de afectación por explosión en gaseras o gasolineras.</p> <p>El reglamento de construcción o licencias de usos de suelo omiten estudios de estructuras. No se consulta a PCM para otorgar permisos o licencias de construcción y usos de suelo.</p> <p>A nivel de municipio se han omitido los ordenamientos o normativas sobre ubicación de gaseras y gasolineras y, se siguen otorgando permisos.</p> <p>Los planes y programas de planificación urbana no consideran un apartado de riesgos y desastres. Están desligados a un atlas de riesgo y la visión es de orden estatal, lo que respalda la permisividad de la expansión urbana a pesar de la geología de la región (kárstica).</p>
Factor económico	<p>Tras observar la cartografía el nivel de exposición de la población es similar. Los censos de población omitieron cuestionar sobre el ingreso de las familias, ningún otro órgano Estatal recaba esa información.</p> <p>En las dos últimas inundaciones severas en Chetumal, Quintana Roo, se documentó la afectación en áreas residenciales, comercios y servicios que, hasta ahora, mencionan tener deudas por los créditos para la reconstrucción.</p> <p>Uno de los grupos más afectados y con mayor énfasis en las denuncias al gobierno estatal y local, por las inundaciones, fueron los empresarios, ya que hubo numerosas afectaciones y cierre de negocios ante la falta de apoyo económico.</p> <p>Se reconoce en áreas residenciales y unidades habitacionales que, ante las inundaciones, las viviendas y negocios pierden valor ante las aseguradoras.</p>

Continúa en la siguiente página

Continuación

Factores	Razones de exclusión a los índices de vulnerabilidad social
Apoyos económicos institucionales	<p>Algunos de programas federales, estatales y locales que existían para financiar infraestructura crítica ante inundaciones, se han eliminado del presupuesto federal.</p> <p>Actualmente, en la ciudad son inexistentes presupuestos destinados para prevención de riesgos (ante cualquier riesgo).</p> <p>Las inversiones en infraestructura crítica pluvial solo se presentan de forma sectorial, en atención a puntos que, el gobierno estatal o local consideren críticos. Sin embargo, sólo son tramos de un kilómetro o la ubicación de pozos de absorción, sin existir una propuesta integral.</p>
Sistemas de Alerta Temprana (SAT)	<p>No existen SAT ante inundaciones ni ante peligro de explosión por una gasera o gasolinera.</p> <p>PCM menciona que se han utilizado las redes sociales para comunicar a la población de acceso inmediato y, a veces altavoces con miembros del ejército militar. Sin embargo, es necesario implementar SAT y, una mayor coordinación entre protección civil estatal y municipal.</p>
Infraestructura pluvial	<p>Se eliminó por la falta de una inversión continua y, que signifique mejora, mantenimiento y ampliación.</p> <p>Hasta ahora, sólo existe presupuesto para su limpieza, posterior a las inundaciones. La mayoría de la limpieza la gestiona la población de manera colectiva y cotidiana.</p> <p>Cuando existen inundaciones severas se establece, sin pautas claras y contundentes, áreas críticas de atención, según protección civil estatal y municipal, y son estos sitios los seleccionados para recibir unos metros de tubería de mayor diámetro o uno o dos pozos de absorción.</p> <p>Es inexistente inversión estatal o local enfocada a una mejora de forma integral.</p>

Tabla 4. Factores excluidos del índice de Vulnerabilidad Social
Fuente: Autores, 2026, basada en entrevistas a población afectada y funcionarios municipales.
Nota. Los autores realizaron una revisión exhaustiva de los documentos de planificación urbana, atlas de riesgo, normativas y legislación actual y vigente.

Como se mencionó anteriormente, los factores de gobernanza fueron excluidos del índice de vulnerabilidad social debido a los hallazgos sobre la legislación, normativa y recursos humanos y materiales con que se cuenta en la ciudad, que permiten dar respuesta institucional. Su tratamiento es más de tipo cualitativo utilizando el discurso de los entrevistados.



Figura 3. Índice de vulnerabilidad por riesgo de explosión de gaseras
Fuente: Autores, 2026, con base en INEGI (2021).

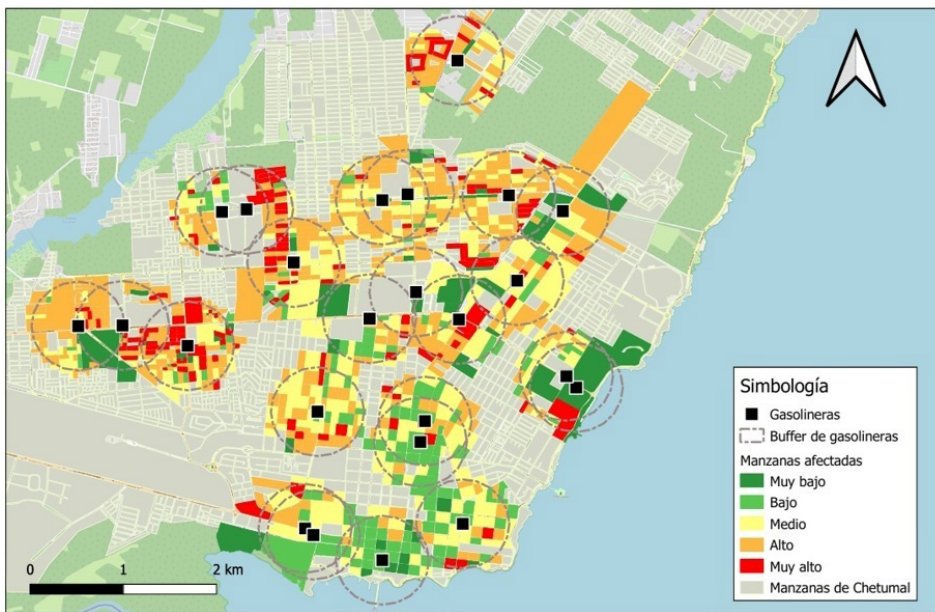


Figura 4. Índice de vulnerabilidad por riesgo de derrame o explosión de gasolinera
Fuente: Autores, 2026, con base en INEGI (2021).

Como ya se había mencionado, las Figuras 3 y 4 evidencian la aglomeración de las gaseras y gasolineras. Su distribución a lo largo de las avenidas principales de entrada y salida de la ciudad en caso de un desastre por explosión de una gasera o gasolinera, la cercanía entre ellas puede provocar una reacción en cadena y la dificultad de acceder a apoyos institucionales, afectación de las rutas de evacuación y la movilidad de las personas en la ciudad, así como el apoyo que puede llegar de otras localidades.

En cuanto a las gaseras, su construcción está basada y validada según la normativa federal y municipal (NOM-008-ASEA-2019; NOM-EM-001-ASEA-2015; NOM-006-ASEA-2017; NOM-005-SCFI-2017). Las gasolineras se basan en la Norma Oficial Mexicana NOM-005-ASEA-201. En cuanto a la normativa para su construcción y mantenimiento, funcionarios de PCM, mencionaron que están dentro de lo sugerido por las NOM, sin embargo, que el municipio permita una distribución cercana en la ciudad y, aún más, que exista una gasera enfrente de una gasolinera, son factores de elevada peligrosidad.

Los funcionarios y, la misma distribución en la ciudad, hacen patente la necesidad de repensar y hacer una exposición crítica de la permisividad municipal debido a que, existe una cercanía entre ambos tipos de centros de abastecimiento, así como su cercanía con áreas residenciales, centros educativos, centros comerciales y otros tipos de usos de suelo urbano donde existe concentración demográfica que, expone potencialmente a la población en caso de una emergencia.

La ubicación y la traza urbana generan expectativas de desconfianza y perturbación a la comunidad, ya que, ante las inundaciones, se ha visualizado que el flujo pluvial y las inundaciones que más tardan en bajar su tirante máximo, o conducen restos de gasolina, que hasta ahora se desconoce si proviene de una gasolinera o de los autos que se han quedado varados en los aluviones, o están ubicadas en los centros de abastecimiento de las gaseras donde el pavimento presenta múltiples fracturas y cavernas debido al suelo kárstico.

Ante el tema de inundación es pertinente la identificación y validación de cada evento para lograr datos históricos que aporten a estudios posteriores, con mayor nivel de definición en cuanto a presencia de población vulnerable y tipo de daños ocasionados por el riesgo de desastre a inundación.

Aún hace falta inversión para contar con recursos humanos y materiales que permitan dar respuesta a la población en caso de riesgo por inundación. Hasta ahora, se van a adquirir computadoras y equipos para generar datos y cartografía que nos permita tomar decisiones (FPC 1. comunicación personal, 22 de julio del 2024).

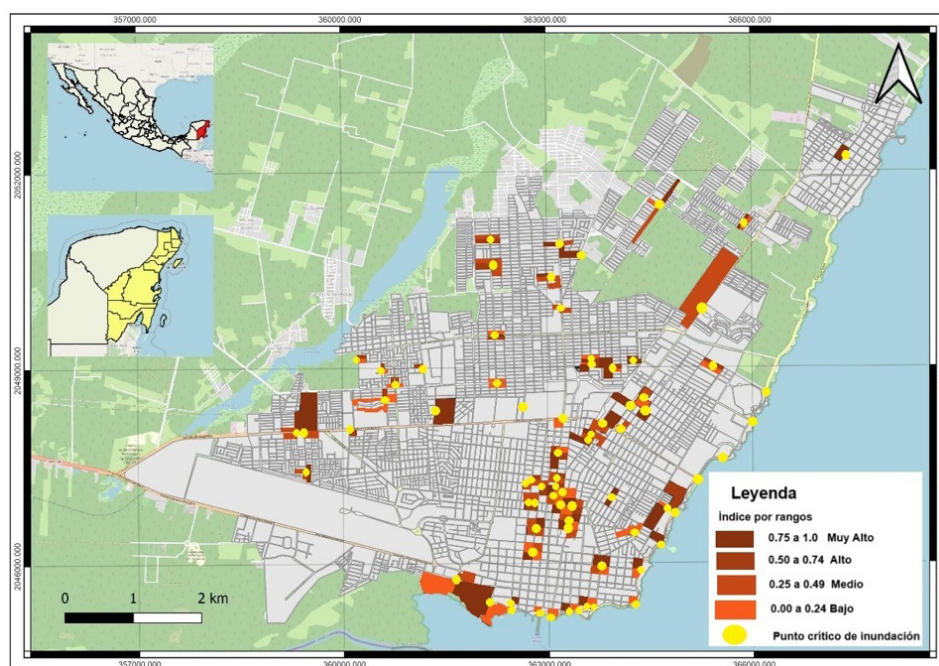


Figura 5. Índice de vulnerabilidad por riesgo de inundación

Fuente: Autores, 2026, con base en INEGI (2021).

Quedaron excluidas variables, como los materiales de la vivienda, en primer lugar, porque no existen estudios sobre la resistencia de materiales en la región, además, porque los entrevistados han manifestado que, a pesar de adquirir las viviendas de fraccionadoras y empresas formales, la ubicación es en áreas riesgosas lo que desestima su valor ante aseguradoras y otros compradores independientes.

Yo quise cobrar en el 2022 mi seguro, porque todavía estoy pagando la casa, pero se tardaron en darme el dictamen y de cualquier forma no me dieron nada. Mire ahora la calle, varios vecinos se han ido, abandonaron la casa y los que la ponen en renta, les dura muy poco, a la primera inundación los inquilinos se van. Las inundaciones hacen que se devalúe mi casa, mi patrimonio (PA 2. comunicación personal, 30 de julio del 2024).

Estas situaciones reducen la capacidad de respuesta de la población, limitando sus opciones económicas para afrontar las pérdidas ante el riesgo de desastre ocurrido. Incluso, en el momento de validar la información en áreas de inundación, fue indiscutible la presencia de viviendas con letreros de “Se renta”, “Se vende”, “Se traspasa”, algunos vecinos comentaban que existían viviendas deshabitadas desde el 2022, por las inundaciones y la falta de respuesta del municipio en turno.

El principal problema parece ser la inversión presupuestaria para contar con infraestructura crítica, normativas actualizadas, recursos humanos y materiales para que, las instancias municipales ofrezcan mejores opciones de respuesta a la población. Aquellos que habitan barrios propensos a inundación expresan una necesidad prioritaria de invertir en infraestructura y, eliminar las respuestas de tipo clientelar.

Después de las inundaciones vienen a darte una cama o una estufa, pero eso no soluciona mi problema, por qué no invierten en poner el drenaje bien, que ya no me inunde. Han pasado varios municipios y gobernadores y, se sigue inundando la ciudad. Me da miedo ver que empieza la lluvia porque sé que me puedo inundar (PA 2. comunicación personal, 30 de julio del 2024).

La población expuso en la entrevista que existen otros riesgos concatenados debido a la falta de conexión al drenaje por algunos vecinos, así como por la mezcla de aguas pluviales con aguas negras generado por el desbordamiento de la infraestructura.

¡Yo sé de vecinos que no tienen drenaje, tienen letrina y cada que nos inundamos es una peste! Perdemos todo, no solo se mojan los muebles y los aparatos, sino que, nos ensuciamos con aguas negras. Eso a la larga nos va a traer enfermedades del estómago y en la piel (PA 1. comunicación personal, 13 de agosto del 2024).

La forma en que se construye el riesgo por parte de la población es preocupante ya que sumado con las limitaciones institucionales la situación se agrava. Algunos vecinos identifican que la población abre las coladeras del drenaje sanitario lo que satura la infraestructura y provoca inundaciones de dentro hacia afuera de las viviendas en los barrios aledaños. La parte más antigua y baja de la ciudad es la que concentra áreas críticas de inundación, siendo barrios que concentran población adulta mayor y actividades comerciales, generalmente existe tránsito vehicular y peatonal constante (Figura 5).

Funcionarios de protección civil mencionan la necesidad de incrementar sus recursos humanos, materiales y económicos para lograr una mejor gestión del riesgo, ya que, hasta ahora, en cada evento de lluvia extrema la población ha sufrido de inundaciones con tirantes máximos de altura de 1.5 metros, en algunos casos la inundación dura dos días.

Aún nos falta contar con presupuesto para hacer el atlas de riesgo, contamos con tres camionetas y sólo cerca de 30 personas, pero no todas van a campo cuando hay inundaciones, ya que por el tipo de contrato no se les puede obligar a asistir a la población. Cuando protección civil estatal participa se cuenta con más recursos, lo que también es necesario es mayor capacitación del personal y, que se considere a protección civil con la misma importancia y presupuesto que otras secretarías del municipio (FPC 2. comunicación personal, 04 de agosto del 2024).

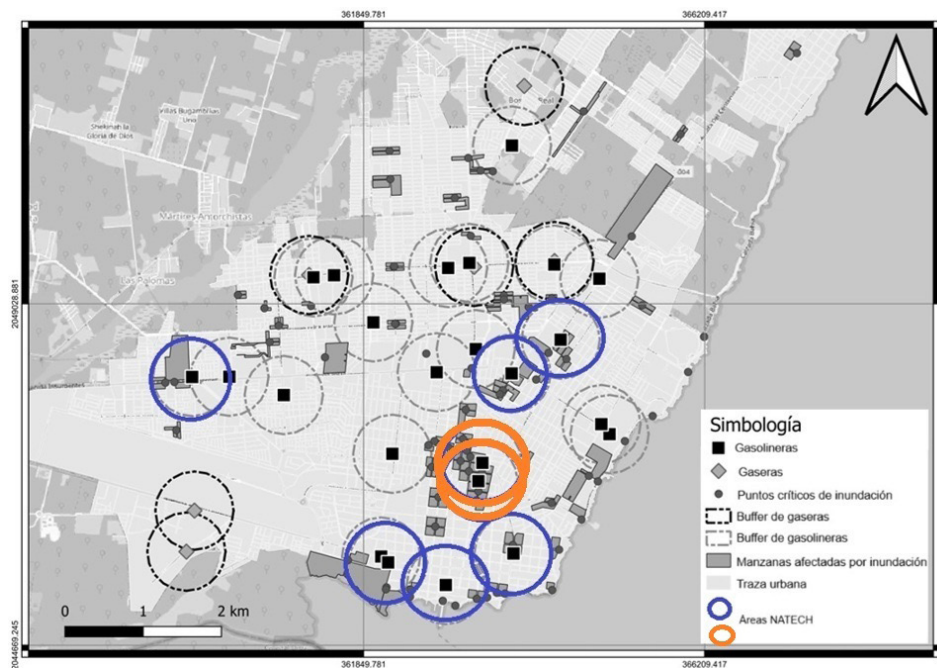


Figura 6. Identificación de áreas Natch
Fuente: Autores, 2026, con base en INEGI (2021).

La población con mayor dificultad para movilizar son los niños, ya que no quieren despegarse de sus padres y, a veces no se puede hacer registro de ellos porque no saben dar sus datos personales o de familia, entonces hay que movilizar a toda la familia junta. Mientras que las personas mayores o discapacitados pueden ser movilizados en un registro pueden fácilmente ser ubicados en los albergues donde se les lleva (MEN. comunicación personal, 26 de agosto del 2024).

Finalmente, la Figura 6 ilustra las áreas NATECH en la ciudad de Chetumal, mismas que abren debates destacados sobre áreas de oportunidad que las autoridades municipales deben

atender, así como, a la academia a fin de contribuir en la RRD, apoyando los datos en información derivada directamente de la población afectada.

Las áreas NATECH son relevantes ante la posibilidad de que se presente el riesgo concatenado por la fragilidad del suelo y su amenaza de derrame o explosión del químico (Figura 6). Estas áreas requerirán de planes específicos de evacuación, ya que están ubicadas en avenidas principales, cercanos a escuelas, áreas residenciales densamente pobladas y muy cerca de otras gaseras y gasolineras.

Preparar SAT, albergues, incluso generar simulacros de evacuación, a fin de lograr que la población especificada en los índices logre una mejor movilidad y salvaguarda. La participación ciudadana será fundamental en la generación de estrategias para prevenir, atender y mitigar ante cualquier emergencia.

Por último, los círculos anaranjados enmarcan las áreas NATECH con mayor necesidad de análisis debido a su ubicación en la parte céntrica de la ciudad, cercanía entre gasolineras, concentración de actividades laborales y, porque son los lugares donde se han identificado los flujos con olor y restos de gasolina en los flujos pluviales.

DISCUSIÓN

El escenario nacional y local de México enfrenta distintos riesgos de origen natural o antrópico, las nuevas disposiciones federales han enmarcado sus objetivos al bienestar social y, fideicomisos federales que se enfocaban a atender y reconstruir ante un riesgo de desastre se han eliminado. Esto no exime a los estados y municipios a enfocar esfuerzos en la RRD, principalmente, cuando se habita en ciudades costeras que son el paso de temporadas de huracanes y, que el tipo de suelo es frágil de tipo kárstico.

La falta de elementos para mejorar el análisis de la vulnerabilidad social en la ciudad considerando factores de gobernanza es una oportunidad para generar herramientas que faciliten la integración de la población en participar para modificar patrones culturales que contribuyan a la RRD.

Construir el índice solo con factores sociodemográficos y servicios básicos, tiene el objetivo de señalar a las autoridades municipales y, a debatir con otros trabajos, la necesidad de considerar la capacidad de los grupos etarios ante el riesgo de desastre, ya que personas como los más envejecidos, discapacitados e incluso niñeces y juventudes, se ven segregados continuamente por sus condiciones inherentes, dependencias físicas, habilidades, respuestas psicológicas, lo que contribuye a que estos grupos se consideren así mismos vulnerables, ya que el actuar de las normas sociales, las políticas públicas y la moral y ética profesional de los funcionarios públicos los visualiza así frente al riesgo de desastre, que no sean solo el factor sino elementos principales de su discusión sobre su vulnerabilidad (Ton et al., 2018).

La utilización de redes sociales fue un factor primordial en ambas inundaciones para comunicarse con las autoridades y con sus familiares. Esto facilita que la población se vea inmersa en situaciones de mayor crisis debido a que se reducen las opciones para solicitar apoyo, tal como lo mencionó Mayo (2019), igualmente la población se percibe menos frágil o vulnerable.

La población en Chetumal participa de los recursos globalizados de comunicación convirtiendo las redes sociales en factores de comunicación e interacción agregan un valor a la tecnología (Wolf et al., 2010; Marín & Leal, 2022) misma que se ha criticado, ahora las redes sociales participan de la RRD.

La forma en que se abordó el análisis de la gobernanza buscó las causas más profundas, entrevistando a actores de la gestión del riesgo, para conocer causa y efecto de los procesos que participan en la capacidad de respuesta desde las instituciones y, entender la vulnerabilidad social considerando:

1. Procesos sociales, considerando la cultura y participación de la población en la respuesta institucional y en la búsqueda de reconstruir tras el riesgo.
2. Procesos demográficos y económicos con los índices de vulnerabilidad social.
3. Y, procesos políticos con las entrevistas a profundidad (gobernanza), tal como lo han mencionado Douglas (1996) y Luhmann (2007), en la búsqueda de favorecer el entendimiento de la construcción social del riesgo.

Es imprescindible encontrar las cadenas de relación causal entre los factores del contexto social, económico, político y territorial que favorecen la construcción de riesgo y, cómo explicar la vulnerabilidad social a través de las capacidades sociales e institucionales, en este caso resaltaron los factores sociales, políticos y culturales, tal como lo menciona Monti (2016). Quedándonos solo con la definición de vulnerabilidad de Wisner y sus colegas (2004) donde sólo se considera la capacidad de un grupo o individuo para definir a la vulnerabilidad y, en caso de lo social, solo a la comunidad y, agregando que existen respuestas limitadas de las instituciones públicas locales y estatales, tal como lo marcan Alfie y Castillo (2016).

CONCLUSIONES

El presente estudio cumple con el objetivo de elaborar un índice de vulnerabilidad para diferentes tipos de riesgos, específicamente inundaciones y riesgos químicos, con el propósito de identificar y delimitar áreas NATECH en la ciudad de Chetumal. Los índices desarrollados se fundamentaron en factores sociodemográficos y en la disponibilidad de servicios básicos, evidenciando la necesidad de promover un debate sobre las escalas de información, los criterios para evaluar la jerarquía de los factores de vulnerabilidad y la incorporación de aquellos aspectos que, por decisiones institucionales, han sido excluidos de las agendas presupuestarias.

Una de las principales limitaciones encontradas en este trabajo es la escasa disponibilidad de literatura especializada en análisis de vulnerabilidad social, riesgos, amenazas y gestión del riesgo en el contexto específico de Chetumal, Quintana Roo. Asimismo, la carencia de registros históricos, tanto institucionales como académicos, limita la profundidad del diagnóstico respecto a los diferentes peligros presentes en la ciudad, dificultando la caracterización precisa de su vulnerabilidad.

Otra limitación significativa es la insuficiente normativa y legislación a nivel local, además de la desarticulación de las instituciones municipales responsables de la gestión del riesgo. Esta situación genera dilemas en la formulación de un índice de vulnerabilidad, dado que los factores de gobernanza tienen un peso determinante en su construcción. Sin embargo, las autoridades reconocen que estos factores se encuentran rezagados, principalmente porque en las agendas locales y estatales los recursos presupuestarios se destinan mayoritariamente al sector turístico, relegando la gestión del riesgo y la reducción del riesgo de desastres (RRD).

En términos de alcances, cabe destacar que este estudio ha abierto una línea de investigación centrada en las áreas NATECH en la península de Yucatán, especialmente en un contexto donde el crecimiento del turismo y la expansión urbana han incrementado la presencia de zonas residenciales, turísticas y, en consecuencia, instalaciones gaseras y gasolineras. Además, un aspecto relevante es la discusión sobre las oportunidades para fortalecer la gobernanza y mejorar la gestión del riesgo en la ciudad. Finalmente, uno de los aportes más relevantes es la generación de cartografía y datos geoespaciales que faciliten la toma de decisiones, ante la ausencia de un atlas de riesgo a escala de manzana en la ciudad.

Es imperativo promover líneas de investigación y propuestas académicas que favorezcan la creación de aplicaciones accesibles para la población en general, con el fin de fortalecer los sistemas de alerta temprana (SAT) y recopilar datos sensibles que apoyen la gestión del riesgo sin comprometer la privacidad de los individuos. La información que se puede obtener incluye fecha, ubicación, género, edad y tipo de peligro reportado por los usuarios. El objetivo central es potenciar la gestión del riesgo, priorizando acciones preventivas y de atención temprana, con un enfoque en la mitigación de riesgos antes de que estos se materialicen, en lugar de limitarse a respuestas reactivas.

Resulta urgente la actualización de la normativa que regula el uso del territorio y la gestión del riesgo de desastres, con el fin de incorporar enfoques preventivos y adaptativos que respondan a las condiciones particulares de la ciudad. Es imperativo implementar un diagnóstico integral de la infraestructura urbana, en particular del sistema de drenaje sanitario y pluvial. Es necesario evitar la construcción de tramos de drenaje que solo solucionan parcialmente los problemas existentes, ya que la falta de mantenimiento y la planificación de requerimientos futuros pueden generar congestión y saturación del sistema, provocando inundaciones severas y afectaciones recurrentes a la población. La planificación adecuada y la gestión eficiente de estos sistemas son esenciales para reducir la vulnerabilidad ante eventos hidrometeorológicos extremos.

A pesar de que en Chetumal se han registrado inundaciones por diversos fenómenos hidrometeorológicos, la severidad y cobertura de las afectaciones en los años 2022 y 2024 constituyen emergencias que deben ser prioritariamente consideradas en las agendas públicas a nivel estatal y local. La ocurrencia de lluvias leves, típicas en la región, que generan inundaciones en corto tiempo, sumada a la ausencia de sistemas de alerta temprana (SAT), evidencia la necesidad de promover investigaciones, propuestas e iniciativas que permitan a las instancias públicas enfocar esfuerzos en la reducción del riesgo de desastres (RRD).

El uso de tecnologías y redes sociales ha favorecido las labores de rescate durante las inundaciones, lo que plantea la importancia de que la academia contribuya mediante el desarrollo de proyectos y aplicaciones móviles sencillas, que faciliten la conectividad y participación ciudadana en la gestión del riesgo, a pesar de que se tiene una documentación escasa del tema, resulta relevante, estas herramientas permitirán la generación de datos geospaciales útiles para la toma de decisiones y la planificación de acciones preventivas y de respuesta ante eventos hidrometeorológicos.

Comprender la problemática urbana a microescala, como a nivel de manzana, favorece el conocimiento de las percepciones sociales y de los factores culturales que influyen en la construcción de la ciudad. Además, permite identificar transformaciones en las viviendas, incluyendo reconstrucciones y gestiones informales ante el riesgo. El uso de herramientas cualitativas para analizar cómo actúan y responden las instancias municipales ante la RRD aporta a mejorar la comunicación sobre los alcances y limitaciones de la gestión del riesgo, aspectos que deberían integrarse en la agenda local. La actuación de la sociedad y de las instituciones públicas en Chetumal ha sido, en ocasiones, contraproducente, generando nuevas áreas vulnerables a inundaciones debido a prácticas de urbanización no planificada y a la falta de coordinación institucional.

El desconocimiento y la falta de investigación sistemática sobre la peligrosidad asociada a gaseras y gasolineras en la ciudad constituyen un tema prioritario que requiere la atención de investigadores especializados en la materia. Es fundamental que estos estudios aborden con una visión integral la situación, proponiendo opciones significativas para fortalecer la gestión del riesgo y promover acciones preventivas efectivas. En este contexto, la falta de datos provenientes de investigaciones previas constituyó una limitación significativa para este trabajo.

Se observa que los gestores institucionales parecen priorizar inversiones de carácter visible, relegando aquellas de tipo estructural que, aunque menos evidentes, son esenciales para garantizar el bienestar de la población. Esta tendencia puede comprometer la sostenibilidad y la efectividad de las acciones de gestión del riesgo, al centrarse en soluciones conspicuas en lugar de intervenciones profundas y duraderas.

En relación con la población afectada por las inundaciones, resulta evidente la carencia de opciones viables para mitigar su situación. La vulnerabilidad de las viviendas se ve agravada por la pérdida de valor frente a aseguradoras, el mercado inmobiliario y la propia población. La ausencia de normatividad y la ética de funcionarios, empresarios y fraccionadores, expone a los habitantes a habitar zonas de alto riesgo, en su mayoría, adquiriendo viviendas formales mediante créditos gravados en condiciones desfavorables, lo que incrementa su vulnerabilidad ante eventos hidrometeorológicos.

Asimismo, la inversión en infraestructura pluvial y sanitaria en Chetumal es parcial y, en la mayoría de los casos, exigua. Aún existen áreas urbanas carentes de sistemas de drenaje adecuados, lo que, ante eventos de precipitación intensa, provoca la saturación de calles y viviendas con aguas negras, generando riesgos sanitarios y de inundación. La falta de una política integral que exija y fomente la implementación de soluciones sostenibles evidencia una deficiente gestión institucional en materia de infraestructura urbana.

Finalmente, se hace patente la necesidad de realizar un estudio integral que abarque la ciudad, incluyendo las áreas proyectadas para su expansión. Este análisis debe considerar estudios por cuencas hidrográficas y microcuencas intraurbanas, con el fin de establecer inversiones factibles y sostenibles que contribuyan a una mejora a largo plazo en la gestión del riesgo. Solo mediante una planificación territorial basada en diagnósticos precisos y enfoques integrados será posible reducir la vulnerabilidad urbana y fortalecer la resiliencia de la población ante eventos hidrometeorológicos extremos.

REFERENCIAS

- Akuffo, A., Cobbina, S.J. & Aboka, E.Y. (2019). Knowledge and perception of the public and pump attendants on the siting of fuel stations in the Tamale Metropolis. *UDS International Journal of Development*, 6(1), 102-112. <https://doi.org/10.47740/339.UDSIJD6i>
- Aldana Aguilar, D.M., & Moreno Codina, T. (2019). Estudio de Riesgo y Vulnerabilidad en la zona metropolitana de Aguascalientes. En Pérez Campuzano, Enrique, Sarmiento Franco, José Francisco y Mota Flores, Enrique. *Impactos ambientales, gestión de recursos naturales y turismo en el desarrollo regional* (pp. 325-341). Universidad Nacional Autónoma de México y Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional A.C. <https://ru.iiec.unam.mx/4712/1/3-048-Aldana-Moreno.pdf>
- Alfie-Cohen, M., & Castillo-Oropeza, O. (2016). "Con el agua al cuello". Riesgo por inundación, vulnerabilidad socioambiental y gobernanza en el municipio de Cuautitlán. *Quivera Revista de Estudios Territoriales*, 18(2), 55-84. <https://quivera.uaemex.mx/article/view/9639>
- Akuffo, A.D., Cobbina, S.J., & Aboka, E.Y. (2019). Knowledge and perception of the public and pump attendants on the siting of fuel stations in the Tamale Metropolis. *International Journal of Development*, 6(1), 102-112. <https://doi.org/10.47740/339.UDSIJD6i>
- Amorin, R., Dabo, K. & Fokuo, S. (2022). The Value Chain of Ghana's Major Offshore Oil and Gas Production From 2010-2021. *International Journal of Science Academic Research*, 6(2), 4016-4021, <https://doi.org/10.47672/ejt.1033>
- Amorin, R. & Osei, H. (2023). An Evaluation of the Risk and Safety Standards of some Fuel Stations in Tarkwa. *Journal of Petroleum Engineering & Technology*, 13(1), 6-13. <https://doi.org/10.37591/JoPET>
- Arnberger, A., Alex, B., Eder, R., Ebenberger, M., Wanka, A., Kolland, F., Wallner, P., Hutter, H. P. (2017). Elderly resident's uses of and preferences for urban green spaces during heat periods. *Urban Forestry & Urban Greening*, 21, 102-115. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.11.012>
- Bariha N., Mani Mishar I. & Chandra Srivastava, V. (2016). Fire and explosion hazard analysis during surface transport of liquefied petroleum gas (LPG): A case study of LPG truck tanker accident in Kannur, Kerala, India. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, (40), 449-460. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2016.01.020>
- Blaikie, P., Cannon, T., David, I. & Wisner, B. (1996). *Vulnerabilidad: El entorno social, político y económico de los desastres*. Bogotá, Colombia. La Red. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. ITDG. https://www.desenredando.org/public/libros/1996/vesped/vesped-todo_sep-09-2002.pdf
- Brockie, L. & Miller, E. (2017). Understanding Older Adults' Resilience During the Brisbane Floods: Social Capital, Life Experience, and Optimism. *Disaster Medicine and Public Health Preparedness*, 11(1), 72-79. <https://doi.org/10.1017/dmp.2016.161>
- Burton, H., Rabito, F., Danielson, L., & Takaro, T. K. (2016). Health effects of flooding in Canada: A 2015 review and description of gaps in research, *Canadian Water Resources Journal*, 41(1-2), 238-249. <https://doi.org/10.1080/07011784.2015.1128854>
- Camal, T. L. (2012, 7 de septiembre). Crecimiento y planeación urbana de Chetumal desde la perspectiva de la élite gobernante. *Memorias del XIII Seminario Internacional de Verano. Caribe: Economía, Política y Sociedad. Chetumal. Quintana Roo*. Web https://www.academia.edu/4537056/Crecimiento_y_planeaci%C3%B3n_urbana_de_Chetumal_desde_la_perspectiva_de_la_%C3%Aglite_gobernante
- Camacho Sanabria, J. M., Chávez Alvarado, R., Estrada Porcayo, W. A., Robertos Pinto, A. G., Sánchez Zavalegui, R. A. & Álvarez Trinidad, J. A. (2022). Inundaciones por lluvias extremas asociadas a fenómenos meteorológicos. Caso de estudio: colonia Proterritorio, Chetumal, Quintana Roo. En Camacho Sanabria, J. M. & Chávez Alvarado, R. *Riesgos hidrometeorológicos en el sureste mexicano (Quintana Roo): inundaciones urbanas*. México.
- Carneiro, J. E., Plomaritis, T. A., Fazeres, T., Rosa-Santos, P. & Taveira, F. (2023). Coastal Flood Mapping with Two Approaches Based on Observations at Furadouro, Northern Portugal. *Remote Sensing*, 15(21), 5215. <https://doi.org/10.3390/rs15215215>
- Carter, T. R., Fronzek, S., Inkinen, A., Lahtinen, I., Lahtinen, M., Mela, H., O'Brien, K. L., Rosentrater, L. D., Ruuhela, R., Simonsson, L. & Terama, E. (2016). Characterising vulnerability of the elderly to climate change in the Nordic region. *Regional Environmental Change*, 16(1), 43-58. <https://doi.org/10.1007/s10113-014-0688-7>
- Chávez, R. & Sánchez, D. (2016). Envejecimiento vulnerable en hogares inundables y su adaptación al cambio climático en ciudades de América Latina: el caso de Monterrey *Papeles de población*, 22(90), 9-42. <https://doi.org/10.22185/24487147.2016.90.033>

- Dyregrov, A., Yule, W. & Olff, M. (2018). Children and natural disasters, *European Journal of Psychotraumatology*, 9(sup2), 1500823. <https://doi.org/10.1080/20008198.2018.1500823>
- Diario Oficial de la Federación (DOF). (2023). Declaratoria de Desastre Natural por la ocurrencia de lluvia severa, vientos fuertes, inundación fluvial y pluvial el 24 y 25 de octubre de 2023 en 47 municipios del Estado de Guerrero. Secretaría de Gobernación. Publicado el 02/11/2023. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5707457&fecha=02/11/2023#gsc.tab=0
- Dorasamy, M., Raman, M. & Kaliannan, M. (2013). Knowledge management systems in support of disasters management: A two decade review. *Technological Forecasting and Social Change*, 80(9), 1834-1853. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2012.12.008>
- Douglas, M. (1996). *Risk Acceptability According to Social Sciences*. Taylor & Francis Books.
- Escobar, M. T. & Moreno, J. M. (1997). Problemas de gran tamaño en el proceso analítico jerárquico. *Estudios de economía aplicada*, 8, 25-40. https://www.researchgate.net/publication/28088594_Problemas_de_gran_tamano_en_el_Proceso_Analitico_Jerarquico
- Fragoso Servón, P. & Pereira Corona, A. (2018). Suelos y Karst, Origen De Inundaciones y Hundimientos en Chetumal, Quintana Roo, México. *European Scientific Journal*, 14(14), 33-52. <https://doi.org/10.19044/esj.2018.v14n14p33>
- Fox, M., Chari, R., Resnick, B. & Burke, T. (2009). Potential for Chemical Mixture Exposures and Health Risks in New Orleans Post-Hurricane Katrina. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 15(4), 831-845. <http://dx.doi.org/10.1080/10807030903051309>
- Gartrell, A., Calgaro, E., Goddard, G. & Saorath, N. (2020). Disaster experiences of women with disabilities: Barriers and opportunities for disability inclusive disaster risk reduction in Cambodia. *Global Environmental Change*, 64, 102134. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2020.102134>
- Haq, G. & Gutman, G. (2014). Climate gerontology: Meeting the challenge of population ageing and climate change. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie*, 47(6), 462-467. <https://doi.org/10.1007/s00391-014-0677-y>
- Hernández, P. (2024). Pipa con 31 mil litros de gasolina vuelca en Chetumal. *Diario Quadratin, México*. 22 de junio. Web. <https://mexico.quadratin.com.mx/pipa-con-31-mil-litros-de-gasolina-vuelca-en-chetumal/>
- Hilpert, Markus, Mora, Bernat Adria, Ni, Jian, Rule, Ana M. & Nachman, Kieve E. (2015). Hydrocarbon Release During Fuel Storage and Transfer at Gas Stations: Environmental and Health Effects. *Current Environmental Health Reports*, 2, 412-422. <https://doi.org/10.1007/s40572-015-0074-8>
- IPCC. (2018). Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. En Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)). https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/06/SR15_Full_Report_High_Res.pdf
- INEGI. (2021). XIV Censo de Población y Vivienda 2020. Principales resultados por AGEB y manzana urbana. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, México: INEGI. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#microdatos>
- Jacob, A. L., Moore, J.W., Fox, C. H., Sunter, E. J., Gauthier, D., Westwood, A. R. & Ford, A. T. (2018). Cross-sectoral input for the potential role of science in Canada's environmental assessment. *FACETS*, 3(1), 512-529. <https://doi.org/10.1139/facets-2017-0104>
- Kaluarachchi, Y. (2013). The awareness of two stakeholders and the resilience of their built assets to extreme weather events in England. *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment*, 4(3), 297-316. <https://doi.org/10.1108/IJDRBE-08-2012-0027>
- Krishna, R. N., Ronan, K. R. & Alisic, E. (2018). Children in the 2015 South Indian floods: Community members' views. *European Journal of Psychotraumatology*, 9(Suppl 2), 1486122. <https://doi.org/10.1080/20008198.2018.1486122>
- Lai, B. S., Osborne, M. C., Piscitello, J., Self-Brown, S., & Kelley, M. L. (2018). The relationship between social support and posttraumatic stress symptoms among youth exposed to a natural disaster. *European Journal of Psychotraumatology*, 9(Suppl 2), Article 1450042. <https://doi.org/10.1080/20008198.2018.1450042>

- Leff, E. (2011). Sustentabilidad y racionalidad ambiental: hacia "otro" programa de sociología ambiental. *Revista Mexicana de Sociología*, 73(1), 5-46. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=Soi88-25032011000100001&lng=es&tln=es
- Light, J. J. (2004). An empirical investigation of product differentiation in retail gasoline industry: United States Naval Academy. [Trident Scholar project report, no. 323]. <https://apps.dtic.mil/sti/tr/pdf/ADA425006.pdf>
- Luhmann, N. (2007). *Sociología del riesgo*. Universidad Iberoamericana. México.
- Marín, R. & Leal, F. (2022). Usos de Facebook y actividades académicas de estudiantes universitarios chilenos. *Revista de Investigación Psicológica*, (28), 31-52. <https://doi.org/10.53287/nsac5635km74z>
- Martínez, A., Travieso, A. C., & Frausto, O. (2018). Resiliencia del sistema de drenaje pluvial ante inundaciones: caso de estudio Chetumal, Quintana Roo, México. *Antrópica. Revista de Ciencias Sociales y Humanidades*, 4(8), 273-300. <https://doi.org/10.32776/arcs.h.v4i8.189>
- Mayo, M. (2019). Uso de las redes sociales en la cobertura periodística de crisis, desastres y emergencias en España. *Revista Española De Comunicación En Salud*, 43-54. <https://doi.org/10.20318/recs.2019.4428>
- Midtbust, L. G. H., Dyregrov, A. & Djup, H. W. (2018). Communicating with children and adolescents about the risk of natural disasters. *European Journal of Psychotraumatology*, 9(Suppl 2), 1429771. <https://doi.org/10.1080/20008198.2018.1429771>
- Monti, A. (2016). Diagnóstico integral orientado a la gestión del riesgo en sistemas socio- ambientales complejos: el frente litoral de Puerto Madryn, Chubut. En Geografías por venir. Libro de trabajos del V Congreso de Geografía de las Universidades Públicas (pp. 1223-1238). Neuquén: EDUCO - Universidad del Comahue.
- Morales, D. M. & Alcántara, M. E. (2022). Determinación del área de afectación generada por la explosión de una pipa cargada con gas LP en San Pedro Xalostoc, Edo. de México, México. *Revista Tendencias en Docencia e Investigación en Química*, 8(8), 157-165. <https://hdl.handle.net/1191/9544>
- Ochoa, J. A. & Guzmán, A. (2019). La vulnerabilidad urbana y su caracterización socioespacial. *Revista Legado de Arquitectura y Diseño*, 15(27). <https://doi.org/10.36677/legado.v15i27.13288>
- Oldham, K. & Astbury, K. (2018). Evolution of disaster risk governance in Greater Manchester: a case study from the UK. *Procedia Engineering*, 212, 7-14. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2018.01.002>
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2019). *Emisiones de sustancias químicas causadas por eventos de peligros y desastres naturales*. Ginebra: Organización Mundial de la Salud. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/330909/9789243513393-spa.pdf?sequence=1>
- Ostrom, E. (2014). Más allá de los mercados y los Estados: Gobernanza policéntrica de sistemas económicos complejos. *Revista Mexicana de Sociología*, 76(spe), 15-70. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=Soi88-25032014000600002
- Pfefferbaum, B., Pfefferbaum, R. L., & Van Horn, R. L. (2018). Involving children in disaster risk reduction: The importance of participation. *European Journal of Psychotraumatology*, 9(Suppl 2), 1425577. <https://doi.org/10.1080/20008198.2018.1425577>
- Reforma. (2024). Registra Chetumal más inundaciones y suspensión de clases. periódico Reforma. Sección Nacional. 7 de junio. Web. <https://www.reforma.com/registra-chetumal-mas-inundaciones-y-suspension-de-clases/ar2826430>
- Roberts A. F. (1981). Thermal radiation hazards from release of LPG pressurized storage. *Fire Safety Journal*, 40(3), 197-212. [https://doi.org/10.1016/0379-7112\(81\)90018-7](https://doi.org/10.1016/0379-7112(81)90018-7)
- Ton, K., Gaillard, J., Adamson, C. E., Akgungor, C. & Ho, H. T. (2018). Expanding the capabilities of people with disabilities in disaster risk reduction. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 34, 11-17. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2018.11.002>
- United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNISDR). (2018). *UNISDR. Annual Report 2017. Biennium Work Programme Final Report*. Naciones Unidas. Web https://www.preventionweb.net/files/58158_unisdr2017annualreport.pdf
- United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR). (2023). *Reporte Anual*. United Nations Office for Disaster Risk Reduction. Ginebra, Suiza. <https://www.undrr.org/media/96352/download?startDownload=20241205>
- Vázquez, F. R., Carreón, J., García, L. C., Quintero, M. L. & Bustos, M. (2017). Modelo de los determinantes de la percepción de resiliencia a partir del riesgo y estrés percibidos en relación con la gobernanza de la protección civil. *INVURNUS*. 12(1), 30-35.

- Velázquez, M. & Almejo, R. (2017), *La vulnerabilidad sociodemográfica ante eventos hidrometeorológicos de los municipios de México, 2015*, en CONAPO y Secretaría de Gobernación. La situación demográfica de México 2017 (pp. 157-176), México. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/344293/o8_Velazquez_Almejo.pdf
- Watson, R. T. (Editor). (2003). *Cambio climático 2001: Informe de síntesis*. Banco Mundial. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/08/TAR_syrfull_es.pdf
- Wisner, B., Blaikie, P., Cannon, T. & Davis, I. (2004). *At Risk. Natural Hazards, People's Vulnerability and Disasters*. Segunda Edición. New York: Routledge. https://www.preventionweb.net/files/670_72351.pdf
- Wolf, J., Adger, W. N., Lorenzoni, I., Abrahamson, V., & Raine, R. (2010). Social capital, individual responses to heat waves and climate change adaptation: An empirical study of two UK cities. *Global Environmental Change-Human and Policy Dimensions*, 20(1), 44-52. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2009.09.004>